http://cnum.cnam.fr
Conservatoire numérique des Arts & Métiers

Auteur ou collectivité : Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale
Titre : Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale

Auteur secondaire : Peligot, Eugène-Melchior (1811-1890), Girard, Aimé (1830-1898)
Titre du volume : 1897. 96e année. 5e série, tome 2

Adresse : Paris : Société d'encouragement pour le développement de l'industrie nationale, 1897
Collation : 1 vol. (1684 p.) : ill. Pl. 1-12 + 9 pl. h t. ; 26 cm
Cote : BSPI 96
Sujet(s) : Progrès scientifique et technique ; Innovations -- France -- 19e siècle

URL permanente : http://cnum.cnam.fr/redir?BSPI.96

La reproduction de tout ou partie des documents pour un usage personnel ou d'enseignement est autorisée, à condition que la mention complète de la source (*Conservatoire national des arts et métiers, Conservatoire numérique http://cnum.cnam.fr*) soit indiquée clairement. Toutes les utilisations à d'autres fins, notamment commerciales, sont soumises à autorisation, et/ou au règlement d'un droit de reproduction.

You may make digital or hard copies of this document for personal or classroom use, as long as the copies indicate *Conservatoire national des arts et métiers, Conservatoire numérique http://cnum.cnam.fr*. You may assemble and distribute links that point to other *CNUM* documents. Please do not republish these PDFs, or post them on other servers, or redistribute them to lists, without first getting explicit permission from *CNUM*.

PDF créé le 15/12/2015

S. E. I. N.
Bibliothèque

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT

POUR

L'INDUSTRIE NATIONALE

BSEI-96

PUBLIÉ

SOUS LA DIRECTION DES SECRÉTAIRES DE LA SOCIÉTÉ

MM. ED. COLLIGNON & AIMÉ GIRARD

CINQUIÈME SÉRIE. — TOME II. — 1897

Pour faire partie de la Société, il faut être présenté par un membre et être nommé par le Conseil d'administration.
(*Extrait du Règlement.*)

MDCCCI

PARIS

SIÈGE DE LA SOCIÉTÉ, RUE DE RENNES, 44

1897

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

SECRÉTARIAT DE LA SOCIÉTÉ

RÉDACTION DU BULLETIN

Communications, dépôts, renseignements, abonnements au *Bulletin*
tous les jours, de 2 à 4 heures.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

96e ANNÉE. Cinquième Série, Tome II. JANVIER 1897

BULLETIN

DE

LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT

POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

CONSEIL D'ADMINISTRATION

LISTE DES MEMBRES TITULAIRES, DES MEMBRES HONORAIRES DU CONSEIL ET DES MEMBRES CORRESPONDANTS, ARRÊTÉE DANS LA SÉANCE DES ÉLECTIONS DU 10 JANVIER 1897 POUR L'ANNÉE 1897

BUREAU

Année de l'entrée au Conseil.

Président.

1883. — MASCART (C. ✲), membre de l'Institut, professeur au Collège de France,
1895. directeur du Bureau central météorologique, 176, rue de l'Université.

Vice-présidents.

1883. — CARNOT (Adolphe) (O. ✲), membre de l'Institut, inspecteur général des mines,
1895. inspecteur de l'École supérieure des mines, 60, boulevard Saint-Michel.
1885. — APPERT (Léon) (O. ✲), ingénieur manufacturier, 50, rue de Londres.
1895.
1886. — HIRSCH (✲), ingénieur en chef des ponts et chaussées, professeur de méca-
1895. nique au Conservatoire des arts et métiers, 1, rue de Castiglione.
1887. — CHEYSSON (O. ✲), inspecteur général des ponts et chaussées, 4, rue Adolphe-
1895. Yvon.

Secrétaires.

1876. — COLLIGNON (Ed.) (O. ✲), inspecteur général des ponts et chaussées, 6, rue de
1887. Seine.
1876. — AIMÉ-GIRARD (O. ✲), membre de l'Institut, professeur au Conservatoire des
1889. arts et métiers, boulevard Henri IV, 44.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Année de l'entrée du Conseil.

Trésorier.

1868. — GOUPIL DE PRÉFELN (✲), boulevard Haussmann, 77.

Censeurs.

1884. — BORDET, ancien inspecteur des finances, administrateur de la Compagnie des forges de Châtillon et Commentry, boulevard Saint-Germain, 181.
1881. — SIMON (E.), ingénieur civil, 89, boulevard du Montparnasse.

Commission des fonds.

1884. — BORDET, ancien inspecteur des finances, administrateur de la Compagnie des forges de Châtillon et Commentry, boulevard Saint-Germain, 181, *Président.*
1864. — LEGRAND (Al.), membre du Conseil de la Société des amis des sciences, rue Bel-Respiro, 11.
1868. — GOUPIL DE PRÉFELN (✲), boulevard Haussmann, 77.
1876. — BISCHOFFSHEIM (R.) (✲), membre de l'Institut, rue Taitbout, 3.
1887. — PEREIRE (Henry), ingénieur des arts et manufactures, boulevard de Courcelles, 33.
1888. — FOURET, examinateur d'admission à l'École polytechnique, rue Washington, 16.
1891. — D'EICHTHAL (Eug.), administrateur de la Compagnie des chemins de fer du Midi, boulevard Malesherbes, 144.
1892. — HEURTEAU (O. ✲), ingénieur en chef des mines, directeur de la Compagnie du chemin de fer d'Orléans, rue de Clichy, 17.
1892. — BILLOTTE (✲), secrétaire général de la Banque de France, rue de la Vrillière, 1.
1893. — DAUBRÉE (Lucien) (O. ✲), directeur général des forêts, avenue Duquesne, 26.

Comité des arts mécaniques.

1869. — HATON DE LA GOUPILLIÈRE (C. ✲), membre de l'Institut, directeur de l'École supérieure des mines, boulevard Saint-Michel, 60, *Président.*
1876. — COLLIGNON (Ed.) (O. ✲), inspecteur général des ponts et chaussées, rue de Seine, 6.
1877. — BOUTILLIER (✲), inspecteur général, professeur à l'École des ponts et chaussées et à l'École centrale des arts et manufactures, rue de Madrid, 24.
1878. — DE COMBEROUSSE (O. ✲), professeur au Conservatoire des arts et métiers et à l'École centrale des arts et manufactures, rue Saint-Lazare, 94.
1881. — SIMON (Ed.), ingénieur, boulevard du Montparnasse, 89.
1884. — BRÜLL (✲), ingénieur, ancien élève de l'École polytechnique, boulevard Malesherbes, 117.
1886. — HIRSCH (✲), ingénieur en chef des ponts et chaussées, professeur au Conservatoire des arts et métiers, rue Castiglione, 1.
1890. — BIENAYMÉ (C. ✲), inspecteur général du Génie maritime.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Année de l'entrée au Conseil.

1891. — IMBS (✲), professeur au Conservatoire des arts et métiers, rue Greuze, 20.
1891. — SAUVAGE (✲), ingénieur des mines, professeur à l'École des mines, rue Eugène-Flachat, 14.
1893. — FLAMANT (O. ✲), inspecteur général des ponts et chaussées, 1, rue Littré (Alger).
1894. — LINDER (C. ✲), inspecteur général des mines, 38, rue du Luxembourg.
1894. — RAFFARD (Nicolas-Jules), ingénieur civil, 5, avenue d'Orléans.
1895. — BOURDON (Édouard) (✲), constructeur-mécanicien, rue du Faubourg-du-Temple, 74.
1895. — ROZÉ (✲), répétiteur d'astronomie à l'École polytechnique, 62, rue du Cardinal-Lemoine.
N...

Comité des arts chimiques.

1872. — TROOST (O. ✲), membre de l'Institut, professeur à la Faculté des sciences, rue Bonaparte, 84, *Président*.
1862. — DE LUYNES (Victor) (O. ✲), professeur au Conservatoire des arts et métiers, rue de Bagneux, 16.
1876. — SCHUTZENBERGER (P.) (O. ✲), membre de l'Institut, professeur au Collège de France, membre de l'Académie de médecine, 12, rue Cassette.
1876. — AIMÉ-GIRARD (O. ✲), membre de l'Institut, professeur au Conservatoire des arts et métiers, boulevard Henri IV, 44.
1877. — BÉRARD (E.-P.) (O. ✲), secrétaire du Comité consultatif des arts et manufactures, rue Casimir-Delavigne, 2.
1880. — VINCENT (C.) (✲), professeur à l'École centrale des arts et manufactures, boulevard Saint-Germain, 28.
1880. — JUNGFLEISCH (✲), professeur au Conservatoire des arts et métiers et à l'École de pharmacie, rue du Cherche-Midi, 74.
1883. — CARNOT (Adolphe) (O. ✲), membre de l'Institut, inspecteur général des mines, inspecteur de l'École supérieure des mines, boulevard Saint-Michel, 60.
1884. — CAILLETET (O. ✲), membre de l'Institut, boulevard Saint-Michel, 75.
1885. — LE CHATELIER (Henri) (✲), ingénieur en chef des mines, professeur à l'École supérieure des mines, rue Notre-Dame-des-Champs, 73.
1885. — BIVER (Hector) (✲), administrateur de la Compagnie de Saint-Gobain, rue Meissonier, 8.
1885. — POIRRIER (✲), sénateur, ancien président de la Chambre de commerce de Paris, rue Lafayette, 105.
1887. — VÉE (Amédée) (✲), ancien président du syndicat des produits chimiques, rue Vieille-du-Temple, 24.
1889. — VIEILLE (O. ✲), ingénieur des poudres et salpêtres, quai Bourbon, 19.
1890. — JORDAN (S.) (O. ✲), ingénieur civil, professeur à l'École centrale des arts et manufactures, rue Viète, 5.
1895. — DUCLAUX (O. ✲), membre de l'Institut, 35 *bis*, rue de Fleurus.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Année de l'entrée au Conseil.

Comité des arts économiques.

1876. — SEBERT (général H.) (C. ✲), administrateur de la Société des forges et chantiers de la Méditerranée, rue Brémontier, 14, *Président*.
1861. — LE ROUX (F.-P.) (✲), professeur à l'École de pharmacie, boulevard du Montparnasse, 120.
1866. — BOUILHET (Henri) (O. ✲), ingénieur-manufacturier, rue de Bondy, 56.
1876. — FERNET (E.) (O. ✲), inspecteur général de l'Instruction publique, 23, avenue de l'Observatoire.
1883. — BARDY (✲), directeur du laboratoire central des contributions indirectes, rue du Général-Foy, 32.
1883. — MASCART (C. ✲), membre de l'Institut, professeur au Collège de France, directeur du Bureau central météorologique, rue de l'Université, 176.
1883. — LAUSSEDAT (C. ✲), colonel du génie, membre de l'Institut, directeur du Conservatoire des arts et métiers, rue Saint-Martin, 292.
1885. — PRUNIER (L.), professeur à l'École supérieure de pharmacie, membre de l'Académie de médecine, boulevard de Saint-Michel, 49.
1886. — BECQUEREL (Henri) (✲), membre de l'Institut, 6, rue Dumont-d'Urville.
1887. — CARPENTIER (O. ✲), ingénieur, ancien élève de l'École polytechnique, rue du Luxembourg, 34.
1888. — MAYER (O. ✲), ingénieur en chef conseil de la Compagnie des chemins de fer de l'Ouest, boulevard Malesherbes, 66.
1888. — RAYMOND (O. ✲), directeur de l'École supérieure de télégraphie, boulevard de Courcelles, 87.
1891. — ROUART (Henri) (O. ✲), ingénieur-constructeur, 34, rue de Lisbonne.
1893. — FONTAINE (O. ✲), ingénieur civil, rue Saint-Georges, 52.
1893. — VIOLLE (O. ✲), professeur au Conservatoire des arts et métiers, 89, boulevard Saint-Michel.
N...

Comité d'agriculture.

1864. — CHATIN (O. ✲), membre de l'Institut, rue de Rennes, 149, *Président*.
1866. — TISSERAND (Eug.) (G. O. ✲), conseiller d'État, directeur au ministère de l'Agriculture, rue du Cirque, 17.
1866. — HEUZÉ (Gustave) (O. ✲), inspecteur général honoraire de l'agriculture, rue Berthier, 27, à Versailles.
1879. — RISLER (O. ✲), directeur de l'Institut agronomique, rue de Rennes, 106 *bis*.
1879. — SCHLŒSING (O. ✲), membre de l'Institut, directeur de l'École d'application des manufactures de l'État, quai d'Orsay, 67.
1880. — RONNA (C. ✲), ingénieur, membre du Conseil supérieur de l'agriculture, 48, boulevard Émile-Augier.
1881. — LAVALARD (Ed.) (O. ✲), membre du Conseil supérieur de l'agriculture, maître de conférences à l'Institut national agronomique, rue Gounod, 8.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Année de l'entrée au Conseil.

1882. — MUNTZ (Achille) (O. ✲), professeur à l'Institut national agronomique, rue de Condé, 14.
1882. — PRILLIEUX (E.) (O. ✲), inspecteur général de l'enseignement agricole, professeur à l'Institut national agronomique, rue Cambacérès, 14.
1884. — MURET (✲), membre de la Société nationale d'agriculture de France, place du Théâtre-Français, 4.
1885. — Le baron THÉNARD (Arnould) (✲), chimiste-agriculteur, place Saint-Sulpice, 6.
1888. — LIÉBAUT (O. ✲), président honoraire de la Chambre syndicale des ingénieurs-constructeurs-mécaniciens, avenue Marceau, 72.
1889. — KRANTZ (O. ✲), député, boulevard Saint-Germain, 226.
1893. — CORNU (Maxime) (✲), professeur de culture au Muséum d'histoire naturelle, rue Cuvier, 27.
1896. — LINDET (✲), professeur à l'Institut agronomique, 108, boulevard Saint-Germain.
1897. — GRANDEAU, inspecteur général des Stations agronomiques, 3, quai Voltaire.

Comité des constructions et des beaux-arts.

1879. — ROSSIGNEUX (Ch.) (✲), architecte, quai d'Anjou, 23, président.
1876. — BUNEL (H.) (✲), ingénieur, architecte en chef de la Préfecture de police, rue du Rocher, 67.
1876. — DAVANNE (O. ✲), président du comité d'administration de la Société française de photographie, rue des Petits-Champs, 82.
1876. — DUFRESNE DE SAINT-LÉON (comte H.) (O. ✲), inspecteur général de l'Université, rue Pierre-Charron, 61.
1876. — GUILLAUME (Eug.) (C. ✲), membre de l'Institut, directeur de l'Académie de France, à Rome.
1876. — DE SALVERTE (comte Georges) (O. ✲), maître des requêtes honoraire au Conseil d'État, avenue Marceau, 54.
1876. — HUET (Edmond) (O. ✲), inspecteur général des ponts et chaussées, boulevard Raspail, 12.
1879. — VOISIN-BEY (O. ✲), inspecteur général des ponts et chaussées, en retraite, rue Scribe, 3.
1884. — SCHLEMMER (O. ✲), inspecteur général des ponts et chaussées, en retraite, boulevard Saint-Germain, 70.
1885. — ROMILLY (Félix de), ancien président de la Société française de physique, avenue Montaigne, 25.
1885. — APPERT (Léon) (O. ✲), ingénieur-manufacturier, rue de Londres, 50.
1892. — FROMENT-MEURICE (✲), fabricant d'orfèvrerie, 46, rue d'Anjou.
1892. — PECTOR (Sosthène), membre du conseil d'administration de la Société française de photographie, 9, rue Lincoln.
1895. — BOUGUEREAU (C. ✲), artiste peintre, membre de l'Institut, rue Notre-Dame-des-Champs, 75.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Année de l'entrée au Conseil.

1895. — BELIN (E.) ✲, éditeur, ancien président du Cercle de la Librairie, 52, rue de Vaugirard.
N...

Comité du commerce.

1856. — BLOCK (Maurice) (✲), membre de l'Institut, rue de l'Assomption, 63, à Auteuil, *Président*.
1864. — LAVOLLÉE (Ch.) (✲), ancien préfet, rue de Passy, 78.
1869. — ROY (Gustave) (C. ✲), ancien président de la Chambre de commerce de Paris, membre du Comité consultatif des arts et manufactures, rue de Tilsitt, 12.
1887. — CHEYSSON (O. ✲), inspecteur général des ponts et chaussées, 4, rue Adolphe-Yvon.
1896. — LEVASSEUR, membre de l'Institut, 26, rue Monsieur-le-Prince.
1892. — GRÜNER (E.), ingénieur civil des mines, secrétaire du comité central des houillères de France, rue Férou, 6.
1897. — BUQUET (✲), directeur de l'École Centrale des arts et manufactures,
N...
N...
N...

Commission du Bulletin.

COLLIGNON et AIMÉ-GIRARD, secrétaires; DAUBRÉE, HENRY PEREIRE, HATON DE LA GOUPILLIÈRE, IMBS, BÉRARD, LE CHATELIER, SEBERT, BARDY, RONNA, PRILLIEUX, APPERT, BELIN, BLOCK, LAVOLLÉE.

VICE-PRÉSIDENTS HONORAIRES

1864. — M. C. LAVOLLÉE (✲), membre du Comité du commerce, 78, rue de Passy.
1876. — M. le colonel PIERRE, 14, rue de Varennes.

CENSEUR HONORAIRE

1897. — LEGRAND (Al.), membre de la Commission des fonds, vice-secrétaire de la Société des amis des sciences, rue Bel-Respiro, 11.

MEMBRES HONORAIRES.

Comité des arts mécaniques.

1884. — M. LÉVY (Maurice) (O. ✲), membre de l'Institut, professeur au Collège de France et à l'Ecole centrale.
1891. — M. RICHARD (G.) (✲), ingénieur civil des mines, agent général de la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale, 44, rue de Rennes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Comité des Arts économiques.

1856. — TRÉLAT (Émile) (O. ✲), architecte, professeur au Conservatoire des arts et métiers, boulevard Montparnasse, 136.

Comité du commerce.

1858. — RONDOT (Natalis) (C. ✲), membre correspondant de l'Institut, ancien délégué de la Chambre de commerce de Lyon, 20, rue Saint-Joseph, à Lyon.
1869. — CHRISTOFLE (Paul) (O. ✲), manufacturier, rue de Bondy, 56.
1873. — MAGNIER (E.) (✲), négociant, rue de l'Arcade, 16.

MEMBRES CORRESPONDANTS

Comité des arts mécaniques.

Correspondants français.

PETIT (Émile), ingénieur civil, au château de Suduirant (Gironde).
BIETRIX, directeur de l'usine de la Chaléassière, à Saint-Étienne (Loire).
BUXTORF, mécanicien à Troyes (Aube).
CADIAT, directeur des établissements de constructions mécaniques Mouraille et C^ie^, à Toulon (Var).
CURIÈRES DE CASTELNAU (de), ingénieur en chef des mines, 15, avenue Bosquet.

Correspondants étrangers.

CHAPMAN (Henry), ingénieur-conseil, à Londres.
DWELSHAUVERS-DERY, ingénieur, professeur à l'Université de Liège.
SELLERS (W.), constructeur-mécanicien, à Philadelphie (États-Unis).
LLAURADÒ, ingénieur en chef des forêts d'Espagne, à Barcelone.
HABICH, directeur de l'École des mines à Lima.
THURSTON, professeur à la Cornell University d'Ithaca (État de New-York).
WALTHER-MEUNIER, ingénieur en chef de l'Association des propriétaires de machines à vapeur, à Mulhouse.

Comité des arts chimiques.

Correspondants français.

GUIMET fils, manufacturier, à Lyon.
PECHINEY, directeur de la Société des produits chimiques d'Alais.
MANHÈS, directeur de la Société métallurgique du cuivre, à Lyon.
KESSLER, fabricant de produits chimiques, à Clermont-Ferrand.
DARBLAY, manufacturier, à Essonnes (Seine-et-Oise).
SCHNEIDER, manufacturier, au Creuzot.
BOIRE (Émile), administrateur des sucreries de Bourdon (Puy-de-Dôme).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

PETITPONT (Gustave), manufacturier, à Choisy-le-Roi.
BRUSTLEIN, directeur des usines Jacob Holtzer et Cie, à Unieux (Loire).
HALLER, professeur à la Faculté des Sciences de Nancy.

Correspondants étrangers.

ABEL (Frédéric-Auguste), président de la commission gouvernementale des explosifs, 2, Whitehall Court S. W. à Londres.
LOWTHIAN BELL, chimiste-manufacturier, à Rounton-Grange, Northallerton (Angleterre).
CANIZZARO, professeur à l'Université de Rome.
MENDELEEF, professeur de l'Université de Saint-Pétersbourg.
ROSCOE (Henry), Enfield 10, Bramham garden's, South-Kensington (S.-W.). Londres
SOLVAY, fabricant de produits chimiques, à Bruxelles.

Comité des arts économiques.

Correspondants français.

LOREAU, manufacturier, à Briare.
CHARDONNET (comte de), ancien élève de l'École polytechnique.

Correspondants étrangers.

COLE (Henry), directeur du Kensington-Museum, Thurloe square (S. W.), à Londres.
FRANKLAND, professeur de chimie à l'École royale des mines, correspondant de l'Académie des sciences, 14, Lancastergate, Hyde-Park, à Londres.
CROOKES (William), directeur du journal *The Chemical News*, à Londres.
PREECE, électricien en chef des télégraphes de l'État, à Londres.
ELIHU-THOMSON, électricien en chef de la Société *Thomson-Houston*, à Lynn-Mass (E. U. A.)
STEINLEN, ingénieur-constructeur, à Gand (Belgique).

Comité d'agriculture.

Correspondants français.

LE CLER, ingénieur des polders de la Vendée.
MARÈS (Henri), correspondant de l'Académie des sciences, à Montpellier.
PERRET (Michel), agriculteur, à Tullins (Isère), et à Paris, place d'Iéna, 7.
PHILIPPAR, directeur de l'École d'agriculture de Grignon.
RÉMOND, agriculteur à Minpincien, par Guignes-Rabutin (Seine-et-Marne).
GROSJEAN, inspecteur de l'enseignement agricole.
COCHARD, président de la Société d'agriculture de Montmédy.
MILLIAU (Ernest), chimiste, à Marseille.
BRIOT, inspecteur des forêts, à Chambéry (Savoie).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Correspondants étrangers.

JUHLIN-DANNFELT, 127, Great Winchester Street, à Londres, E. G.
GILBERT (Dr), membre de la Société royale de Londres, à Rothamstead (Angleterre).
LAWES (sir Bennett), membre de la Société royale de Londres, à Rothamstead (Angleterre).
MIRAGLIA, directeur de l'Agriculture, à Rome.
ANNENKOFF (général), à Saint-Pétersbourg.

Comité du commerce.

Correspondants français.

BERGASSE, négociant, à Marseille.
SÉVÈNE, président de la Chambre de commerce de Lyon.
WALBAUM, président de la Chambre de commerce de Reims.
BESSONNEAU, manufacturier, consul de Belgique, à Angers.

Correspondants étrangers.

HEMPTINE (comte Paul de), à Gand (Belgique).
MEVISSEN, conseiller intime du commerce, ancien président de la Chambre de commerce de Cologne.
READER LACK (Esq.), directeur du Patent-Office, à Londres.
RADA Y DELGADO (Juan de Dios), sénateur, à Madrid.
BODIO (commandeur), directeur général de la statistique du royaume d'Italie, à Rome.
GIFFIN, directeur de la statistique du Board of Trade, à Londres.
CARROLL (D. Wright), commissaire du département du travail, à Washington (États-Unis).

Comité des constructions et des beaux-arts.

Correspondants français.

PEPRATZ (Eugène), ancien banquier, à Perpignan.

Correspondants étrangers.

CARLOS RELVAS, à Collega (Portugal).
POLLOK-ANTONI, ingénieur-consultant, à Washington (États-Unis).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

AGRICULTURE

RAPPORT fait au nom du *Comité d'Agricutture* par **M. Lindet**, sur l'*acidimètre* de **M. Dornic**, ingénieur agronome, professeur et chef des laboratoires à l'École Nationale de laiterie de Mamirolles (Doubs).

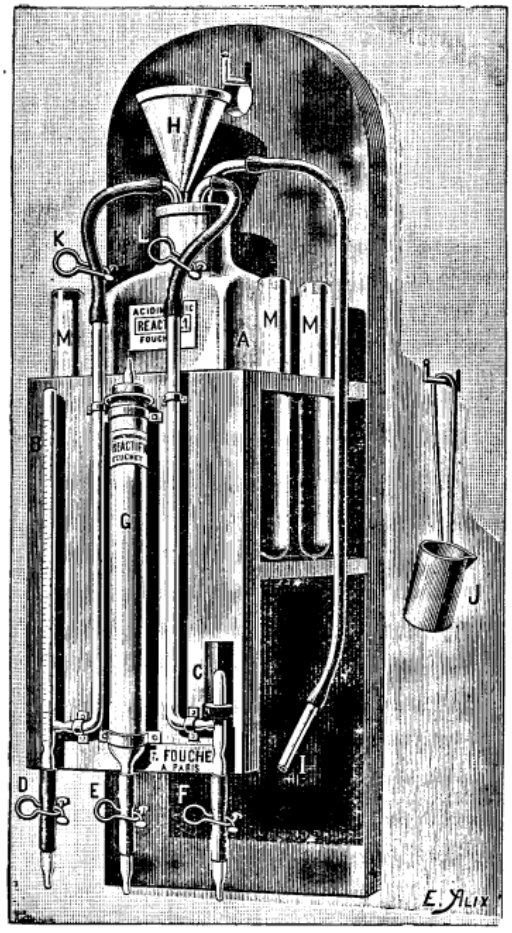


Fig. 1. Acidimètre *Dornic*.

B et C, deux burettes en verre; l'une (B) divisée en 50 parties égales, l'autre (C) simplement jaugée. Ces deux burettes communiquent par des tubes en verre et en caoutchouc avec un flacon A, qui renferme un réactif spécial (*réactif* n° 1).

K et L, pinces permettant de faire arriver à volonté le réactif dans les burettes, D et F pinces pour faire écouler le contenu des burettes dans les tubes d'essai renfermant les échantillons de lait à examiner.

Le gros tube G, dont la partie inférieure est pourvue d'une pince E et d'un bec d'écoulement renferme le *réactif* n° 2.

M. Dornic a eu l'idée de grouper soit sur une même planchette, soit dans un nécessaire portatif, les instruments et les liqueurs qu'il convient d'employer pour exécuter le dosage acidimétrique du lait. L'appareil, auquel il donne le nom d'acidimètre, se compose d'une ou deux burettes graduées en dixièmes de centimètre cube, d'une solution titrée de soude telle que 1 centimètre cube de cette liqueur sature 10 milligr. d'acide lactique, et enfin d'une pipette renfermant un indicateur coloré, la phénolphtaline.

Pour faire ressortir les avantages que présente en laiterie, l'emploi d'un acidimètre, M. Dornic a adressé à la Société un long mémoire, qui ne saurait trouver place au *Bulletin*, dans lequel il discute, en s'appuyant sur de nombreuses expériences, les conditions d'acidité que doit remplir un lait pour que l'on soit assuré de sa conservation, pour que ce lait se prête à la fabrication régulière du beurre et du fromage.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Un lait peut être considéré comme normal quand son acidité correspond à une dose de 1^{gr},6 à 2 grammes d'acide lactique par litre, et quand, abandonné dans un endroit frais, son acidité n'augmente pas de plus de 0^{gr},2 à 0^{gr},3 par litre; dans le cas contraire, le lait devra être considéré en voie d'altération.

On sait que la crème doit subir un commencement d'acidification avant d'être barattée; comme l'a montré notre éminent collègue M. Duclaux, des acides volatils prennent naissance, l'acide carbonique formé protège les produits contre l'oxydation, la caséine perd son état floconneux et se sépare mieux du beurre au moment du délaitage. Mais il ne faut pas que cette acidité soit excessive, et M. Dornic estime que, pour assurer un bon travail e un bon rendement, cette acidité doit, tout au moins dans la région du Doubs, représenter environ 6^{gr},5 d'acide lactique par litre de crème. L'ouvrier pourra toujours, en surveillant la température de la crème, atteindre sans la dépasser cette acidité de 6^{gr},5.

L'acidité des laits destinés à la fabrication des fromages doit être également prise en considération. Car un défaut ou un excès d'acidité influe sur le caillage, sur l'égouttage du caillé et enfin sur la maturation du fromage.

L'emploi de l'acidimètre de M. Dornic peut donc être recommandé à tous les cultivateurs et industriels qui manipulent le lait soit pour le vendre, en nature, soit pour le transformer en fromage ou en beurre. Ceux-ci ont été d'ailleurs les premiers à comprendre l'intérêt que présente ce dosage acidimétrique. M. Dornic estime en effet à 350 environ le nombre d'acidimètres vendus par les constructeurs tant en France qu'à l'étranger.

Signé, le rapporteur : L. LINDET.

Lu et approuvé en séance, le 8 *janvier* 1897.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS CHIMIQUES

REVUE DES PROGRÈS ACCOMPLIS DANS L'INDUSTRIE DES ESSENCES ET DES PARFUMS

PAR **M. A. Haller**, *correspondant de l'Institut.*

Cette revue, que nous avons l'intention de faire périodiquement, tous les ans, n'a pas pour objet la parfumerie proprement dite. « Marier les essences entre elles ou avec les autres principes odoriférants, diluer ces mixtures sous la forme de teintures, de poudres, de pommades, etc., de façon à obtenir une matière d'un parfum tout à la fois discret et agréable, c'est en quoi consiste le grand art du parfumeur. Or cet art, qui exige du goût et une certaine délicatesse du sens olfactif, qui a son esthétique comme toutes les branches de l'art humain, a été de tout temps un art éminemment français. » (*A. Haller, Rapport sur l'industrie chimique à Chicago.*)

Tous ceux, en effet, qui, à l'occasion de ces luttes pacifiques et internationales sont appelés à comparer les produits de l'industrie française avec les produits similaires de l'étranger, ne manquent pas d'être frappés de la supériorité de notre parfumerie. Seuls les articles anglais s'en rapprochent comme finesse, mais ils n'ont rien de la discrétion ni de la délicatesse des produits français, ils s'en distinguent par quelque chose de plus vigoureux, par un certain montant qui est peut-être nécessaire à nos voisins par suite du climat brumeux dont ils sont dotés et de l'atmosphère souvent chargée de fumée qu'ils respirent dans les grandes villes.

« Mais ce n'est pas de cette branche de l'industrie que nous nous occuperons, c'est de celle qui a pour objet l'extraction ou la préparation de matières premières servant à la confection des produits de la parfumerie.

« L'extraction des parfums peut se faire de différentes manières, et le mode opératoire varie avec la partie de la plante à traiter, avec la nature de la substance aromatique qu'elle contient, et aussi avec la forme sous laquelle on veut obtenir le parfum. On peut distiller avec de l'eau les fleurs, les fruits, les feuilles, les tiges, les écorces, les racines, et recueillir l'essence qu'entraînent les vapeurs d'eau. On peut aussi enlever à ces différents organes leurs principes odorants, en les traitant soit par des corps gras (enfleurage), soit par des dissolvants très volatils, quand on veut obtenir des extraits très concentrés. Cette industrie emploie donc les méthodes les plus variées pour saisir, sans les atérer, les parfums les plus délicats.

« La grande difficulté réside dans l'obtention des principes aromatiques réalisant les qualités de finesse, de suavité que possèdent les plantes elles-mêmes.

« Or l'industrie française a atteint un certain degré de perfection dans cet

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

art de saisir les parfums naturels. Ses produits sont réputés dans le monde entier et se distinguent très nettement des produits similaires préparés dans les autres pays.

« Une longue expérience, des perfectionnements successifs, apportés non seulement dans les modes de traitement et dans les appareils, mais encore dans la culture des plantes aromatiques, font que les distilleries provençales ont des produits de premier choix. Ce n'est pas à dire que les industries concurrentes des autres nations ne cherchent pas à s'emparer du marché et à évincer les produits français. Comme dans toutes les branches de l'activité humaine, ici encore la lutte est âpre et sans merci. Mais favorisée par un climat exceptionnel tant sur le littoral de la Méditerranée qu'en Algérie, climat éminemment favorable à l'élaboration des principes odorants dans les plantes, l'industrie des parfums n'aura pas à craindre la concurrence étrangère tant qu'elle continuera à améliorer ses plantations et ses méthodes d'extraction. »

Ces lignes extraites de notre travail déjà cité, bien qu'empreintes d'une certaine dose d'optimisme, étaient dans une certaine mesure l'expression de la réalité lorsqu'elles ont été écrites. Depuis cette époque, la question s'est élargie, la lutte s'est accentuée, et il faut reconnaître que, dans son ensemble, cette industrie subit une orientation nouvelle, est inquiète, par suite des assauts que lui livre journellement la science.

Méconnaître l'influence éventuelle des découvertes de la chimie sur le développement de cette branche de notre production nationale, c'est s'exposer à de cruelles déceptions.

Qu'on se rappelle la ruine causée à plusieurs de nos départements du midi de la France par la découverte de l'alizarine ! Qui sait si l'introduction, dans la culture de la garance, de méthodes plus rationnelles, plus perfectionnées, pouvant amener des rendements plus élevés et par suite abaisser le prix de la matière, n'aurait pas empêché l'industrie de l'alizarine de prendre l'essor qu'elle a pris de nos jours !

Malgré les nombreux procédés synthétiques qui permettent de l'obtenir, l'indigo artificiel n'est pas encore arrivé à détruire l'indigo naturel, grâce aux progrès réalisés dans la culture de la plante à indigo (1) !

(1) La production de l'indigo naturel tend plutôt à augmenter depuis quelques années. Dans les Indes orientales, la récolte a été en effet en croissant de 1886 à 1895, comme le montrent les chiffres suivants :

ANNÉES	NOMBRE de caisses.	ANNÉES	NOMBRE de caisses.
1886	33 320	1891	37 800
1887	33 355	1892	21 807
1888	33 300	1893	29 250
1889	24 400	1894	40 100
1890	37 600	1895	40 340

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Sans doute les produits ne sont pas comparables, et s'il est possible à la chimie de reproduire synthétiquement un principe défini, unique, auquel une plante doit sa valeur industrielle, il devient plus difficile de fabriquer de toutes pièces des mélanges complexes, comme le sont les essences dont les qualités sont souvent fonctions de la présence de quantités, parfois infiniment petites, de substances qui échappent à nos investigations.

A ce point de vue, beaucoup d'huiles essentielles sont comparables au vin, dont certains crus sont impossibles à imiter, malgré la science consommée du meilleur des chimistes qui essaierait de les reproduire. La nature dispose de moyens qui ne sont pas à notre portée et qu'elle applique dans une mesure qui nous est également inconnue.

Mais le vin est un produit de consommation que, s'il est naturel, les bienfaits de la chimie n'ont pas réussi à discréditer auprès du public. Quoi qu'on fasse, celui-ci préférera toujours, et non sans raison, le simple jus de la treille à la mixture la plus habilement composée qu'on décorera du nom de vins artificiels.

Il n'en est pas de même des parfums. Ni le goût du public ni les lois ne s'opposent à l'emploi des principes définis obtenus artificiellement, ou de succédanés des parfums contenus dans les organes des plantes ou des animaux.

La vanilline, l'aldéhyde benzoïque, le salicylate de méthyle synthétiques sont inférieurs comme parfum à la gousse de vanille, à l'essence d'amandes amères, à l'essence de *gaultheria procumbens*, bien qu'ils soient chimiquement identiques aux principes auxquels ces derniers doivent leur odeur.

Les qualités du musc artificiel, celles de la néroline sont loin d'atteindre celles du musc naturel et celles de l'essence de néroli, mais en approchent seulement; il est vrai que la différence de composition qui existe entre les produits de laboratoire et ceux élaborés par la nature justifie une différence de qualité.

Cette infériorité manifeste des composés artificiels ne s'oppose cependant en aucune façon à leur emploi, quand l'industrie peut les livrer à des conditions plus avantageuses que leurs similaires naturels. Seuls les délicats s'adresseront encore à ces derniers, mais la grande masse du public aura toujours une préférence pour les articles qu'elle peut avoir à meilleur compte. Or, dans l'industrie, on est de plus en plus pénétré de cette idée que la lutte n'est possible, que l'exploitation ne devient rémunératrice, qu'à la condition d'opérer en grand, sur une vaste échelle.

Prise dans son ensemble, l'industrie des parfums est très importante dans le midi de la France et en Algérie. Plusieurs milliers d'hectares sont consacrés à la culture des plantes aromatiques. A ne considérer que l'exportation des diverses essences, on l'estime annuellement à environ sept millions de francs. D'autre part la valeur des mêmes essences consommées en France par la parfumerie, doit se monter à une somme non négligeable. Il faut donc, pour conserver la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

position acquise, que les distillateurs français aient constamment l'esprit en éveil, qu'ils ne se bornent pas uniquement à perfectionner les méthodes d'extraction actuelles, mais qu'ils tiennent compte de la répercussion fatale, inévitable qu'ont sur l'industrie les progrès incessants qui se font dans le domaine de la science pure. Qu'ils se tiennent au courant des découvertes, pour s'en inspirer en vue des modifications à introduire dans leurs modes de fabrication et qu'ils n'attendent pas que les événements les leur imposent. Qu'ils s'entourent de vrais chimistes et non pas seulement d'ingénieurs, qui souvent ne possèdent, de cette branche de la chimie, que des notions ; qu'il provoquent eux-mêmes des recherches et surtout qu'ils sachent se défendre en s'appuyant sur la science, en cas de contestation sur la nature et la valeur de la marchandise qu'ils livrent au marché. Qu'au point de vue commercial, ils se départissent enfin de cette attitude malheureusement trop ancrée chez la plupart de nos industriels, qui consiste à vouloir former quand même le goût du public et à croire que leurs produits s'imposent par leur supériorité. Une attitude semblable se justifie quand on jouit d'un monopole, mais non pas quand on est sans cesse aiguillonné par la concurrence. Or celle-ci devient, surtout en Allemagne, de plus en plus redoutable, grâce à la merveilleuse organisation et à l'esprit judicieux et commercial que nos voisins montrent en toute occasion.

Nous l'avons déjà dit, et nous ne saurions assez le répéter, dans l'état actuel de la lutte, nul pays au monde ne sait tirer un meilleur parti des ressources matérielles et intellectuelles dont il dispose que l'Allemagne. Chez aucune autre nation, l'alliance de la science et de l'industrie n'a abouti à des résultats aussi féconds. Qu'il nous suffise de dire, pour ne pas sortir du domaine qui nous occupe, que la plupart des progrès réalisés dans l'industrie des parfums ont été effectués soit dans les laboratoires des universités soit dans ceux des usines allemandes. Il n'y a en effet pas une distillerie d'essences, pas une fabrique de parfums, comme il n'y a pas une fabrique de produits chimiques quelconques qui n'aient plusieurs chimistes. Et, dans la plupart de ces usines, ces chimistes sont de vrais savants, rompus à toutes nos méthodes de recherches, et dont le rôle consiste à isoler les principes qui donnent de la valeur à un parfum, à en déterminer la constitution et à en tenter la synthèse [1].

La maison Haarmann et Reimer, dont une partie des brevets sont pris de concert avec la Société de Lacré et Cie à Paris, n'a pas moins de cinq chimistes, sans compter les chimistes conseils, au nombre desquels se trouve le savant le plus autorisé en matière de parfums, M. Tiemann, professeur à l'Université de Berlin.

(1) Voir l'introduction à notre Rapport sur l'industrie chimique à l'Exposition de Chicago, dont une édition a été publiée sous le nom de l'*Industrie chimique*, par MM. J. Baillière et fils, à Paris.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La maison Schimmel et Cie de Leipzig, qui, en fait d'essences, est une des maisons les plus puissantes et les mieux organisées, n'emploie pas moins de neuf chimistes, dont deux dans sa succursale à Garfield, près de New-York.

Les innovations introduites dans la fabrication et le commerce de ses produits, le rôle qu'elle joue sur le marché international des huiles essentielles ou des matières dont on les extrait, méritent qu'on entre dans quelques détails sur le fonctionnement de cette importante maison.

Disons tout d'abord que la raison sociale Schimmel et Cie, dont les propriétaires actuels sont MM. Fritsche frères, possède des succursales à Prague et à Miltitz, et une autre très prospère sous le nom de Fritsche Brothers, à Garfield près de New-York.

Elle possède dans les environs de Leipzig, à Miltitz, un domaine d'une étendue de 70 hectares, dont 30 sont affectés à la plantation de rosiers et 40 au réséda, à la menthe, l'estragon, la livèche, etc. Ce domaine sert à la fois comme champ d'expérience et comme terrain de culture. La maison poursuit en effet un triple but : elle cherche tout d'abord à s'affranchir des intermédiaires, en cultivant puis distillant elle-même toute plante ou partie de plante soit fraîche soit sèche, de façon à satisfaire aux demandes de sa clientèle ; mettant à profit les conditions naturellement favorables où elle se trouve, elle institue en outre des essais pour arriver à déterminer expérimentalement à quelle époque de leur développement les différents organes des plantes aromatiques renferment le maximum d'essence, ou, pour être plus rigoureux, le maximum de principe aromatique réel qui fixe la valeur de l'huile essentielle ; enfin elle s'efforce, dans la mesure où le climat le lui permet, de cultiver d'une façon normale un certain nombre de plantes, parmi lesquelles il s'en trouve qui font l'objet d'une exploitation à l'étranger, et dont elle retire les essences pour pouvoir les comparer à celle fournie par le commerce, et d'autres n'ayant encore été soumises à aucune étude et dont elle extrait l'huile essentielle à seule fin d'en déterminer la composition et de voir si elle est susceptible d'une application quelconque.

Dans ses laboratoires, les essences, d'où qu'elles viennent, sont soumises à un examen rigoureux. On en fixe les constantes physiques, on en étudie la composition de façon à pouvoir préciser la nature du ou des principes auxquels l'essence doit son arome, et quand la fonction du corps ainsi isolé le permet, on cherche à trouver un procédé qui permet de le doser : on tend, en un mot, à fixer les conditions qu'on est en droit d'exiger de tout *produit sain, loyal et marchand.*

C'est ainsi qu'elle a introduit dans la pratique commerciale des procédés pour le dosage de différentes essences, procédés qui n'ont pas tous été acceptés sans provoquer des critiques et même de vives protestations.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ces critiques ne sont, il est vrai, pas sans fondement, si, pour connaître la valeur marchande d'une essence, on s'en tient uniquement aux dosages préconisés, car, ainsi que nous l'avons déjà fait remarquer, une huile essentielle est souvent un mélange complexe et non un composé défini et unique. La plante qui la produit, est soumise aux fluctuations de l'atmosphère qui se répercutent fatalement sur les principes que son organisme élabore. Aussi nous paraît-il hasardeux de conclure à l'authenticité d'une essence en n'envisageant que sa teneur en un éther ou un alcool par exemple, sans tenir compte des quantités infiniment petites de corps insaisissables par les moyens dont nous disposons.

Pour être en droit d'émettre un jugement, il faut, comme pour les vins, réunir les données fournies par l'analyse à celles formulées par les personnes qui jugent de la qualité d'une essence par le parfum qu'elle dégage. Ainsi baser la valeur commerciale d'une essence de lavande uniquement sur sa teneur en acétate de linalyle, et ne pas tenir compte de la finesse, de la suavité de son odeur, c'est s'exposer à de graves erreurs souvent très préjudiciables au producteur (1). Ne sait-on pas en effet que l'essence de lavande anglaise (Mitcham) qui ne renferme que 5 à 10 p. 100 d'acétate de linalyle est supérieure aux essences ordinaires qui en contiennent de 30 à 40 p. 100? Beaucoup d'essences de lavande fines du Midi se trouvent dans le même cas. On peut en dire autant des essences de bergamote (2).

Il est juste de reconnaître que les chimistes de la maison Schimmel et C^ie^ repoussent hautement cet exclusivisme qu'on leur attribue, et recommandent, dans l'appréciation de la qualité d'une essence, de tenir compte à la fois des résultats fournis par le dosage et de ceux que donne l'essai à l'odorat (Geruchsprobe) (3).

Outre ces tentatives louables, et qui ne sont pas toutes sans succès, que la maison fait en vue de trouver des méthodes d'appréciation saine de la valeur des produits, elle met ses chimistes, ses laboratoires à la disposition de ses clients pour tout essai concernant les essences, les parfums ou les produits de la parfumerie.

Comme elle a des correspondants partout où l'on fabrique un parfum quelconque, elle fait faire des enquêtes sur l'origine et la nature des matières premières distillées, sur la façon dont se font les opérations, sur les lieux précis où s'opèrent les falsifications, etc., témoin les relations qu'on trouve dans ses Bulletins sur la préparation des essences de cannelle de Chine, de menthe du Japon, etc.

(1) Voir à cet égard une réclamation d'un distillateur de Grasse parue dans le *Seifenfabrikant*, 1895, p. 631.

(2) Rapport de la Chambre de commerce de Reggio-Calabre pour l'année 1895.

(3) *Bulletin Schimmel et C^ie^*, octobre 1896, p. 35.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Enfin, dans un Bulletin semestriel, elle met, depuis l'année 1878, sa clientèle au courant des efforts qu'elle fait, des produits nouveaux qu'on introduit sur le marché, des renseignements de tout ordre qu'elle a recueillis, des recherches qu'elle a poursuivies dans ses laboratoires, ainsi que de tous les travaux exécutés dans le monde entier sur les questions qui touchent de près ou de loin à la spécialité à laquelle elle s'est vouée. Ce bulletin, mi-commercial, mi-scientifique se publie à partir du mois d'octobre dernier en trois langues : en allemand, en anglais et en français. Il est utile à consulter non seulement par le commerçant, mais encore par l'homme de science qui, nous le répétons, y trouve, sous une forme très succincte, tout ce qui a été publié sur la série terpénique, les essences, les parfums, etc.

Si nous nous sommes étendu longuement sur l'organisation et le fonctionnement de cette maison, si nous avons cru devoir parcourir tous les Bulletins qu'elle adresse gracieusement à ses clients et à tous ceux qui en font la demande, c'est pour montrer comment, avec l'aide de la science et sous son couvert, une industrie peut prospérer et acquérir une certaine autorité au point de pouvoir imposer ses procédés. Sans doute, on trouvera, dans cette manière de faire, une réclame habile et non déguisée, mais il faut convenir que le commerce loyal et honnête du monde entier en tire son profit et que, par surcroît, la science s'enrichit sans cesse de données nouvelles.

Notre but est donc de tenir périodiquement nos lecteurs au courant des efforts de toute nature qui se font dans ce domaine de l'industrie spéciale des essences et des parfums. Puissent ces comptes rendus sommaires inciter nos producteurs à tirer le meilleur parti possible des ressources immenses, tant matérielles qu'intellectuelles, qu'offre notre pays (1). Les conditions particulièrement favorables dans lesquelles ils se trouvent, l'excellente qualité de leurs produits, la réputation de loyauté dont ils jouissent leur permettent d'affronter victorieusement la concurrence, s'ils veulent bien s'associer la science, ne pas négliger ses avertissements et contribuer à son développement. Cette science s'offre à eux sous toutes les formes, il suffit de l'accueillir, de ne pas lui mesurer le temps ni les moyens dont elle a besoin et ne pas lui demander ce qu'elle ne peut fournir. L'impulsion donnée dans ces dernières années à l'enseignement en général et à la chimie en particulier, les résultats heureux qu'on a déjà constatés sont du meilleur augure pour le relèvement et l'avenir de notre industrie. Paris, avec son École de chimie et de physique si prospère sous l'habile, paternelle et

(1) Aucun pays d'Europe ne se trouve dans d'aussi bonnes conditions que la France pour donner à l'industrie des essences et des parfums toute l'extension qu'elle comporte. Grâce à son climat et à celui de ses possessions d'Afrique, où des régions immenses ne sont pas exploitées, elle pourrait cultiver une variété considérable de plantes aromatiques et approvisionner le monde entier en parfums de toute nature.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

savante direction de M. Schutzenberger; avec ses nouveaux laboratoires de chimie pratique que M. Friedel a ouverts cette année et qu'il dirige avec autant de science que de dévouement; Lille, Lyon, Nancy, etc., avec leurs instituts chimiques créés en vue de donner l'instruction à la fois théorique et pratique aux jeunes gens qui veulent se consacrer à la chimie, sont autant de foyers où la science chimique est étudiée sous toutes ses faces et d'où elle se diffuse dans les différentes branches de notre activité nationale.

Nombreux en effet sont déjà les praticiens et, voire même, les jeunes savants, qui mettent au service de l'industrie leur science, leur bonne volonté et leur désir de contribuer à sa prospérité. Le jour n'est même pas loin où il y aura pléthore de forces chimiques, et où l'on pourra, suivant une heureuse expression d'un de nos sénateurs les plus distingués et en même temps industriel des plus éclairés, en faire de l'exportation.

Notre Revue sera divisée en deux parties : dans la première, nous étudierons les perfectionnements apportés dans l'extraction des essences, les travaux qui ont été faits sur les huiles nouvelles et sur celles déjà connues, ainsi que les procédés de dosage qui ont été préconisés; la seconde partie comprendra l'étude des principes définis employés comme parfums, qu'ils soient extraits des plantes ou qu'ils soient obtenus synthétiquement. Nous nous servirons, pour faire cette revue, des données fournies par le *Bulletin* de MM. Schimmel et C^ie^ et des renseignements recueillis dans les journaux spéciaux.

PREMIÈRE PARTIE. — ESSENCES

Essence d'amandes amères (Essence de noyaux). — On sait que cette essence s'obtient maintenant en partie au moyen des noyaux d'abricots qu'on tire de la Syrie, de la Macédoine, du Maroc, etc. On l'extrait également des noyaux de pêches, de cerises et des feuilles de laurier-cerise.

Cette essence s'emploie beaucoup dans la fabrication des savons, dits d'amande, et particulièrement dans celle du savon de coco. Or il arrive que ce dernier, préparé à froid et parfumé avec de l'essence d'amandes amères, prend souvent une coloration jaunâtre. Consultés sur les causes de cette coloration, les chimistes de la maison Schimmel et C^ie^ ont institué une série d'essais systématiques avec de l'essence exempte d'acide cyanhydrique et avec de l'essence en contenant.

Le savon a été préparé en prenant 100 parties d'huile de coco et 50 parties de lessive de soude à 38° Baumé, et on ajoute une partie d'essence à 100 parties de ce mélange. Les résultats auxquels ils sont arrivés peuvent se résumer de la façon suivante :

Emploi de l'essence d'amandes amères exempte d'acide cyanhydrique. — Si la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

couleur du corps gras servant à la préparation du savon est blanche, la lessive claire, et si l'on ajoute le parfum au savon bien homogène avant son introduction dans les formes, on doit obtenir un produit d'un blanc pur :

a) Quand on emploie la lessive et le corps gras dans les proportions normales quelle que soit la température du savon, rendu homogène, au moment de l'addition du parfum, ou du degré qu'il atteint une fois introduit dans les formes ;

b) S'il y a un excès d'alcali, à la condition expresse que la température du savon ne dépasse guère 37° au moment de l'introduction de l'essence, que la masse du savon ne soit pas trop considérable et que les formes soient dans un milieu tel qu'elles puissent atteindre au delà de 78°.

Cas de l'essence d'amandes amères contenant de l'acide cyanhydrique. — Le savon ne devient blanc qu'aux conditions suivantes : 1° il ne faut pas qu'il renferme un excès d'alcali ; 2° il ne faut pas qu'à l'instant où l'on ajoute le parfum il soit à une température supérieure à 37°, et qu'une fois dans les formes il dépasse 80°. Dans l'emploi d'essence contenant de l'acide cyanhydrique, produit dont le parfum est incontestablement supérieur à celui d'une essence exempte d'acide, il est à recommander, pour plus de sûreté, de ne faire que des petites masses de savon, dans lesquelles la température est au-dessous de 75°.

L'emploi d'une pareille essence demande au reste à réfléchir, étant donné l'extrême volatilité du violent poison qu'est l'acide cyanhydrique. Son introduction dans les savons pilés n'est même pas sans danger pour les ouvriers, quand la masse de savon est trop grande, le local où se fait la manipulation trop petit et la ventilation insuffisante. Même dans la préparation à froid, l'introduction de l'essence cyanhydrique dans la masse, au moment où elle s'échauffe, peut amener des intoxications mortelles.

Cas de tous les savons parfumés à l'essence d'amandes amères. — Que le savon blanc soit parfumé avec une essence renfermant de l'acide cyanhydrique ou avec un produit exempt de cet acide, ou avec de l'aldéhyde benzoïque artificielle, il ne doit jamais être *séché* à une température dépassant 36°.

Les causes du jaunissement des savons parfumés à l'essence d'amandes amères contenant de l'acide cyanhydrique sont probablement les suivantes : l'aldéhyde benzoïque se condense facilement, sous l'influence de la chaleur et en présence d'acide cyanhydrique et d'alcali, en benzoïne $C^6H^5CO-CHOH.C^6H^5$, et cette condensation est accompagnée d'une coloration jaune.

Essence d'ambrette. — En solution étendue cette essence possède selon MM. Schimmel et C^ie^ une odeur très prononcée de cacao. — Elle est préconisée comme succédanée du parfum que dégage ce dernier et peut servir à la fabrication des liqueurs.

Essence d'aneth. — Outre le limonène et le carvol qu'on a caractérisés dans cette essence, MM. Schimmel et C^ie^ y ont trouvé un corps plus lourd que l'eau

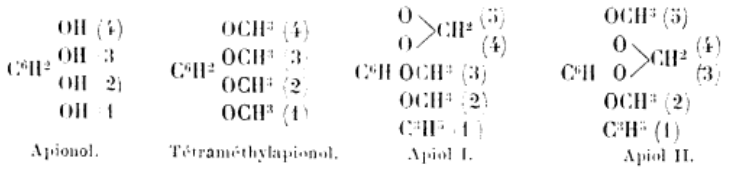
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

que MM. Ciamician et Silber ont soumis à une étude approfondie. (*Ber. der deutsch. Ges.*, 1896, t. XXIX, p. 1799; *Gazz. chim. ital.*, 1896, vol. II, p. 293.) La nouvelle combinaison $C^{12}H^{14}O^4$ est un isomère de l'apiol et n'en diffère que par la fonction relative qu'occupe la chaîne latérale dans le noyau.

L'*apiol d'aneth* est un liquide épais, bouillant à 162° sous une pression de 11 millimètres et à 285° à la pression ordinaire. Traité par le brome en excès, il donne naissance à un corps $C^{12}H^{13}Br^3O^4$ cristallisant en prismes incolores, fondant à 115°. Chauffé à 150-170° avec de l'éthylate de sodium, il se transforme en *isoapiol d'aneth*, transformation analogue à celle que fournit l'apiol ordinaire dans les mêmes conditions. Cet isodérivé constitue des prismes brillants, fondant à 44° et distillant sans décomposition vers 296°. Son dérivé bibromé $C^{12}H^{13}Br^3O^4$ fond à 115°.

Oxydé avec le permanganate de potasse, l'apiol d'aneth fournit : 1° de l'aldéhyde apiolique $C^{10}H^{10}O^5$, aiguilles longues et blanches fondant à 75°; 2° de l'acide apiolique $C^{10}H^{10}O^6$ à point de fusion 151°-152°; 3° de l'acide apiolcétonique $C^{11}H^{10}O^5$, corps se présentant sous la forme de petites feuilles légèrement jaunâtres et fondant à 175°. Fondue avec de la potasse, cette cétone fournit une apione liquide.

Quand on fond, d'autre part, l'acide apiolique d'aneth avec de la potasse, il se forme de l'acide diméthylapionol carbonique qui, par distilation sèche, donne nettement du diaméthylapionol fondant à 283°. Ce dernier composé est converti, au moyen de l'iodure de méthyle, en tétraméthylapionol fondant à 89° et identique avec celui qu'on obtient en partant de l'apiol de persil.



Il n'a pas encore été possible de déterminer laquelle des deux formules I ou II revient à l'apiol de persil, et respectivement à l'apiol d'aneth.

Essence d'angélique (de racines). — MM. Ciamician et Silber ont fait étudier par M. Felice Giodorni les parties de cette essence qui bouillent à une température très élevée et qui leur avaient été envoyées par la maison Schimmel et Cie. Ces portions laissent déposer des feuilles cristallines très volumineuses, fondant à 74°-77° et probablement constituées par un oxyacide. On a distillé le produit dans le vide et saponifié par la potasse alcoolique. La partie non attaquée possède l'odeur caractéristique des terpènes condensés et distille entre 240° et 270°. La solution potassique sursaturée par de l'acide sulfurique a fourni un acide valérianique, l'acide méthyléthylacétique, dont le sel de chaux cristallise avec cinq

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

molécules d'eau, et de l'acide oxypentadécylique $C^{15}H^{30}O^3$. Celui-ci cristallise dans l'éther en aiguilles groupées en étoiles qui fondent à 84°. On l'a caractérisé au moyen de son sel de baryum, en préparant son dérivé acétylé, l'acide acétoxypentadécylique fondant à 65°, l'acide bromopentadécylique, dont le point de fusion est situé à 65°, et finalement son dérivé iodé qui cristallise en houppes à éclat nacré qui fondent à 78°-79°. Cet acide est l'homologue supérieur de l'acide oxymyristique que M. R. Muller avait déjà isolé de l'essence d'angélique. (*Ber. der. deutsch. chem. Ges.* t. XXIX, p. 1811.)

MM. Schimmel et Cie rappellent, à l'occasion de cette étude, qu'ils ont caractérisé le terpène qui se trouve dans cette essence comme dans celle des semences, comme du phellandrène droit. (*Bulletin Schimmel*, Avril 1891, p. 3).

Essence d'anis. — MM. Bouchardat et Tardy soumirent à l'étude un lot de 22 kilos. d'essence d'anis de Russie. Ce produit refroidi à 10° se prend en masse. On sépare les cristaux qui constituent les 9/10 de l'essence et qui sont formés par de l'anéthol. La portion liquide faiblement dextrogyre, soumise à l'oxydation, fournit du camphre d'anis de Landolph, lequel est identique avec la fénone $C^{10}H^{16}O$ de M. Wallach. On a encore pu isoler de ce même liquide : 1° de l'aldéhyde anisique ou paraméthoxybenzoïque; 2° une cétone $C^{10}H^{12}O^2$, que les auteurs appellent acétone anisique. Ce corps bout à 263° et est transformé par oxydation, au moyen du permanganate de potasse, en aldéhyde anisique. Un composé semblable a d'ailleurs été obtenu par MM. Wallach et Poud. (*Ber. der. deutsch. Chem. Ges.* t. XXVIII, p. 2714) en bromant l'anéthol $C^6H^4(OCH^3)C^3H^5Br^2$ et traitant ce composé par du méthylate de sodium. L'huile brune qui se forme est distillée dans un courant de vapeur d'eau, puis rectifiée. Elle bout à 260°-270°, fournit une oxime cristallisant en prismes fondant à 74°, d'où l'on peut régénérer la cétone à l'état pur. Celle-ci ainsi purifiée cristallise et les cristaux fondent à 26°-27°. L'acide sulfurique concentré la scinde en donnent de l'acide propionique. Le permanganate l'oxyde en aldéhyde anisique. Toutes ces propriétés conduisent à admettre pour ce composé la formule

$$C^6H^4\begin{cases} CO\,CH^2CH^3 & (4) \\ OCH^3 & (1) \end{cases}$$

En les comparant avec celles de la cétone de MM. Bouchardat et Tardy, il est permis de conclure qu'il peut y avoir identité entre les deux corps. Toutefois la cétone des savants français se combine au bisulfite de soude, de sorte qu'il est possible que la constitution suivante

$$C^6H^4\begin{cases} OCH^3 & (1) \\ CO\,CH^2CH^3 & (4) \end{cases}$$

lui revienne.

MM. Schimmel et Cie font observer que, bien qu'ils aient préparé plusieurs

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

milliers de kilos d'essence d'anis, ils n'ont jamais eu l'occasion de constater la présence de la fénone dans cette huile. Aussi croient-ils que l'essence étudiée par MM. Bouchardat et Tardy était constituée par un mélange d'essence d'anis et d'essence de fenouil, d'autant plus que l'essence d'anis pure se prend complètement en masse à + 10°, sans qu'il y ait de produits huileux.

En ce qui concerne l'acétone anisique, il reste à savoir si elle fait partie constituante de l'essence d'anis ou de l'essence de fenouil ajoutée à la première. (*Schimmel Bericht.* du mois d'avril 1896.)

Essence d'anis étoilée ou *de Badiane.* — On sait que cette essence tient sa valeur de la quantité d'anéthol qu'elle contient, et que plus elle renferme de ce dernier corps, plus son point de solidification est élevé. Suivant Schimmel et Cie, ce dernier ne doit pas être au-dessous de 15°, quoique récemment il y ait eu des essences qui ne se solidifiaient qu'à 12°,5, sans qu'on ait pu y déceler la moindre falsification. Schimmel préfère le point de solidification au point de fusion, parce que le premier se détermine plus rigoureusement que le second. Pour cette opération, il fait les recommandations suivantes : Dans la prise d'échantillon il faut avoir soin que le contenu du vase soit fondu et aussi homogène que possible. On en soutire ensuite 200 grammes dans un flacon, dans lequel on introduit un bon thermomètre donnant au moins les demi-degrés, pendant que, d'autre part, au procède au refroidissement, soit avec de la glace, soit avec de l'eau glacée, jusqu'à ce que la température ait atteint + 5°. Pendant cette opération il faut éviter de secouer le flacon ou d'agiter le thermomètre, pour ne pas provoquer une cristallisation prématurée. L'essence est-elle refroidie à + 5°, on amorce la cristallisation soit avec un cristal d'essence d'anis, soit en frottant légèrement le thermomètre contre la paroi du flacon. Pendant la solidification, on a soin de remuer énergiquement, de façon à hâter la prise en masse. La température monte alors rapidement, et le point où le mercure s'arrête est le point de solidification.

Les nombreuses observations faites au laboratoire de MM. Schimmel et Cie, ont donné comme point de solidification moyen + 16°, la limite supérieure étant + 17°,5 et la limite inférieure + 14°.

Essence de Buccu. — M. Bialobrzeski (1) a étudié les feuilles de deux variétés de *Barosma;* celles longues du *B. betulina*, celles rondes du *B. serratifolia.* Il en a retiré l'essence par épuisement au moyen de l'éther de pétrole. L'extrait obtenu après évaporation du dissolvant était constitué par un mélange d'essence, de résine et de chlorophylle. On l'a soumis à la distillation sous une pression de 14 millimètres et on a obtenu une huile passant à 130°. Le produit ainsi obtenu fut soumis à une seconde rectification, pour chasser les dernières por-

(1) *Pharm. Zeitschr. f. Russl.*, t. XXXV (1896), n° 22-28. — *Bulletin Schimmel*, 1896, p. 13.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tions d'éther de pétrole, et on distilla finalement l'huile dans un courant de vapeur d'eau. Le rendement en essence a été de 1,33 p. 100 avec les feuilles de *B. betulina* et de 0,84 p. 100 avec celles de *B. serratifolia*. Cette huile bout entre 178° et 235°; elle est jaunâtre, et cette couleur se fonce au contact de l'air; son odeur rappelle celle du camphre et sa saveur est fraîche et amère. Les alcalis caustiques en dissolvent la moitié environ, et la solution acidulée fournit un précipité d'un stéaroptène qui se dépose en cristaux aiguillés. Refroidie, l'huile se prend partiellement en masse, sans qu'on puisse néanmoins arriver à séparer les parties solides des parties liquides.

D'après Fluckiger (1), l'essence de buccu se compose de deux parties, une portion solide, le diosphénol, qui, d'après les travaux de Spica (2) et de Shimoyama (3), a la formule $C^{10}H^{16}O^2$ et possède les propriétés d'un phénolaldéhyde soluble dans la potasse, et une partie liquide bouillant à 205°-210°, que Fluckiger considère comme un isomère du bornéol $C^{10}H^{18}O$.

Suivant Schimmel et Cie, l'essence de *B. serratifolia* est très pauvre en diosphénol, tandis que celle de *B. betulina* en renferme de notables quantités, à tel point qu'elle laisse déposer déjà à la température ordinaire de ce stéaroptène.

Il ressort du travail de M. Bialobrzeski que l'essence de buccu renferme trois corps : un carbure $C^{10}H^{18}$ bouillant à 174-176°; une combinaison cétonique $C^{10}H^{18}O$, isomère avec la menthone et non avec le bornéol; enfin le stéaroptène $C^{10}H^{16}O^2$, appelé diosphénol. Pour séparer les trois combinaisons l'une de l'autre, on soumet le mélange à une série de fractionnements dans le vide, et on oxyde, au moyen de l'oxyde d'argent humide, les parties les plus volatiles. Dans ces conditions les portions du diosphénol qui ont distillé sont converties en acide qui, fixé par une base, ne passe plus quand on chasse le produit dans un courant de vapeur d'eau; le mélange de carbure et de cétone se sépare ensuite facilement à la suite d'un traitement à l'hydroxylamine.

Le carbure $C^{10}H^{18}$, bouillant à 174°-175°, est dextrogyre, $(\alpha)_D = + 60°40'$; sa densité à $0° = 0,8802$; et à $18°,5 = 0,8647$. Son odeur rappelle celle de l'essence de pin sylvestre; il décolore le permanganate de potasse, absorbe le brome, ainsi que l'acide chlorhydrique.

La cétone $C^{10}H^{18}O$ bout à 206°-209° et ne se combine pas au bisulfite de soude. Elle se présente sous la forme d'un liquide mobile, incolore, à odeur de menthe assez agréable et possède le poids spécifique 0,9145 à 0°, et 0,8994 à 18°5; elle est faiblement lévogyre $(\alpha)_D = + 6°12'$. Quand on la traite par de l'hydroxylamine en solution hydroalcoolique, elle fournit une oxime semi-liquide qui bout

(1) *Pharm. Journ. and transaction* [3] M. 174 et 219.
(2) *Gazzeta chim. ital.*, t. XV, 195.
(3) *Archiv der Pharm.*, t. CCXXVI (1888) 403-417.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à 134°-135° sous une pression de 5 millimètres, dont la densité = 0,9627 à 18°15, et qui est faiblement dextrogyre $(\alpha)_D = +2°11'$).

Traitée par du brome en solution dans l'éther de pétrole, cette cétone fournit en outre un produit bromé $C^{10}H^{17}BrOBr^2$, qui est huileux; elle se comporte donc vis-à-vis du brome comme la menthone gauche (1).

Quand au diosphénol, M. Shimoyama lui avait attribué la double fonction aldéhyde phénol. Quand il est pur, il est inactif, colore une solution de perchlorure de fer en vert, réduit les solutions ammoniacales d'argent, avec production d'un miroir métallique, et colore en rouge les solutions de fuchsine rendues au préalable incolores au moyen de l'acide sulfureux. Il fond à 82°, distille à la pression ordinaire vers 232° en se décomposant partiellement, et à 112° sous une pression de 14 millimètres sans se décomposer.

Le diosphénol se combine aussi bien à l'hydroxylamine qu'à la phénylhydrazine, ce qui tendrait à prouver qu'il possède une fonction aldéhydique; l'oxime forme des feuilles légèrement colorées en rose, qui, lorsqu'on les chauffe à 130°, deviennent jaunes, pour fondre à 156°; l'hydrazone n'a pu être obtenue que sous la forme d'un liquide rouge, qui, refroidi à 0°, se prend en une masse cristalline.

Quand on traite une solution éthérée de diosphénol légèrement humide par du sodium, on obtient un composé cristallisé $C^{10}H^{18}O^2$ fondant à 159°. Ce corps ne se colore plus sous l'influence du perchlorure de fer, et présente vis-à-vis du diosphénol les relations d'alcool à aldéhyde.

Une réaction qui semble toutefois être en contradiction avec l'hypothèse d'une fonction aldéhydique dans le diosphénol est celle que donne la potasse alcoolique; par analogie, on devrait admettre que, dans cette réaction, il se forme à la fois l'alcool $C^{10}H^{18}O^2$ et un acide $C^{9}H^{16}O^3$, correspondant tous deux à l'aldéhyde $C^{10}H^{16}O^2$. Au lieu d'un alcool et d'un acide, on n'obtient que ce dernier, qui fond à 96° et a pour formule $C^{10}H^{18}O^3H^2O$, tandis qu'une portion du diosphénol reste inattaquée. M. Schimoyama a d'ailleurs préparé le même acide, de sorte que les résultats des deux auteurs sont concordants sur ce point.

L'acide diolique, comme l'appelle M. Schimoyama, n'est toutefois pas identique avec celui qu'on obtient en oxydant le diosphénol avec l'oxyde d'argent humide ou avec le permanganate, ce dernier a pour formule $C^{10}H^{16}O^3$ et n'est connu jusqu'à présent que sous la forme d'un liquide huileux.

Essence de Bergamote. — Cette huile essentielle est une des plus employées en parfumerie et nous vient généralement de la Calabre, qui est le principal pays de production de cette essence.

D'après les recherches récentes de MM. Tiemann et Semmler, on sait que cette huile renferme environ 40 p. 100 de limonène, 10 p. 100 de dipentène

(1) Beckmann et Mehrlander. *Ann. Chem.*, t. CCLXXXIX, p. 376.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

25 p. 100 de linalool, 20 p. 100 d'acétate de linalool, 5 p. 100 de bergaptène.

Suivant Schimmel et C^ie^, une bonne essence de bergamote renferme au contraire de 35 à 40 p. 100 d'acétate de linalyle, et la valeur commerciale du produit dépend de sa teneur en éther acétique, abstraction faite, bien entendu, des qualités de finesse qu'il doit en outre posséder et qui ne peuvent être appréciées que par l'odeur. Comme cette essence a été l'objet de nombreuses falsifications, MM. Schimmel et C^ie^ ont soumis ce produit à une étude approfondie, dans le but de trouver un moyen efficace de reconnaître sa pureté. Ce moyen consiste à doser l'acétate de linalyle que contient l'essence et à déterminer en outre la densité, le pouvoir rotatoire, la solubilité dans l'alcool, le résidu de l'évaporation de cette huile.

Les méthodes d'essai introduites et imposées au commerce ont donné lieu à une protestation de la part de la Chambre de commerce de Reggio, en Calabre, qui semble vouloir toujours s'en tenir au pouvoir odoriférant d'une essence, pour en apprécier la qualité et la pureté. Sans doute la nature du sol où se cultive la bergamote, la qualité du sujet sur lequel elle est greffée, les conditions climatériques, la maturité plus ou moins grande du fruit au moment où il est pressuré, exercent une influence sur la composition et la finesse de l'essence ; mais cette composition ne varie que dans certaines limites, et comme le disent fort justement MM. Schimmel : « L'ancienne méthode d'appréciation de l'essence de bergamote par l'odeur doit marcher, la main dans la main, avec les essais chimiques. Seule, elle ne possède aucune valeur. »

Il convient d'ailleurs de faire remarquer que les données fournies par MM. Schimmel ont été contrôlées sur place par l'un des chefs de la maison pendant la campagne peu favorable de l'année 1895. A Melito, l'un des centres les plus importants de production, il a pu constater que les échantillons d'essences à constantes normales possédaient une teneur de 33,3 à 37 p. 100 d'acétate de linalyle.

Il fit préparer en outre sous ses yeux une essence extraite de fruits verts et une autre avec des fruits demi-mûrs. La première contenait 31,04 p. 100 d'acétate, possédait le pouvoir rotatoire + 17° à 18° C., et la seconde avait une teneur de 33,24 p. 100 d'éther linalylacétique et déviait de 17°18′ à 18° C. sous une épaisseur de 100 millimètres. Une *Essence Néro*, obtenue avec des fruits tombés non mûrs, renfermait 25 p. 100 d'éther.

M. Fritsche visita en outre d'autres centres de production, Gallico, Arangea, Sborre, Santa-Catarina, Catona, etc., et constata que partout l'extraction de l'essence se fait au moyen de machines et non plus par pressuration à la main. Il n'y a que les fruits ovoïdes, qui ont la forme de citrons, et qui ne se prêtent pas à l'extraction mécanique, qui sont découpés et pressés à la main. Les résidus provenant de cette expression, ainsi que les fruits de dernières qualités, sont ensuite

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

soumis à la distillation et fournissent une essence inférieure dont une grande partie est expédiée en Amérique. Un échantillon de cette huile a montré à l'analyse une teneur de 5,1 p. 100 d'acétate de linalyle.

Enfin, une visite faite vers la fin de la saison à Catona a permis à M. Fritsche de faire préparer sous ses yeux deux échantillons d'essence avec des fruits trop mûrs. Les deux, soumis à l'analyse, ont accusé une teneur de 44 p. 100 d'acétate de linalyle.

En résumé, cette enquête prouve que l'essence de bergamot erenferme d'autant plus d'acétate de linalyle qu'elle a été obtenue avec des fruits plus mûrs.

M. le professeur Campolo (1), de l'École supérieure d'agriculture de Portici, a d'ailleurs confirmé ces données en soumettant à l'analyse des échantillons d'essence préparée avec des fruits provenant de ses propres plantations. Cinq échantillons divers, analysés, ont accusé une teneur de 37,6 à 39,9 p. 100 d'acétate de linalyle, oscillant entre 4,2 à 5,7 p. 100 avec un résidu à l'évaporation. Voici, selon MM. Schimmel, les déterminations qu'il y a lieu de faire pour reconnaître la pureté d'une essence de bergamote.

Poids spécifique. — Il ne s'écarte guère entre les limites de 0,882 à 0,886 à 15°. Des essences qui dépassent ces limites peuvent être sujettes à soupçon et doivent être l'objet d'un examen minutieux. Parmi les substances qui abaissent la densité se trouvent les essences de térébenthine, de citron, d'orange, ainsi que l'essence de bergamote obtenue par distillation, tandis que les huiles grasses, l'essence de cèdre, de baume de Gurjun, augmentent la densité.

Pouvoir rotatoire. — Cette détermination n'a pas la même importance pour l'essence de bergamote que pour les essences de citron et d'orange; il faut néanmoins la faire, car les données qu'elle fournit, ajoutées aux autres, les complètent et les confirment. Pour cette mesure, il faut employer un tube de 20 millimètres, celui de 100 millimètres étant inutilisable à cause de la couleur foncée de l'essence.

Les différences observées dans les déviations des essences pures sont plus considérables que celles qu'on observe dans les densités. Peuvent être considérées comme normales toutes les essences qui possèdent une déviation (calculée sur 100 millimètres) de +8° à +20°, à une température de 15° à 20°. Par addition d'essence de citron, d'essence d'orange, comme aussi de bergamote distillée, la falsification se manifeste par une élévation du degré polarimétrique, tandis que l'essence de térébenthine française, l'essence de cèdre, l'huile grasse abaissent au contraire la déviation; une addition trop considérable des deux premières peut même changer le sens de la déviation.

(1 Ricerche sull'essenza die Bergamotto e sulle sue sofisticazioni, dans le Stazioni sperimentali agrarie italiane, t. XXVIII (1895), p. 433. — Voir aussi *Zeit shrift für analyt. Chem.*, 1896, p. 35 et *Berscht. Schimmel,* avril 1896.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Solubilité dans l'alcool. — Cet essai ne fournit que de faibles garanties et ne donne de bons résultats que dans les cas de falsifications grossières.

Une essence pure se dissout dans environ la moitié de son volume d'alcool à 90°, et le liquide ne se trouble pas quand on l'étend d'alcool. Cet essai n'est pas rigoureux, car il ne permet pas de déceler de légères sophistications que la densité et la déviation polarimétrique mettent déjà en évidence.

Les essences pures ne donnent pas toujours une solution claire avec de l'alcool à 80 p. 100. Beaucoup, et parmi elles des essences riches en éthers, donnent souvent un mélange trouble qui, au repos, laisse déposer des gouttelettes huileuses sur les parois du vase. La raison de ce dépôt n'est pas encore connue; il faut probablement la chercher dans la présence de parties cireuses qui, dans le cours de la pressuration des écorces sont entraînées par l'essence. Se dissout-elle sans trouble dans l'alcool à 80°, on peut la regarder comme exempte d'huile grasse, d'essence de térébenthine et d'essence d'orange. Si elle ne s'y dissout pas, le trouble peut provenir d'une falsification ou de la présence des corps cireux. Pour s'assurer de ce fait, il convient de faire une détermination quantitative du résidu laissé par l'évaporation.

Résidu de l'évaporation. — Ce résidu, constitué par du bergaptène et aussi quelquefois par les corps cireux, atteint environ 5 à 6 p. 100 pour les essences normales.

On pèse au centigramme près, environ 5 grammes d'essence dans une capsule de verre ou de porcelaine, et on laisse évaporer au bain-marie jusqu'à ce que le résidu ait perdu l'odeur de bergamote, et on pèse. Le résidu représente-t-il plus de 6 p. 100 de l'essence employée? on peut conclure à la présence d'huile grasse. Chaque unité pour cent de celle-ci s'exprime par l'augmentation de 1 p. 100. Ainsi, une essence de bergamote falsifiée avec 5 p. 100 d'huile d'olives donnera par exemple un résidu de 10 à 11 p. 100. Une essence de bergamote falsifiée avec de l'essence de térébenthine, de l'essence d'orange ou de l'essence de bergamote distillée donnera, suivant les circonstances, un résidu notablement inférieur à 5 ou 6 p. 100.

Cette détermination de résidu est de la plus haute importance, car l'huile grasse donne un coefficient de saponification très élevé et peut conduire à des erreurs. Il devient donc nécessaire de doser quantitativement le résidu toutes les fois que l'essai à l'alcool donne une solution trouble.

Détermination des éthers. — La quantité d'éthers et en particulier d'acétate de linalyle $C^{10}H^{17}OC^2H^3O$ est un des facteurs les plus importants de l'essence de bergamote. Nous avons déjà vu que cette quantité est fonction d'un ensemble de circonstances, mais qu'elle n'est en général pas inférieure à 30 environ, et que les bonnes essences renferment en moyenne 36 à 40 p. 100 d'éthers.

Pour faire le dosage, on pèse, au centigramme près, environ 2 grammes

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'essence de bergamote dans un ballon à large col de 100 centimètres cubes, on y ajoute 10 centimètres cubes d'une solution alcoolique demi-normale de potasse et on ferme avec un bouchon percé d'un trou, dans lequel s'engage un tube d'environ 1 mètre de long, destiné à servir de réfrigérant. On chauffe ensuite près d'une demi-heure au bain-marie et on laisse refroidir. Le liquide est enfin étendu d'eau, et après addition de quelques gouttes de phénolphtaléine, l'excès de potasse est titré au moyen d'une solution demi-normale d'acide sulfurique.

$$C^{10}H^{17}OCOCH^3 + KHO = C^{10}H^{17}OH + CH^3COOK$$

Acétate de linalyle. Potasse. Linalool. Acétate de potasse.

Comme le poids moléculaire de l'acétate de linalool est 196, le pour cent de cet éther x sera donné par la formule :

$$x = \frac{19.6\ \frac{y}{2}}{g},$$

où y exprime le nombre de centimètres cubes de potasse demi-normale employée, et g le poids, en grammes, d'huile mis à l'essai.

Il n'est pas à recommander d'opérer la saponification en vase fermé, car dans ces conditions, on obtient des chiffres plus élevés, pouvant atteindre plusieurs unités pour cent. MM. Schimmel avaient déjà appelé l'attention sur ce fait (*Bericht*, octobre 1895), et MM. Helbing et Passmore (*Chemist and Druggist*, t. XLVII, 1895, p. 585) l'ont confirmé à leur tour.

On a de même montré que la saponification est totale au bout de dix minutes, mais aussi qu'une ébullition de deux heures ne modifiait pas les résultats.

Influence de la conservation sur la teneur en éthers. — Des essais faits par Schimmel sur deux essences de bergamote pures, dosées au préalable, ont montré qu'une conservation de six mois ne modifiait ni leur finesse, ni leur teneur en acétate de linalyle.

Essence de camphre. — Il semble que les distilleries de camphre de Formose font une concurrence acharnée à celles du Japon, car l'exportation de ce produit diminue considérablement dans ce dernier pays.

La consommation du camphre allant sans cesse croissant, et dans la crainte que le Japon et la Chine, qui sont actuellement les seuls producteurs en grand de cette matière, ne puissent suffire, M. David Hooper (1) d'Ootacamund (province de Madras) déclare qu'il serait à souhaiter qu'on s'occupât dès maintenant de chercher d'autres sources de production. Indépendamment de ces deux pays, il en existe en effet d'autres dont le climat se prête très bien à la culture du *Laurus*

1 *Pharmaceut. Journal* (Londres) 56 (4e série, vol. II), 21; *Bericht*, Schimmel et Cie, avril 1896.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

camphora. Il en est ainsi de la Floride, de la Californie, du Brésil, des Indes et de Ceylan. Dans les Indes, le camphrier existe d'ailleurs de temps immémorial. Jusqu'à présent, on ne retirait le camphre que du bois et des racines, ce qui nécessite une destruction complète de l'arbre, et, avec un pareil mode d'exploitation, les plantations régulières et systématiques demanderont de longues années.

Aussi M. Hooper a-t-il essayé de distiller les feuilles et jeunes rameaux qu'on peut impunément enlever au camphrier sans le faire périr, dans le but de s'assurer de leur rendement en huile. Ces parties de l'arbre ne sont pas traitées au Japon et à Formose. Les feuilles soumises à la distillation provenaient du jardin du gouvernement à Ootacamund et fournirent 1 p. 100 d'huile de densité 0,9322 à 15°, de pouvoir rotatoire +9° 4′ sur une épaisseur de 200 millimètres et contenant 10 à 15 p. 100 de camphre.

Un autre lot de feuilles provenant de Naduvatam, située sur le Nilgiris, fournit une huile renfermant 75 p. 100 de camphre. Cette huile, débarrassée de camphre, avait pour densité 0,9314 à 15°, et était également dextrogyre $\alpha_D = +54°$ ($l = 200$ millimètres). Cette différence dans la teneur en camphre provient probablement de celle qui existe dans l'altitude des deux localités, Ootacamund étant située à 7300 pieds, et Naduvatam seulement à 1000 pieds au-dessus de la mer.

MM. Schimmel et C^ie^ ont, dès 1892, soumis à la distillation des feuilles et des racines de l'arbre à camphre du Japon et ont obtenu des résultats analogues à ceux qui précèdent (1).

Selon Grasmann, on essaye également au Japon de retirer le camphre des feuilles et de jeunes arbres. Le même auteur donne une description très détaillée, au point de vue forestier, de l'arbre à camphre et consacre tout un chapitre à l'extraction de ce produit (2).

Essence de cannelle de Chine. — *Essence de Cassia.* — Cette essence est l'objet de nombreuses falsifications qui s'opèrent en général en Chine même, comme il résulte d'une enquête faite par une maison de Hong-Kong sur les lieux de production, avec l'appui du consul allemand de Canton. Les représentants de cette maison ont fait le voyage de Hong-Kong à Pak-hoi et Nanning-foo, ont descendu le fleuve occidental ou Si-Kiang et se sont arrêtés à Tackhing-Chow, d'où ils se sont enfoncés dans les districts à cassia de la province de Kwang-Tung. Dans le cours de ce voyage (3), ils ont assisté à des distillations et ont pu se con-

(1) *Bericht*, octobre 1892, p. 11.

(2) *Mittheilungen der deut. Gesell. für Natur und Wölkerkunde Ostasiens in Tokio* (Bd VI, Seite 277).

(3) Voir, dans le *Bulletin* de Schimmel et C^ie^, octobre-novembre 1896, p. 18, la relation de ce voyage, avec une carte de la province de Kwang-Tung.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vaincre qu'elles s'opèrent avec des *feuilles*, des *tiges* et des *jeunes rameaux* du cannellier. Les échantillons prélevés avait les propriétés suivantes :

A.	Déviation polarimétrique	à 27° — 0°,18′ ;	Densité	1.062.	Teneur en aldéhyde cinnamique		85 p. 100	
C.	—	—	à 20° — 0°4′ ;	—	1.062.	—	—	88 —
D.	—	—	à 20° — 0°12′ ;	—	1.065.	—	—	83 —
E.	—	—	à 23° — 0°12′ ;	—	1.064.	—	—	82.5 —
F.	—	—	à 23° — 0°8′ ;	—	1.069.	—	—	81 —

On sait que le dosage de l'aldéhyde cinnamique contenu dans l'essence de cannelle se fait au moyen d'une solution de bisulfite de soude à 30 p. 100. Outre les falsifications connues (alcool, pétrole, résine) on y introduit aussi de l'essence de cèdre et du baume de Gurjun.

Essence de Carvi. — MM. Schimmel et C^ie^ ont institué des expériences en vue de se rendre compte de la composition des huiles essentielles que renferment les plantes aux différents stades de leur développement. Ils ont cultivé du carvi de provenance hollandaise dans leurs champs d'expériences de Miltitz et ont distillé différents lots.

L'essence n° 1 a été obtenue avec la plante en fleurs et sur le point de porter les semences, coupée avec de longues tiges et non séchée.

L'essence n° 2 a été extraite de la même coupe, seulement on avait, au préalable, éliminé les sommités portant fleurs et semences, et on ne s'est servi que de l'herbe.

L'essence n° 3 a été retirée de la plante à un état de développement très avancé, défleurie, sans toutefois être arrivée à la maturité complète.

Les constantes physiques des essences furent les suivantes :

	d. à 15°	n_D à 17°	Déviation polarimétrique.
Numéro 1	0.882	1.48306	+ 65°12′
— 2	0.88	1.5083	+ 20°36′
— 3	0.9154	1,48825	+ 63°6′

L'essence n° 2 ne possédait qu'une faible odeur de carvi, elle ne contenait ni limonène, ni carvone en quantités décelables. On sait que ces deux corps font partie constituante de l'essence de carvi. Soumise à la distillation, elle a passé de 230° à 270° et il est resté un résidu résineux.

Les deux échantillons 1 et 3 qui, étant donné leur origine, sont comparables entre eux, diffèrent par leur densité, tandis que celle du n° 1 est, à cause de sa grande teneur en limonène, manifestement inférieure à celle de l'essence de carvi : le poids spécifique du n° 3 peut être considéré comme normal ; quant à la faible différence qui existe dans la déviation polarimétrique de ces deux essences, il faut l'attribuer à la présence, dans l'échantillon n° 3, d'une plus grande quantité du produit inactif passant de 240° à 270°, dont la densité est plus élevée que dans l'échantillon 1. La nature de ce corps est encore inconnue.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ces deux essences ont été soumises à une rectification méthodique, on en a retiré du limonène, du carvone, et un corps qui cristallise dans l'alcool en houppes blanches fondant à 64°, et qui appartient probablement à la série des paraffines.

Ces essais semblent prouver que la teneur en carvone est d'autant plus faible que la plante qui a servi à préparer l'essence a été cueillie à un état de développement moins avancé; cette teneur arrive au contraire au maximum quand l'essence provient d'une plante arrivée à son degré de maturité complète. L'inverse a lieu en ce qui concerne la teneur en terpène. Il en résulte que l'on est, jusqu'à un certain point, autorisé à conclure que le terpène se forme d'abord et qu'il sert ensuite à l'élaboration du produit oxygéné.

Dosage du carvone. — De nombreux procédés ont été préconisés pour le dosage de ce composé : distillation fractionnée, séparation du carvone par sa combinaison sulfhydrique, indice d'iode d'Hübl, prise de densité et de pouvoir rotatoire, détermination des quantités de phénylhydrazine absorbées par le carvone; mais tous donnent des résultats inexacts, suivant MM. Kremers et Schreiner (1). Aussi, ces auteurs leur substituent un nouveau procédé basé sur la propriété que possède le carvone de former avec l'hydroxylamine de la carvoxime moins volatile dans la vapeur que les corps qui accompagnent le carvone dans l'essence de carvi. Ce nouveau procédé a été soumis à l'épreuve par MM. Schimmel et Cie, et ne s'est pas montré plus rigoureux que ceux que nous venons de citer, car en opérant avec des mélanges de composition connue, on a constaté des écarts qui allaient jusqu'à 7 p. 100 en moyenne.

Essence de citron. — Cette huile essentielle doit son parfum surtout à la présence du citral, aldéhyde de la formule $C^{10}H^{16}O$ qui existe dans l'essence dans la proportion d'environ 6 à 7 p. 100. Il serait important d'avoir une méthode qui nous permît de doser rigoureusement ce produit dans l'essence. MM. Henry Garnett ont essayé d'effectuer ce dosage en se basant sur la propriété que possèdent les aldéhydes de se transformer en alcools sous l'influence de l'hydrogène naissant, alcools qu'on peut ensuite doser par acétylation et saponification subséquentes avec une solution demi-normale de potasse ou de soude, suivant la méthode préconisée par MM. Schimmel et Cie.

$$\underset{\text{Citrol.}}{C^{10}H^{16}O} + H^2 = \underset{\text{Géraniol.}}{C^{10}H^{18}O}$$

$$\underset{\text{Géraniol.}}{C^{10}H^{18}O} + \underset{\text{Acide acétique.}}{C^2H^3OOH} = \underset{\text{Acétate de géranyle.}}{C^{10}H^{17}OCOCH^3} + H^2O$$

$$\underset{\text{Acétate de géranyle.}}{G^{10}H^{17}OCOCH^3} + \underset{\text{Potasse.}}{KHO} = \underset{\text{Géraniol.}}{C^{10}H^{17}OH} + \underset{\text{Acétate de potasse.}}{C^2H^3O^2K}$$

(1) *Pharm. Review*, vol. XIV, n° 4 (1896).
(2) *Chemist and Druggist*, t. XLVIII (1896), p. 599.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les réactions sur lesquelles s'appuie l'auteur s'effectuent très bien théoriquement, mais il n'en est plus de même en pratique; le citral est, en effet, un corps très *labile*, avec lequel la plupart des réactions sont accompagnées de résinification ou de produits de dédoublement comme la méthylheptinone, le cimène, l'acétone, etc., produits dont la formation fausse les résultats du dosage.

La méthode de M. Garnett a d'ailleurs été soumise à un contrôle rigoureux par les chimistes de MM. Schimmel, qui ont opéré sur des mélanges connus de limonène, de citral et de citronnellal, et les nombres obtenus par eux s'écartaient tellement de la réalité qu'ils considèrent cette méthode comme défectueuse et inapplicable. M. John C. Unmey, de Londres, semble aussi partager cette opinion, car dans le volume XLVIII (1896), p. 614, du *Chemist and Druggist*, il exprime des doutes sur l'application possible de la méthode Garnett, sans toutefois appuyer ses doutes par des données analytiques.

Caractères d'une essence de citron pure. — Falsifications.

Poids spécifique. — Il est situé entre 0,858 et 0,861 à 15°. L'essence de térébenthine ou son mélange avec l'essence d'oranges modifient très peu la densité de l'essence de citron, et peuvent, par suite, ne pas être décelés avec certitude. Il ne faut néanmoins pas omettre cette détermination, car elle permet d'appeler l'attention sur la présence de l'alcool qu'on ajoute assez souvent à l'essence.

Pouvoir rotatoire. — Cette mesure donne des indications d'une plus grande valeur que celles fournies par la densité. A l'occasion du voyage déjà cité à propos de l'essence de bergamote, un des chefs de la maison Schimmel a fait personnellement de nombreuses déterminations en Sicile et en Calabre, et a pu s'assurer que le pouvoir rotatoire de l'essence de citron pure oscille entre + 59° et + 67°. En Sicile, dans les provinces de Messine, Catania et Syracuse, le pouvoir rotatoire était le suivant (1) :

A Messine et environs, à Nizza di Sicilia, l'essence avait le pouvoir rot.	+ 59° à 61°
A Acireale, Santa Teresa di Riva, Scaletta, Sta Lucia, Patti, S. Agata, S. Stefano.	+ 61° à 63°
A Catania, Giarre, Giardini, Acireale, Lentini.	+ 63° à 64°
A Barcellona, Siracusa	+ 64° à 67°

Dans la province de Palerme, en Sicile, le pouvoir rotatoire de l'essence de citron varie entre + 59° et 63°, selon M. Théodore Léone, directeur du Laboratoire municipal de chimie de Palerme.

Enfin, en Calabre, cette même essence possède la déviation polarimétrique

(1) Voir, pour plus de détails, *Bericht.* Schimmel et C°, avril 1896, p. 27.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

+ 59° à + 62°,5. Le produit à falsification le plus commun, l'essence de térébenthine, dévie, selon son origine, soit à droite soit à gauche; dans le cas présent, il aura toujours pour effet d'abaisser le pouvoir rotatoire d'une valeur proportionnelle à la quantité ajoutée. Comme nous le verrons plus loin, une essence de citron, adultérée avec de l'essence de térébenthine, est facile à reconnaître au moyen du polarimètre. La recherche devient plus difficile quand la falsification est opérée avec un mélange d'essence de térébenthine et d'orange à même pouvoir rotatoire que l'essence de citron même. Il faut ajouter qu'une pareille sophistication ne devient possible que lorsque les prix de l'essence d'orange le permettent.

Action de la température sur le pouvoir rotatoire. — Dans la détermination du pouvoir rotatoire, la température de l'essence est à prendre en considération, car, faites à des températures différentes, les mesures s'écartent trop les unes des autres pour qu'on puisse négliger ce facteur. D'un ensemble de recherches faites par Schimmel et Cie (*Bericht*, avril 1895; *Bulletin*, octobre-novembre 1896) il résulte, qu'entre 10° et 20°, il y a une différence de — 9′ par degré, et entre 20° et 30° une différence de — 8°,2 par degré, c'est-à-dire qu'à 10° par exemple, la déviation angulaire de l'essence de citron est de 90′ = 1°30′ plus élevée qu'à 20°. Pour obtenir des nombres comparables, les auteurs proposent de ramener les mesures observées à une température de 20°. Ainsi, opère-t-on la mesure de la déviation à une température au-dessous de 20°, il faudra défalquer du nombre observé autant de fois 9 minutes qu'il y a de degrés au-dessous de 20°. Fait-on les déterminations au-dessus de + 20°, il faudra ajouter au nombre trouvé autant de fois 8′ 2 minutes que le degré de température dépasse + 20°.

Recherche de mélanges d'essences de térébenthine et d'orange. — La méthode repose sur les considérations suivantes. Comme l'essence de térébenthine est en majeure partie formée d'un carbure bouillant vers 158°, le pinène, et que l'essence de citron ne renferme que de petites quantités de principes bouillant au-dessous de 175°; il en résulte, qu'en cas de sophistication avec l'essence de térébenthine, l'essence de citron soumise à la rectification commencera à distiller à une température au-dessous de 175°, et que le pinène s'accumulera dans les premières portions qui passent, où il peut être caractérisé soit par voie chimique, soit par voie polarimétrique. Cette dernière suffit dans la plupart des cas, le pinène ayant un pouvoir rotatoire beaucoup plus faible que l'essence de citron. MM. Schimmel conseillent d'opérer de la façon suivante. Ils se servent d'un ballon à fractionnement, dit de Ladenburg, et recueillent, dans un tube gradué, les premiers 5 centimètres cubes sur un volume de 50 centimètres cubes d'essence de citron soumis à l'essai. On débarrasse le produit de l'eau qui passe en même temps, on filtre et on examine au polarimètre dans un tube de 20 millimètres, en ayant soin de noter la température. Le résultat obtenu est ramené à 20° comme

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

il est dit plus haut. Les auteurs ont opéré sur les mélanges connus suivants :

	Angle de rotation à 20° pour une longueur de 100 mm.	Densité à 15°.
Essence de citron	+ 61°52′	0.8581
— d'orange	+ 96°23′	0.8507
— de térébenthine française	+ 28°24′	0.8977
— de térébenthine américaine	+ 6°2′	0.8766

Mélange A.

71 p. 100 d'essence d'orange 29 — d'essence de térébenthine française	+ 60°22′	0.8559

Mélange B.

60 p. 100 d'essence d'orange 40 — d'essence de térébenthine américaine	+ 60°49′	0.8606

Soumises à la distillation comme il est dit plus haut, les premières fractions (10 p. 100 de la quantité mise en œuvre) ont donné :

	Angle de rotation à 20°	Rotation des premières 10 p. 100 à 20°.	Différence.
I. Essence de citron	+ 61°52′	+ 58°,55′	— 2°57′
II. 90 p. 100 d'essence de citron 10 — du mélange A.	+ 61°45′	+ 54°,28′	— 7°17′
III. 90 — d'essence de citron 10 — du mélange B.	+ 61°42′	+ 56°,52′	— 4°50′
IV. 80 — d'essence de citron 20 — du mélange A.	+ 61°26′	+ 49°,50′	— 11°36′
V. 80 — d'essence de citron 20 — du mélange B.	+ 61°35′	+ 54°,14′	— 7°21′

Si on fait le calcul, le mélange II, par exemple, ne renferme que 3 p. 100 d'essence de térébenthine, et, comme on le voit, la différence du pouvoir rotatoire des 10 centimètres cubes d'essence distillée et celui d'essence primitive est de 7°.17.

Il faut remarquer que les chiffres obtenus ne sont pas absolus, mais dépendent dans une large mesure de la nature de l'appareil à distillation comme de la manière dont la distillation a été conduite.

Pour l'application de cette méthode, il est à recommander d'avoir sous la main une essence pure, de façon à pouvoir faire la comparaison.

Conservation de l'essence. — Il résulte d'essais effectués par MM. Schimmel que l'essence se conserve le mieux en remplissant les conditions suivantes :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1° L'accès de l'air, comme sa présence préalable dans le vase où se fait la conservation, doit être soigneusement évité.

2° L'accès de la lumière est préjudiciable, toutefois beaucoup moins que celui de l'air.

3° Une dessiccation de l'essence au moyen du sulfate de soude est non seulement inutile, mais exerce encore une influence préjudiciable.

D'où il faut pratiquement conclure qu'on ne doit conserver l'essence de citron que dans l'obscurité, dans des vases ou dans des bouteilles remplis jusqu'au goulot et bien bouchés.

Essence de cumin. — Selon M. L.-J. Wolpian (1), le cymène contenu dans cette essence est du paraméthylisopropylbenzène, identique avec le cymène du camphre et avec celui contenu dans d'autres huiles essentielles. Quant au terpène qui l'accompagne et qui bout à 157°-158°, l'auteur croit qu'il s'agit d'un nouveau carbure $C^{10}H^{16}$, car il n'a pu réussir à l'identifier avec les terpènes connus. Selon Schimmel, les raisons invoquées en faveur de ce nouveau terpène ne sont pas suffisantes pour qu'on admette son existence.

Essence de fenouil. — M. John Unmey (2) a distillé du fenouil du Japon et a obtenu environ 2,7 p. 100 d'une essence de densité 0,9754 à 15°, et de pouvoir rotatoire 15°,5 pour une longueur de 100 millimètres. Son point de solidification était de — 7° (+ 7° probablement). Elle renfermait 10,2 p. 100 de fenone. Cette essence ne diffère donc guère des essences normales d'autre provenance.

Essence de géranium. — L'essence fournie par les différentes variétés de pelargonium cultivées dans le sud de la France, en Algérie, en Espagne, à la Réunion, etc., a été l'objet de nombreuses recherches dans ces dernières années, parce qu'elle renferme du géraniol et un alcool de $C^{10}H^{20}O$ (rhodinol, réuniol, roséol, citronellol) identique avec celui qui se trouve dans l'essence de roses, où il est d'ailleurs aussi accompagné de géraniol. Nous reviendrons sur ce sujet à propos du rhodinol.

Suivant Schimmel et C^ie^, l'essence de géranium doit se dissoudre dans trois parties d'alcool à 70°.

On sait que sous le nom d'essence de *géranium des Indes*, on importe en Europe, et surtout en Turquie, de l'essence de palmarosa provenant de la distillation de l'*Andropogon schœnanthus*. Selon Schimmel, cette essence servirait en partie à falsifier l'essence de roses turque, et le restant serait vendu sous le nom d'essence de géranium de Turquie.

Les chimistes de la maison Schimmel et C^ie^ ont soumis cette essence à une étude minutieuse, et ont trouvé que les échantillons analysés renfermaient de

(1) *Pharm. Zeitschr. f. Russland*, 35 (1896), p. 97, 113, 129, 146 et 161.
(2) *Pharm. Journal*, t. 57, p. 91.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

76,9 à 91,03 p. 100 de géraniol, dont 68 à 83,5 p. 100 à l'état libre et le reste sous la forme de combinaisons avec des acides.

Ils ont soumis 100 kilogrammes de cette essence à la saponification et ont cherché la nature des acides combinés, sous formes d'éthers, au géraniol. Ils ont trouvé que ces acides étaient constitués par un mélange à parties à peu près légales d'acideacétique et d'acide capronique normal.

Ils ont en outre trouvé environ 1 p. 100 de dipentène et admettent aussi la preuve de traces de méthylhepténone.

Essence de girofles. — Dans le cours d'une distillation de grandes quantités de girofles, MM. Schimmel ont constaté la formation de notables quantités d'*alcool méthylique* et de *furfurol*. La formation de cette aldéhyde est digne d'attention, en ce sens qu'elle est peut-être la cause de la coloration brune que prend l'essence de girofles ainsi que d'autres essences.

Essence de lavande. — La majeure partie de ce produit consommée dans la parfumerie est de fabrication française. Ce sont les départements de la Drôme, du Gard, de l'Hérault, des Alpes savoyardes qui fournissent la plante employée pour la distillation, et il est reconnu, d'après Schimmel, que ce sont les essences originaires de certaines régions montagneuses qui possèdent l'arome le plus fin.

Parmi les corps constituants de l'essence de lavande, l'acétate de linalyle, avec de petites quantités d'acétate de géranyle, sont les plus importants, et, selon Schimmel, la qualité de l'essence dépend de sa teneur en éthers. Comme pour l'essence de bergamote, cette manière de voir n'a, bien entendu, rien d'absolu ; il faut, outre cela, que l'essence possède les qualités de finesse qui ne peuvent être appréciées que par le parfum qu'elle dégage. Quoi qu'il en soit, l'industrie de cette essence a tout intérêt de veiller à ce que ses produits renferment le maximum d'éthers. Dans la distillation de cette huile, comme dans toutes celles qui renferment des éthers composés, il convient de se servir d'appareils perfectionnés et de conduire rationnellement la distillation. Toute surchauffe est nuisible, car sous l'influence des vapeurs d'eau, les éthers composés, comme l'acétate de linalyle, sont saponifiés en acide acétique et linalool. Ces faits reçoivent une justification dans la manière dont on est obligé de préparer l'essence de bergamote dont la valeur est également subordonnée à sa teneur en éthers composés et particulièrement en éther acétique de linalool. Soumet-on les fruits de bergamote à la distillation, au lieu de les pressurer pour en extraire l'essence, la qualité de cette dernière devient des plus médiocres, la teneur en éthers tombant de 35 p. 100 à 5 p. 100.

Voici les caractères que doit présenter une bonne essence de lavande :

Poids spécifique. — Il doit être situé entre 0,885 et 0,895 à 15°. Une addition d'alcool ou d'essence de térébenthine abaisse cette densité, tandis que l'essence de cèdre ou d'aspic la rehausse.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pouvoir rotatoire. — Sous une épaisseur de 100 millimètres, elle dévie la lumière polarisée de 4° à 8° à gauche. Parmi les produits qui servent à falsifier l'essence de lavande, l'essence de térébenthine française comme l'essence de cèdre augmentent très sensiblement le pouvoir rotatoire, tandis que l'essence d'aspic le diminue dans une très faible mesure.

Solubilité. — L'essence de lavande se dissout dans 3 volumes d'alcool à 70° et la solution ne se trouble pas par une addition ultérieure d'alcool. L'essence de térébenthine et celle de cèdre diminuent la solubilité, tandis que celle d'aspic n'a aucune influence.

Teneur en éthers. — La détermination se fera exactement comme celle de l'essence de bergamote, et le calcul des résultats se fait au moyen de la même formule.

$$x = \frac{19.6\frac{y}{2}}{g}$$

Suivant Schimmel, la teneur en éthers d'une bonne essence de lavande ne doit pas être au-dessous de 30 p. 100 ; les essences les plus fines en contiennent cependant 40 p. 100 et même davantage.

Essence de menthe. — Les principaux pays producteurs de l'essence de *menthe poivrée* sont l'Amérique, le Japon et l'Angleterre. On en cultive aussi en Bohème, en Saxe, dans le nord de l'Italie et en Russie.

En *Amérique*, ce sont les États du Michigan (avec une production de 133 000 livres américaines), de l'Indiana (production d'environ 20 000 livres) et de New-York (production d'environ 29 000) qui fournissent la presque totalité d'essence de cette origine.

Dans l'État de New-York, 1 586 acres (1) sont consacrés à cette culture, et dans l'État du Michigan, se trouve le plus grand champ de culture *du monde*. Ses sillons n'ont en effet pas moins de 1 mille de long (1 600 mètres).

L'essence de menthe anglaise (Mitcham) est toujours en vogue par suite de ses qualités de finesse dont aucune recherche chimique n'a encore pu déterminer la cause.

L'essence du Japon arrive en grandes quantités en Europe. Dans l'intervalle du 1er janvier au 30 juin de cette année, le Japon a exporté 33 279 cätties (2) (42 663kil,678) d'essence liquide privée de menthol, et d'essence renfermant de 40 à 50 p. 100 de ce stéaroptène. En 1894 l'exportation a atteint 57 807 cätties.

(1) L'acre américaine vaut 40, 46 ares.
(2) Le cättie chinois = 1 282 grs.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'essence de Saxe est fournie par les plantations de la maison Schimmel, qui cherche à s'affranchir du marché anglais.

MM. Schimmel ont en vain cherché à déterminer les constantes physiques et chimiques d'un ensemble d'essences de menthe poivrée dans le but d'arriver à les différencier. Les principes qui, selon les uns, paraissent donner de la valeur à une essence sont le menthol et ses éthers. Or, la quantité de ces derniers contenue dans une essence varie suivant la manière dont elle est distillée, suivant aussi l'époque à laquelle la plante a été traitée. Il est donc impossible, d'après cela, d'avoir des données caractéristiques sur cette essence, en se basant uniquement sur sa teneur en menthol ou en ses éthers.

D'après d'autres auteurs, comme M. Bukowsky (*Pharmac. Zeit. Russland*, (34) (1895) 739), il conviendrait de doser les éléments non saturés contenus dans l'essence de menthe, pour en déduire la qualité, celle-ci dépendant « du minimum de combinaisons non saturées et du maximum de corps saturés que l'essence renferme ».

Ce critérium n'a aucune valeur, car nous ignorons encore aujourd'hui ce qui contribue à donner de la finesse à une essence de menthe. Cette manière de voir conduirait à faire de l'essence du Japon la meilleure, puisque c'est de toutes les similaires celle qui renferme le plus de menthol, corps qu'on peut regarder comme saturé.

M. John C. Unmey (*Pharmac. Journal*, 1896, t. LVI, p. 123, t. LVII, p. 103) a soumis les essences de menthe blanche et de menthe noire à une étude approfondie.

La variété de menthe noire est cultivée de préférence par les Anglais, à cause de sa plus grande résistance et de sa haute teneur en essence. Ces deux variétés sont cependant botaniquement identiques et ne diffèrent que par les caractères extérieurs.

La menthe noire possède des tiges d'un rouge pourpre et des feuilles légèrement dentelées d'un vert foncé ; elle fleurit rarement en Angleterre.

La menthe blanche a des tiges blanches, des feuilles lancéolées d'un vert plus clair, et plus profondément dentelées ; les fleurs sont grises.

L'odeur des deux essences varie ; celle de l'essence de menthe blanche est plus fine et n'est point piquante comme celle de la variété noire.

De plus, l'essence de menthe blanche renferme à l'état d'éthers 14 p. 100 de menthol, tandis que l'essence noire n'en contient que 7 p. 100.

Les mêmes variétés, cultivées en Amérique, ne donnèrent point les mêmes résultats.

Une essence de menthe noire (*Wayne county*, N. Y. et Michigan) accusa 12 p. 100 de menthol éthérifié.

Unmey attribue, avec raison, ces différences à l'influence du climat et du sol.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MM. Power et Kleber ont également analysé des essences. Voici les résultats observés.

	Poids spécif. à 15°.	Déviation 100 mm.	Éthers de menthol.	Menthol libre.	Totalité de menthol.	Menthone.
Essence de menthe noire. . . .	0.9036	— 25°,5	3.7	59.4	63.1	11.3
— blanche. . .	0.9058	— 33°,0	13.6	51.9	65.5	9.2

	Par refroidissement à — 4°.	Coloration avec l'acide azotique.
Essence de menthe noire. . . .	s'épaissit.	Coloration bleu clair.
— blanche. . .	reste liquide.	Coloration bleu vert foncé avec fluorescence cuivrée.

Selon Schimmel, la teneur en éthers des essences de menthe ne permet pas de distinguer avec certitude la blanche de la noire.

En ce qui concerne la coloration bleue que produisent les acides sur les essences de menthe, on a constaté que son intensité augmentait avec la teneur en éthers.

Les chimistes de la maison de Garfield (N. Y.) ont isolé, parmi les produits constituants de l'essence de menthe américaine, de l'alcool amylique et du sulfure de diméthyle $(CH^3)^2S$. Ce dernier a été caractérisé en distillant 50 centimètres cubes d'essence, recueillant le premier centimètre cube et le versant dans une solution de bichlorure de mercure. On obtient ainsi à la surface de séparation des deux liquides une peau blanche caractéristique. MM. Schimmel admettent d'ailleurs que cette essence renferme d'autres combinaisons sulfurées à point d'ébullition plus élevé, car vers le milieu de distillation on perçoit manifestement l'odeur de navets pourris.

Enfin MM. Schimmel signalent dans leur dernier Bulletin une relation que M. Marx a faite à la Société allemande des sciences naturelles et ethnologiques de l'Asie Orientale (t. VI (1896) fasc. 57, p. 335), sur la façon primitive dont on prépare l'essence de menthe au Japon, et sur une des causes d'infériorité de ce produit vis-à-vis de ceux d'Europe et d'Amérique. L'odeur de brûlé que possède cette essence japonaise tient uniquement aux défectuosités des appareils et au peu de soin donné à la distillation.

Essence d'orange. — La *densité* de cette essence est de 0,848 à 0,852 à 15°. L'addition d'essence de térébenthine ou d'essence de citron ne la modifie pas sensiblement; il n'en est pas de même de l'alcool.

Pouvoir rotatoire. — L'essence d'orange est de toutes les huiles essentielles celle dont le pouvoir rotatoire est le plus élevé, à cause des quantités notables de limonène qu'elle renferme. Toutes les essences introduites avec une intention frauduleuse abaissent le pouvoir rotatoire. Celui-ci est surtout modifié par l'introduction d'essence de térébenthine, beaucoup moins par l'addition d'essence de citron. Le pouvoir rotatoire normal = + 96° à + 98° à 20°. Le pouvoir rotatoire

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de l'essence d'oranges amères paraît être quelquefois moins élevé, + 92° environ, bien que souvent d'autres échantillons aient le même pouvoir que ceux d'essence d'oranges douces.

Influence de la température sur le pouvoir rotatoire. — Les changements de température influent encore bien plus sur le pouvoir rotatoire de l'essence d'orange que sur celui de l'essence de citron. Pour un intervalle d'un degré, la différence est de

14',5	entre	10° et 20°
13',2	—	20° et 30°

Pour avoir des nombres comparables, il est nécessaire de ramener la déviation observée à 20°. Quand la détermination polarimétrique aura été faite à une température au-dessous de 20°, on défalquera du chiffre trouvé autant de fois le nombre 14',5 qu'il y a de degrés de différence entre 20° et la température observée, et inversement, quand la mesure aura été faite au-dessus de 20°, on ajoutera au nombre trouvé autant de fois 13',3 qu'il y a de degrés de différence entre 20, et la température à laquelle la mesure a été faite.

Essai de distillation. — En cas de falsification avec l'essence de térébenthine, on soumet le produit à la distillation et on recueille les premières portions. Le pinène de l'essence de térébenthine passera en premier lieu ; on le reconnaîtra par son pouvoir rotatoire.

Essai de solubilité. — Inapplicable dans le cas de l'essence d'orange comme dans celui de l'essence de citron.

Conservation. — Elle doit se faire comme avec l'essence de citron.

Essence de roses de Turquie. — On sait depuis longtemps que cette essence est sujette à de nombreuses falsifications avec de l'essence de géranium des Indes (*Andropogon schœnanthus*). Il résulte en effet d'un rapport du consul d'Angleterre, résidant à Sofia, et d'une communication insérée dans le *Chemist and Druggist*, que les paysans arrosent d'essence de géranium les fleurs fraîches de roses avant leur distillation, pour augmenter le rendement en essence, et que dans le courant de l'année, on a introduit en Bulgarie, dans ce but, au moins 22 000 onces d'essence de géranium, dont 14 000 d'une façon clandestine.

Étant donnés les prix auxquels on livre l'essence de roses en Perse, il est aussi à supposer que cette essence subit des pratiques frauduleuses. Selon Schimmel, ce serait le bois de Santal qui serait mélangé aux roses au moment de la distillation, qui fournirait le produit nécessaire à la sophistication.

Essence de roses allemande. — 265 000 kilogrammes de roses ont fourni à MM. Schimmel 60 kilogrammes d'essence.

Sous le nom de *géraniol à la rose* au 1000e, cette maison prépare un parfum en distillant 1 kilogramme de géraniol avec 1 000 kilogrammes de roses.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ce produit a le poids spécifique 0,876 à 25°, et se solidifie à + 13°,5.

Le *géraniol à la rose* au 2500e est obtenu en distillant 2500 kilogrammes de roses avec 1 kilogramme de géraniol.

Son poids spécifique = 0,872 à 25°, et son point de solidification est situé à 17,50.

Essence de roses française. — On sait qu'outre le stéaroptène qui serait constitué par un ou deux hydrocarbures, l'essence de roses renferme du géraniol et un autre alcool auquel on a successivement donné les noms de rhodinol, roséol, réuniol, citronellol, alcool qui se trouverait en même temps dans l'essence de géranium d'Afrique, de France, et de la Réunion. Or, ce composé vient d'être isolé à l'état de pureté et identifié avec le produit de réduction du citronellal, d'où le nom de citronellol que M. Tiemann lui a donné, et il se trouve qu'il ne possède qu'une faible odeur de rose. Ce n'est donc pas exclusivement à ce composé qu'est dû le parfum que dégage la rose, et d'après les travaux récents de MM. J. Dupont et J. Guerlain d'une part (*Comptes rendus*, t. CXXIII, p. 700) et MM. E. Charabot et G. Chiris d'autre part (*Comptes rendus*, t. CXXIII, p. 752), il semblerait en effet que l'essence renferme des éthers. MM. J. Dupont et J. Guerlain comparent d'abord les essences françaises aux essences turques et remarquent qu'il y a une différence notable dans les constantes physiques. Si l'on met en regard les constantes physiques de l'essence de Schimmel, on constate d'autre part qu'elles s'accordent sensiblement avec celles des essences françaises.

	France 1895.	France 1896.	Schimmel.	Bulgare.
Densité à 30° (par rapport à l'eau à 15°) .	0.8225	0.8407	0.855 (à 20°)	0.8650
Déviation à 30° ($l = 100^{mm}$).	— 6°45′	— 8°3′		— 3°30′
Teneur p. 100 en stéaroptine.	35	26	28 à 32	6 à 13

L'augmentation de la densité de l'essence turque, son faible pouvoir rotatoire et sa teneur en stéaroptène semblent justifier l'opinion qui a cours que cette essence est falsifiée avec une autre huile essentielle plus dense, moins active sur la lumière polarisée ou même dextrogyre, toutes conditions remplies par l'essence de géranium des Indes. MM. Dupont et Guerlain, ainsi que MM. Charabot et Chiris donnent une autre interprétation de cette différence fondamentale des deux essences, et admettent que dans le cours de la distillation, l'essence de roses bulgare subit une saponification qui a pour effet d'abaisser son pouvoir rotatoire, celui-ci étant dû à la présence d'un éther fortement levogyre. Les savants français ont confirmé les données de M. Bertram et celles de MM. Bertram et Gildemeister relativement au stéaroptène et au géraniol contenus dans l'essence de roses. Le premier est constitué par un mélange de deux carbures dont l'un fond à 39° et l'autre à 24° (40°-41° et 22°, suivant M. Bertram). Le géraniol se trouve dans la partie liquide séparée du stéaroptène, soit à l'état libre, soit à l'état

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

combiné, car cette partie, traitée par de la potasse alcoolique, a fourni un liquide lévogyre insoluble, dont on a pu extraire le géraniol. Quant à la solution potassique, elle a donné, par précipitation avec un acide, un trouble abondant qui a disparu par agitation avec de l'éther. La solution éthérée fournit aussi par évaporation un acide sirupeux, d'une odeur particulière, intense, dont les auteurs poursuivent l'étude.

MM. Eug. Charabot et G. Chiris corroborent ces faits par l'étude de l'eau de roses. Celle-ci a une réaction manifestement acide et les échantillons analysés montrent une acidité correspondant à $0^{gr},0003$ d'acide acétique par litre, ou à la saponification de 0,00098 d'éther exprimé en $C^{10}H^{17}OCOCH^3$, par litre d'eau qui distille.

Aucun des auteurs que nous venons de citer n'a fait allusion au rhodinol que renferme l'essence de roses. Le pouvoir rotatoire — 7°35′ à — 8°12′ de la partie de l'essence séparée du stéaroptène et saponifiée, prouve qu'outre le géraniol, qui est inactif, il existe un autre principe lévogyre qui n'est autre que le rhodinol, reuniol ou citronellol, comme l'ont d'ailleurs nettement montré MM. Tiemann et Schmidt dans leurs recherches sur l'essence de roses. Ce citronellol isolé par ces savants était lévogyre (— 4°20′ pour une largeur de 100 millimètres).

Essence de Santal (*bois de*) *des Indes orientales.* — Les caractères qu'on est en droit de demander à cette esence sont les suivants. Le poids spécifique ne doit pas être situé au-dessous de 0,975 à 15°. Une partie d'essence doit se dissoudre dans cinq parties d'alcool à 70°, à une température de 20°. Le pouvoir rotatoire pour $l = 100$ millimètres doit être de — 17° à — 20°. Enfin elle doit renfermer au moins 90 p. 100 de santalol qu'on peut doser suivant la méthode de M. Parry (*Pharm. Journal*, LV, 118).

Essence de Wintergreen. — En 1894, M. Bourquelot montra que les racines de différentes espèces de *Polygala* ainsi que les tiges du *Monotrapa hypopitys* fournissent, par distillation avec de l'eau, du salicylate de méthyle, et il émit l'opinion que cet éther provenait du dédoublement d'un glucoside sous l'influence d'un ferment. Les nouvelles recherches de l'auteur ont confirmé cette opinion, tout au moins en ce qui concerne le *Monotrapa hypopitys*. En extrayant cette plante par l'alcool, etc., il isola une masse visqueuse qui, chauffée avec de l'acide sulfurique étendu, donna du salicylate de méthyle. Il constata en outre que dans les racines de *Spirea ulmaria*, de *S. filipendula* et *salicifolia*, comme dans celles de *Polygala*, dans les écorces de *Betula lenta*, dans les feuilles de *Gaultorea præcumbens* et dans les pétales d'Azaléa il existe un ferment qui scinde le glucoside du *Monotropa hypopitys* en sucre et en salicylate de méthyle. Ce glucoside est probablement identique avec la gaulthérine que MM. Schneegans et Gerock (*Archiv. Pharmac.*, 1894, 439) ont extrait de l'écorce de *Betula lenta*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

D'après les données de ces derniers auteurs, la gaulthérine ne serait dédoublée ni par la ptyaline de la salive, ni par l'émulsion des amandes, ni par la diastase de l'orge ; selon M. Bourquelot, le glucoside du *Monotropa hypopitys* se comporte de la même façon.

ESSENCES NOUVELLES

Dans leur Bulletin, MM. Schimmel signalent une essence extraite du bois de *Quipita* importé du Vénézuela qui, à la distillation, en fournit environ 1 p. 100. Cette essence est d'un jaune clair, d'une odeur spéciale, pas précisément agréable, qui rappelle celle de l'essence de térébenthine. Elle est lévogyre $\alpha_0 = -34° 31'$ à 18° ($l = 100$ millimètres). Son poids spécifique = 0,934 à 15°. D'après son coefficient de saponification 2,9, il ne peut exister que de petites quantités d'éthers dans cette huile. Après acétylation on a trouvé un coefficient de saponification de 40,2, d'où l'on peut également conclure que les quantités d'alcools contenus dans l'essence ne sont pas très importantes (2).

(1) *Comptes rendus*, 1894, t. 119, p. 802.

(2) La deuxième partie de ce mémoire, consacrée aux *Parfums à composition définie*, paraîtra prochainement.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MÉTALLURGIE

REVUE DES PROGRÈS RÉCENTS DE LA MÉTALLURGIE DU FER

par **M. E. de Billy**, *ingénieur au Corps des Mines, et* **M. Ed. Julhiet**, *ingénieur civil des Mines.*

Pour être complète, une revue des progrès récents de la métallurgie du fer devrait renfermer des renseignements très détaillés sur la question des alliages et sur celle de la constitution des fers et aciers, envisagée notamment dans son rapport avec les propriétés physiques et chimiques de ces métaux. Ces questions ont été, en effet, durant l'année qui vient de s'écouler, l'objet de travaux de plus en plus sérieux, nombreux et intéressants. Nous renoncerons cependant, pour cette année du moins, à les traiter comme elles le mériteraient : tout d'abord, parce que les lecteurs du *Bulletin de la Société d'Encouragement* ont été mis à même de lire, sur ces sujets, des mémoires originaux ou des traductions de mémoires peu de temps après leur publication à l'étranger; en second lieu, parce que, sur l'une comme sur l'autre question, les essais se multiplient, les théories s'ébauchent, et la pratique industrielle commence à en tirer un réel profit; mais il serait encore prématuré de chercher à fixer, par un exposé sommaire, l'état de questions sans cesse en transformation, et pour traiter ces questions d'une manière même incomplète, nous serions amené à dépasser les cadres de cette étude (1).

Laissant donc de côté, malgré leur vif intérêt, ces deux ordres de questions, nous nous proposons de suivre, d'après leur ordre rationnel, les diverses opérations de la métallurgie, et de signaler les principaux progrès effectués depuis dix-huit mois.

TRAITEMENT PRÉALABLE DES MINERAIS

Diverses publications de M. le professeur Jordan, parues en 1895, avaient appelé l'attention sur les procédés de grillage des minerais carbonatés, et sur les économies possibles à réaliser dans ce traitement (2). A la dernière réunion de l'*Iron and Steel Institute*, tenue en septembre 1896 à Bilbao, M. le professeur Wedding a traité dans sa généralité la question du grillage des minerais, carbo-

(1) Voir notamment, sur ce sujet, le récent article de M. H. Le Chatelier, sur l'*État actuel des théories de la trempe de l'acier*, dans la *Revue générale des sciences pures et appliquées* (n° du 15 janvier 1897).

(2) Voir Revue de métallurgie, *Bulletin de la Société d'Encouragement*, sept. 1895.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

natés ou non (1), dans un Mémoire qu'il nous paraît intéressant de résumer ici en quelques mots.

L'article de M. Wedding est principalement consacré à l'étude de la concentration magnétique, qui a récemment été l'objet, en Amérique et en France, d'applications intéressantes; mais pour traiter son sujet avec toute l'ampleur nécessaire, l'auteur a été amené à passer en revue les diverses variétés de grillage, à exposer les principes sur lesquels reposent ces traitements, et les conditions pratiques dans lesquelles on doit les appliquer.

En dehors des cas où l'on doit griller le minerai pour en éliminer le soufre, cette opération peut avoir un double but: changer la condition physique ou chimique du minerai.

Le rôtissage, suivi d'une immersion ou simplement d'un refroidissement lent à l'air, rend certains minerais moins compacts; il en est même pour lesquels cette opération ne peut être pratiquée sans ménagements, sous peine de les réduire en poudre. On conçoit que dans certains cas il soit avantageux, au point de vue du traitement ultérieur au haut fourneau, de soumettre les minerais à un traitement préalable qui les rende plus poreux.

Mais c'est surtout au point de vue des changements d'état chimique que se pratique le grillage. La chaleur provoque le départ de l'eau d'hydratation, de l'acide carbonique des carbonates, enfin elle agit sur le degré d'oxydation.

La combinaison des oxydes FeO et Fe^2O^3 avec l'eau s'effectue avec absorption de chaleur; il s'ensuit que la décomposition des hydrates $FeOH^2O$ ou $Fe^2O^3 3H^2O$ est facile; la température à laquelle débute la réaction est relativement basse, et la quantité de chaleur absorbée par le changement d'état de l'eau est en grande partie compensée par celle que dégage la décomposition de l'hydrate: théoriquement, il suffit de 359 calories pour mettre en liberté 1 kilogramme d'eau correspondant à 4 kilogrammes d'oxyde $Fe^2O^3 3H^2O$. Le grillage des hématites brunes est donc pratiquement inutile; cette opération exige trop peu de chaleur pour qu'il puisse être économique de la réaliser dans un appareil distinct : tandis que, dans le haut fourneau, elle constitue une bonne utilisation de la chaleur perdue des gaz.

Au contraire, la décomposition du carbonate de fer exige une quantité de chaleur relativement forte: 259 calories par kilogramme environ; de plus, elle ne s'achève qu'à une température assez haute. Le traitement direct des carbonates au haut fourneau a donc pour conséquence d'absorber une assez grande somme de chaleur, qu'on pourrait produire, et utiliser plus économiquement

(1) Le vol. II de 1896 du *Journal of the Iron and Steel Institute* n'a pas encore paru; mais les mémoires lus à la réunion de septembre, ainsi que les discussions qui ont suivi ces lectures, ont été publiés dans divers journaux techniques anglais : l'*Engineering* (divers numéros de septembre et octobre), l'*Ironmonger* du 5 sept. 1896, etc.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans un appareil spécial, et de mettre en liberté l'oxyde dans une zone chaude, où sa réduction se fait dans des conditions économiques défectueuses, avec production d'oxyde de carbone, au lieu d'acide carbonique. Il y a donc avantage à griller préalablement les carbonates.

Enfin, il peut être avantageux de griller aussi les oxydes magnétiques. Grillés à basse température, avec accès d'air, ces minerais passent graduellement à un degré supérieur d'oxydation : Fe^6O^7 se transforme en Fe^3O^4, puis en Fe^2O^3; or ce dernier oxyde se comporte, au haut fourneau, d'une manière infiniment plus économique que les autres. Ceci s'explique par deux raisons : en premier lieu, la réaction, indiquée par sir L. Bell, et par M. Gruner, de l'oxyde de carbone sur le minerai, à des températures voisines de 400° C., qui a pour conséquence de décomposer l'oxyde de carbone en carbone et acide carbonique, est beaucoup plus active sur l'oxyde Fe^2O^3 que sur les oxydes magnétiques; en second lieu, la réduction des oxydes magnétiques par l'oxyde de carbone ne commence qu'à des températures plus élevées; et, dans la cuve du haut fourneau, ces minerais parviennent presque intacts dans la zone où l'oxyde de carbone n'agit plus, et où seul le carbone entre en jeu. M. Wedding rappelle à ce propos les expériences de Wiborgh (1) et de Kosmann (2), qui, traitant des minerais par des courants de CO sous l'influence de la chaleur, ont obtenu, en partant de l'oxyde Fe^2O^3, des composés tenant 45 à 55 p. 100 de fer libre ($4FeO + 4Fe$ ou $3FeO + 5Fe$); tandis qu'en partant de l'oxyde Fe^3O^4, ils obtenaient des produits tenant 9 à 19 p. 100 de fer libre seulement ($Fe + 8FeO$ ou $2Fe + 7FeO$).

Au point de vue de l'économie du traitement au haut fourneau, il peut donc être avantageux de soumettre les magnétites à un grillage oxydant, à basse température. Lorsqu'il s'agit de minerais particulièrement difficiles à traiter, comme les magnétites à gangue de silicate de protoxyde, cette opération s'impose.

Ces considérations doivent aussi servir de guide pour le grillage des carbonates : soumis à la chaleur, le carbonate de fer dégage un mélange d'oxyde de carbone et d'acide carbonique; et, suivant que l'opération est conduite à l'abri de l'air, ou avec un accès d'air plus ou moins grand, l'oxyde restant est de l'oxyde magnétique Fe^6O^7, de l'oxyde magnétique Fe^3O^4, ou du sesquioxyde Fe^2O^3. C'est cette dernière composition qu'il s'agit d'obtenir; il convient donc de soumettre les carbonates à un grillage modéré, avec large accès d'air.

Rappelons, comme l'a démontré M. Jordan, que cette formule de traitement, si elle amène des économies au haut fourneau, est aussi plus économique au four de grillage, car la chaleur d'oxydation compense à peu près exactement la chaleur de décomposition du carbonate ; et, de fait, dans les fours modernes convenablement agencés, on est parvenu à griller les carbonates de Bilbao avec

(1) *Stahl u. Eisen*, 1888, n° 1.

(2) *Ibid.*, n° IX. — *Journal of the Iron and Steel Institute*, 1888, n° II, p. 232.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des consommations de combustible variant de 4 à 6 p. 1000 du poids de minerai traité.

Mais le grillage a souvent pour objet la concentration : il s'agit non plus de préparer un traitement économique au haut fourneau, mais de séparer l'oxyde de fer d'une gangue dont l'abondance ou la composition nuirait à une bonne fabrication. Il faut alors broyer le minerai en grains dont la grosseur correspond à la grosseur moyenne des grains de l'oxyde dans la gangue, soumettre la roche ainsi broyée à un grillage convenable, et, grâce aux propriétés magnétiques de l'oxyde ainsi produit (Fe^6O^7 ou Fe^3O^4) il suffit d'un dispositif assez simple, basé sur l'emploi d'aimants puissants, pour séparer l'oxyde de la gangue. Ces procédés étaient depuis longtemps connus, et appliqués aux États-Unis aux minerais magnétiques naturels; mais depuis quelques années, on a essayé avec succès de les appliquer, avec grillage magnétique préalable, aux hématites rouges (Birmingham, Alabama, États-Unis) (1) et aux carbonates (Allevard) (2).

L'hématite se transforme en magnétite par un grillage à haute température, même avec un léger excès d'air; à température modérée, un courant réducteur produit rapidement cette transformation; à basse température, l'action la plus énergique est celle de l'hydrogène; à plus haute température, l'oxyde de carbone convient surtout; en pratique, les meilleurs résultats ont été obtenus avec le gaz à l'eau ordinaire. Le carbonate grillé sans accès d'air se transforme, comme on l'a vu plus haut, en oxyde magnétique; on peut aussi avec avantage le soumettre à un courant réducteur.

Les applications de cette méthode sont variées : le grillage magnétique peut en principe se combiner avec le grillage désulfurant : car si ce traitement a forcément pour résultat de produire l'oxyde Fe^2O^3, même avec les magnétites naturelles, un traitement approprié, — coup de feu énergique, ou courant réducteur — rend à cet oxyde les propriétés magnétiques. On peut ainsi traiter tous les minerais naturels. Cependant, il faut reconnaître que le grillage à mort, nécessaire pour faire disparaître les dernières traces de soufre, n'est pas toujours possible : avec les gangues siliceuses, on aura à craindre la scorification; aussi le traitement préconisé par le Dr Wedding n'a-t-il, croyons-nous, de chances d'application pratique qu'aux minerais exempts de soufre.

La méthode la plus économique, même pour les carbonates, paraît être celle fondée sur l'emploi d'un courant réducteur; les appareils sont des plus simples : fours à cuve, pour les minerais en morceaux ou en grains; fours à étages en zigzag, pour les poussières. L'essentiel, pour une bonne opération, est d'employer des morceaux de grosseur égale. Dans la construction des appareils, certains

(1) Phillips, *Trans. American Institute of mining Engineers. Atlanta Meeting*, octobre 1895.
(2) Wedding, *Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbfleisses*, 1895, p. 363.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

principes recommandés par M. Wedding sont à observer : les gaz réducteurs doivent pénétrer dans le four à un niveau notablement supérieur à celui des portes de déchargement; et celles-ci doivent être établies avec le plus grand soin, blindées, de manière à être étanches. Il y a toujours avantage à séparer le chauffage de la réduction du minerai, et à employer ainsi les gaz de deux manières bien distinctes : le meilleur moyen consiste à avoir une chambre de combustion enveloppant la partie supérieure du four, et disposée de telle manière que seuls les gaz chauds pénètrent dans le four, sans que la combustion s'y poursuive. Entre les ouvreaux qui leur donnent accès, et ceux par lesquels pénètrent, à un niveau inférieur, les gaz chauds, il faut que la distance soit assez grande; enfin, la condition nécessaire d'une bonne opération est que la température de toutes les parties du four soient exactement réglées : l'emploi du pyromètre est ici à recommander.

Le grillage magnétique est toujours une opération coûteuse; aussi cette méthode de concentration sera-t-elle rarement avantageuse pour le haut fourneau : en particulier pour des minerais, même pauvres, à gangue calcaire, elle est absolument inutile. Mais ce n'est pas tant pour la fabrication de la fonte que M. Wedding la croit appelée à se développer, que pour celle de l'acier sur sole. A mesure que cette fabrication se développe, le prix des riblons augmente; d'autre part la difficulté de plus en plus grande de se procurer des minerais purs, riches et exempts de gangue siliceuse, constitue une entrave sérieuse à l'extension de l'*ore process*. Dans bien des cas on aura avantage à recourir à la concentration magnétique et à se procurer ainsi, au moyen de minerais, même pauvres, de l'oxyde à peu près pur, pour la fabrication de l'acier au four Martin. A ce point de vue, l'étude de M. Wedding, si intéressante d'ailleurs par les considérations théoriques qu'elle renferme, peut être d'une grande utilité pratique. Cependant, un grand nombre de minerais sont impropres à l'*ore process*, non seulement par la forte proportion de gangue, mais aussi par suite de diverses impuretés qu'ils renferment, telles que le soufre; et il ne paraît pas que l'élimination complète de ce métalloïde soit possible par simple grillage, au moins dans le plus grand nombre des cas; l'emploi du procédé recommandé par M. Wedding serait donc restreint à ceux qui sont actuellement inutilisables, à l'état naturel, par suite de leur faible richesse en fer, et non par suite des impuretés qu'ils contiennent.

LE HAUT FOURNEAU

Les progrès réalisés dans la fabrication de la fonte ont fait l'objet, durant les dix-huit mois qui viennent de s'écouler, de nombreuses publications. Nous citerons, parmi celles que l'on peut consulter avec le plus de fruit,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les études de M. A. Gouvy sur les *Progrès de la fabrication de la fonte en Allemagne depuis 1882* (1), la conférence de M. Jung, directeur des hauts fourneaux de Burbach, sur l'*Industrie de la fonte et ses progrès dans la région de la Sarre et de la Meuse* (2), et le *Discours de M. Windsor Richards à l'ouverture du Meeting de l'Institute of Mechanical Engineers* de mai 1896 (3). Cette dernière publication, où sont condensés les résultats de l'enquête poursuivie sur le continent, et notamment en Allemagne, par des ingénieurs anglais, est d'un intérêt tout particulier.

Au risque de nous répéter, nous croyons devoir nous arrêter encore sur cette importante question, et insister sur les faits qui résultent des diverses études que nous venons d'énumérer.

Lorsque furent publiés pour la première fois en Europe les surprenants résultats obtenus par les maîtres de forges américains, et notamment au Congrès de l'*Iron and Steel Institute* de 1890, on objecta, à peu près unanimement, que la marche rapide avait des inconvénients graves : que les revêtements ne manqueraient pas de s'user vite, et que les réparations qui en résulteraient entraîneraient des dépenses hors de proportion avec l'économie réalisée sur les frais généraux, la main-d'œuvre et la consommation de combustible. Les faits ont prouvé que ces craintes étaient exagérées, et ceux qui se sont engagés dans la voie des grandes productions ont aujourd'hui lieu de s'en féliciter, car le progrès est vraiment là, et à moins de se condamner à une réelle infériorité de fabrication, tous se voient contraints de suivre ce mouvement.

Voici, à ce sujet, quelques chiffres cités par M. Windsor Richards :

En Angleterre, les trois hauts fourneaux de MM. Cochrane, dans le Cleveland, traitant du minerai calciné à 41 p. 100 de fer, ont produit chacun en 1895 41 859 tonnes de fonte, soit 805 tonnes par semaine. A Eston, tandis qu'un ancien fourneau, arrêté en 1894, avait produit, dans une carrière de vingt ans, 492 185 tonnes de fonte, soit 24 385 tonnes par an, les trois nouveaux, construits en 1877, et transformés depuis, font avec du minerai à 50 p. 100 plus de 1 000 tonnes de fonte Bessemer par semaine. Le meilleur a fait en 1895 51 615 tonnes ; son revêtement dure depuis cinq ans, et pendant cette période il a produit 254 000 tonnes. On obtient des résultats supérieurs à Cardiff, dans les deux fourneaux récemment construits par la Compagnie de Dowlais, et à Jarrow ; au moyen de Bilbao à 50 p. 100, on fait par fourneau 1100 tonnes par semaine à Jarrow, 1 270 tonnes à Cardiff.

L'Allemagne et le Luxembonrg sont largement entrés dans cette voie ; c'est là qu'ont été faits les premiers et les plus rapides progrès. Dans la région des

(1) Gouvy, *Bull. Ind. Min*, t. IX., 2e et 4e livraisons, 1895.
(2) Trad, Jordan, *Bull. Ind. Min.*, t. X., 1re livraison, 1896.
(3) Traduction parue dans le *Bulletin du Comité des Forges*, n° 1074, du 4 juin 1896.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

minettes, où le rendement en fer du lit de fusion ne dépasse pas 34 p. 100, on peut citer les trois fourneaux d'Uckange, produisant chacun 123 tonnes par vingt-quatre heures, ceux de la Société Luxembourgeoise, faisant 204 tonnes, et les quatre hauts fourneaux d'Esch, faisant ensemble 800 tonnes par jour de fonte Thomas. En Wesphalie, où le lit de fusion tient en moyenne 40 p. 100, M. Windsor Richards cite deux fourneaux de Ruhrort qui, en mars 1896, ont produit ensemble 16 800 tonnes (ce qui correspond à une moyenne de 280 tonnes par jour et par fourneau). La production moyenne, en fonte Thomas, dans ce district, est de 150 tonnes par jour et par fourneau ; et les nouveaux appareils construits, soit à Rheinhausen (Société Krupp), soit dans la magnifique aciérie Hœsch, à Dortmund, sont établis pour produire 180 à 200 tonnes.

En Belgique, les progrès ont été moins actifs ; on peut citer cependant la Société de la Providence, qui possède deux fourneaux faisant 110 tonnes et un nouveau fourneau faisant 140 tonnes ; et la Société Cockerill, qui a mis en feu, le 30 mars 1896, un haut fourneau produisant, avec du minerai de la Tafna, 200 tonnes par jour de fonte Bessemer. En France, où les conditions, en ce qui concerne du moins le département de Meurthe-et-Moselle, sont bien voisines de celles du Luxembourg, on a hésité à s'engager dans la voie des grandes productions. M. Windsor Richards ne mentionne qu'une installation vraiment moderne : celle de la Société Ferry-Curicque, à Micheville, où quatre hauts-fourneaux font couramment 150 tonnes de fonte Thomas par vingt-quatre heures.

Les moyens employés pour obtenir ces résultats sont partout les mêmes. Le diamètre du creuset est d'au moins 3 mètres : 3^m,35 aux tuyères, à Cockerill, 3^m,20 aux nouveaux fourneaux de l'aciérie Hœsch, 3^m,80 à Ruhrort, 3^m,35 à Jarrow, 3 mètres à Cardiff. Les étalages sont raides, mais sans exagération : l'angle adopté est 71° à Cockerill, 71° et 72° dans divers fourneaux de la région des minettes ; l'angle le plus ouvert est 63°, à Ruhrort, et la pente la plus raide correspond à l'angle de 75°, à l'aciérie Hœsch. La détermination de cet angle, surtout aux allures rapides, est d'une grande importance ; à Jarrow, où le fourneau avait été établi avec un angle de 80°, la marche était irrégulière, et n'est devenue bonne que lorsque les étalages eurent été refaits avec un angle de 68°.

Le diamètre du ventre varie entre 6 et 7 mètres : il est de 6 mètres à Cockerill et à Jarrow ; de 6^m,10 à Cardiff, de 6^m,40 à l'aciérie Hœsch, de 6^m,55 à Ruhrort, et atteint 7 mètres à la Société Luxembourgeoise. La hauteur totale est de 23 mètres dans les grands fourneaux anglais et à Dortmund, de 24 à 25 mètres dans la région des minettes, et atteint 27 mètres à Ruhrort. La capacité totale est ainsi comprise entre 400 et 450 mètres cubes.

Les machines soufflantes sont établies de manière à pouvoir fournir à chaque haut fourneau un volume variant de 600 à 700 mètres cubes par minute, et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dépassant même ce chiffre, sous une pression comprise entre 1/2 et 1 atmosphère. De plus en plus se répand la pratique américaine d'assurer à chaque fourneau une soufflerie indépendante, et de régler les machines soufflantes au nombre de tours, de manière à assurer une marche parfaitement uniforme du fourneau et indépendamment de la pression.

Voici les résultats pratiques obtenus par ces moyens : Avec le minerai du Cleveland, la consommation de coke, par tonne de fonte de moulage, ne s'abaisse guère au-dessous de 1 050 kilos; avec le minerai de Bilbao, en marche Bessemer, on atteint 991 kilos (Jarrow), 965 kilos (Cardiff), et 905 kilos (Eston). Dans l'Est, il faut encore compter, malgré les fortes productions, sur 1 150 kilos par tonne de fonte Thomas.

Pendant que l'Europe s'outille suivant les principes américains, les États-Unis poursuivent leurs progrès. Aux aciéries d'Edgar Thomson, le haut fourneau n° 1 a été arrêté après avoir fourni, en une campagne de plus de cinq ans sans arrêt, 666 000 tonnes de fonte Bessemer avec du minerai tenant 62 p. 100, réponse victorieuse aux objections de ceux qui repoussaient l'allure rapide à cause des réparations fréquentes qu'ils prévoyaient; et durant cette période, la consommation moyenne de coke n'a pas dépassé 857 kilos.

Les fourneaux récents de cette usine ont $27^{m},50$ de hauteur, 4 mètres de diamètre au creuset, $6^{m},10$ au ventre, $4^{m},90$ au gueulard, et l'angle des étalages est de 75°; il y a 8 tuyères, à $2^{m},60$ de la sole; le vent est soufflé à la pression $0^{k},7$ en moyenne, à raison de 735 mètres cubes par minute; la production journalière dépasse 400 tonnes (11 000 tonnes par mois) de fonte Bessemer, correspondant à une consommation moyenne de 812 kilos de coke tenant 11 à 12 p. 100 de cendres. Actuellement on met en feu à l'usine de Duquesne, près Pittsburg, 4 fourneaux (1) qui doivent produire chacun 500 tonnes par vingt-quatre heures. Leurs dimensions sont : hauteur $30^{m},50$; diamètre au creuset $4^{m},40$, au ventre $6^{m},70$, au gueulard $5^{m},20$; diamètre du cône $3^{m},80$; angle des étalages, 74°; 10 tuyères à $2^{m},95$ de la sole.

Les fourneaux construits aux usines de sir B. Samuelson et C°, à Newport, par *MM. Hawdon et Howson*, continuent à donner d'excellents résultats. Nous avons, dans notre *Revue* de l'an dernier, décrit ce type de fourneau avec assez de détails pour n'avoir pas à y revenir; mais il est intéressant de constater les progrès obtenus au moyen de ce profil absolument nouveau. A Newport il y a cinq fourneaux de ce type en marche, deux en fonte Cleveland, et trois en fonte d'hématite; et on en est si satisfait qu'on en construit un sixième. L'un de ces fourneaux, qui a $25^{m},50$ de hauteur, $3^{m},30$ de diamètre au creuset, et des étalages de $5^{m},70$ de hauteur, inclinés à 70°, a fait pendant dix semaines, traitant

(1) *Iron Age*. 20 déc. 1895, p. 206.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

du rubio à 50 p. 100 de fer, une moyenne de 1 053 tonnes de fonte Bessemer par semaine, en consommant, par tonne de fonte, 905 kilos de coke à 10 p. 100 de cendres; et on se dispose à augmenter la puissance de la soufflerie, de manière à atteindre 1 200 tonnes par semaine.

A l'exception des usines de Newport, où le fourneau Howson et Hawdon constitue un type d'appareil véritablement nouveau, les progrès de la fabrication de la fonte ont été obtenus par l'application de méthodes de travail nouvelles à des appareils construits, sous réserve d'accroissements de dimensions et de modifications de profil peu importantes, sur le modèle des anciens fourneaux, et même à d'anciens fourneaux dont on n'avait pas, jusqu'à présent, su tirer tout le parti possible : c'est ainsi que les beaux résultats d'Eston, cités plus haut, ont été obtenus avec des hauts fourneaux construits en 1877; la seule modification a consisté à remplacer l'ancienne soufflerie par six puissantes machines verticales capables de fournir 675 mètres cubes par minute à la pression de $0^{k},7$ par centimètre carré.

Les deux accessoires essentiels du haut fourneau sont : la soufflerie et les appareils à chauffer le vent; ce sont les perfectionnements constants de ces auxiliaires indispensables qui ont permis les progrès récents de la fabrication de la fonte.

Les machines soufflantes construites pour les grandes installations que nous venons de citer sont toutes du type vertical, compound, en général, établies pour marcher à des vitesses variant de 30 à 60 tours par minute. Chacun des quatre nouveaux fourneaux de Duquesne (Carnegie Steel C°) seront desservis par une paire de machines verticales à double expansion, ayant des cylindres à vapeur respectivement de 1 mètre et $1^{m},90$ de diamètre, et une course de $1^{m},50$, tournant à raison de 50 tours par minute, et pouvant marcher, à volonté, avec ou sans condensation (1).

En ce qui concerne les appareils à chauffer le vent, le type Cowper est assurément aujourd'hui le plus en faveur; les dimensions courantes de ces appareils sont : hauteur, 24 à 25 mètres; diamètre, $6^{m},70$ à 7 mètres, et, à Cockerill et à Micheville, il y a pour chacun des nouveaux fourneaux quatre appareils de ce type. A Ruhrort, il existe pour chacun des deux grands fourneaux en marche quatre appareils Cowper de 30 mètres de hauteur, et de 8 mètres de diamètre. Ce nombre s'abaisse lorsque la batterie comprend plusieurs fourneaux : c'est ainsi qu'à l'aciérie Hoesch, à Dortmund, il y aura, pour 4 fourneaux, 10 Cowper de 28 mètres de hauteur et de $6^{m},50$ de diamètre.

A côté du type Cowper, il se développe actuellement en Angleterre un nou-

1 *Iron Age*. 11 juillet 1895.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

veau modèle d'appareils à chauffer le vent, breveté par MM. *Ford et Moncur*. Cet appareil, sur lequel les inventeurs ont fait une communication détaillée à la réunion de printemps de l'Iron and Steel Institute (1), est, croyons-nous, encore peu connu en France; aussi donnerons-nous quelques détails à son sujet.

C'est dans le Cumberland, à Distington, que le premier de ces appareils a été construit, et c'est dans cette région et en Écosse qu'ils se sont surtout développés : les appareils en fonte, qui avaient subsisté longtemps dans les forges de ces deux districts, ont principalement été remplacés, lorsqu'on s'est enfin

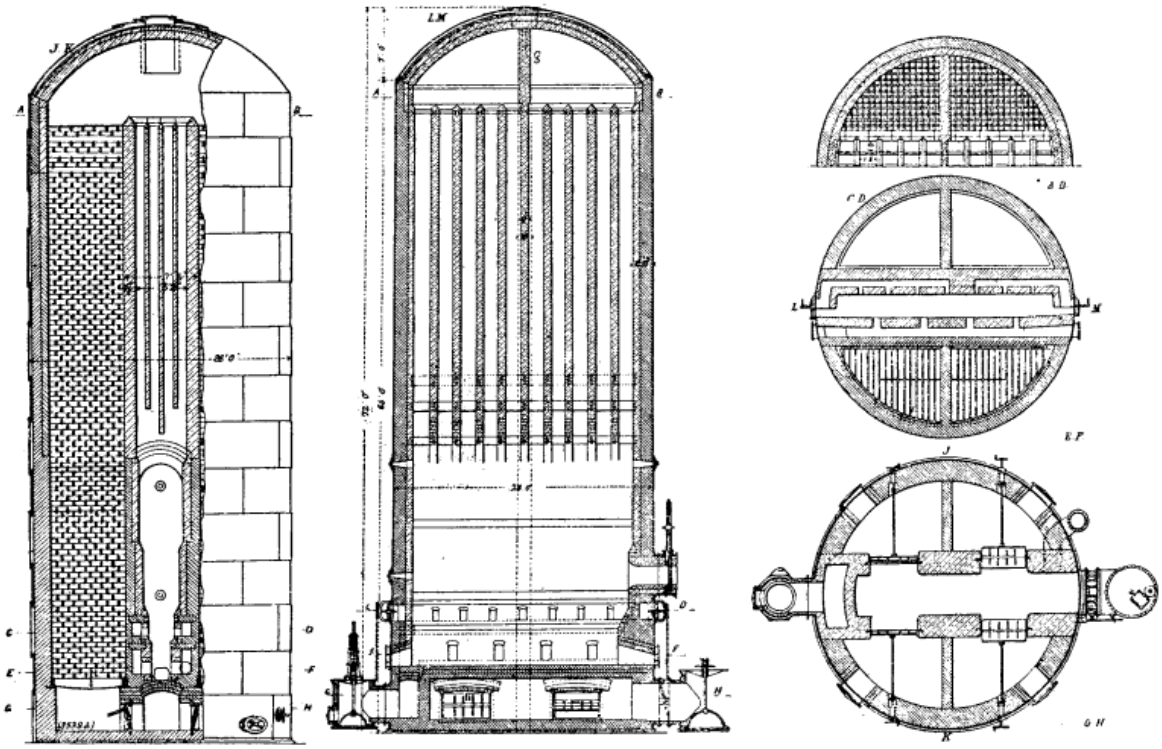


Fig. 1 à 5. — Appareil à air chaud *Ford et Moncur*.

Coupe JK, LM, AB, CD, EF, GH. Diamètre 7m,80; hauteur, 21m,60; largeur de la cheminée centrale, 1m,55.

résolu à les supprimer, par des Ford et Moncur; néanmoins on en a également construit dans le Cleveland; et chez MM. Samuelson il en existe depuis plusieurs années, concurremment avec les Cowper.

L'appareil Ford et Moncur (fig. 1 à 6) se compose d'une chambre de combustion établie suivant un diamètre, et qui se prolonge par des empilages à très larges mailles (45 cent. × 30 cent.) constituées par des murs parallèles, supportés par des voûtes, et par des cloisons transversales. Deux gros murs, perpendiculaires aux

(1) *Journal of the Iron and Steel Institute* n° 1, 1896, p. 20.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

murs de la chambre de combustion, divisent le reste de la tour en quatre quadrants indépendants; là sont établis les empilages, qui ne constituent plus des cheminées, comme dans les Cowper : entre des murs parallèles, percés d'orifices, pour permettre à la pression de s'égaliser, sont posées en zigzag des briques d'un modèle spécial (fig. 6) : les gaz circulent ainsi dans des sections de $125^{mm} \times 125^{mm}$; mais à chaque instant le courant est brisé, et, au point de vue de la répartition de la pression, chaque quadrant ne forme qu'un tout.

Ces quatre quadrants communiquent avec une chambre, établie sous la chambre de combustion et communiquant avec la cheminée et avec la conduite des machines soufflantes, par quatre portes munies de valves qu'on peut manœuvrer de l'extérieur; sur la conduite de la cheminée se trouvent deux valves, une ordinaire à champignon, et une valve à ouverture instantanée. Dans la chambre de com-

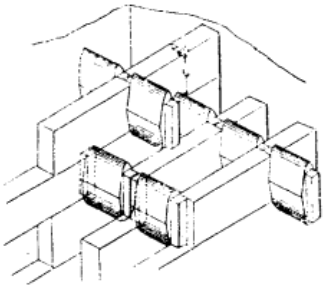


Fig. 6. — Détail des empilages.

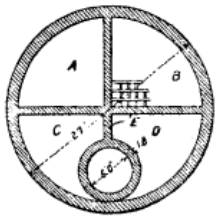


Fig. 7. — Appareil *Ford et Moncur*. Dispositif de Springvale.

bustion se trouvent, à trois niveaux superposés : 1° les carneaux d'amenée du gaz; 2° les carneaux d'amenée de l'air; enfin la conduite de vent chaud.

La chemise réfractaire qui forme l'enveloppe de la tour est blindée; entre la maçonnerie et la voûte est un espace libre de $12^{mm},5$. Il n'y a qu'un seul orifice de nettoyage, au sommet de la devoûte.

Ces appareils peuvent être construits avec des dimensions variables. Le type courant a $21^{m}.60$ de hauteur, et $7^{m},80$ de diamètre, ce qui correspond à une surface de chauffe totale de 5940 mètres carrés (7320 pieds carrés pour la chambre de combustion, 58680 pour les quatre chambres).

D'après les inventeurs, le prix de l'appareil complet, sans les fondations, est de 40000 francs. D'après le directeur de la *North Lonsdale Iron et Steel C°*, une batterie de six de ces appareils, y compris les fondations, et une tuyauterie importante, a coûté 330000 francs, soit 55000 francs par appareil.

Le fonctionnement de ces appareils est le même que celui des Cowper; mais le nettoyage est facilité par le dispositif des portes établies entre les empilages et la chambre inférieure. A chaque inversion, lorsque l'appareil est encore plein de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vent sous pression, après avoir fermé l'orifice d'évacuation du vent chaud, on ferme les portes dont il vient d'être question, sauf une ; sur le carneau de la cheminée, on lève la valve à champignon, et on ne laisse fermée que celle à ouverture instantanée ; puis on ouvre cette dernière ; il se produit alors dans les empilages une détente, accompagnée d'un violent courant d'air, montant dans trois des chambres, descendant dans la quatrième ; les poussières sont ainsi entraînées au dehors.

Ces appareils paraissent fonctionner d'une manière satisfaisante ; il en existait, en mai 1896, en Angleterre, 142 en fonctionnement, et 13 en construction. Les empilages à larges mailles situés au-dessus de la chambre de combustion paraissent avoir pour principale utilité de retenir les poussières, et de les empêcher d'encrasser les chambres ; mais lorsque ces poussières sont calcaires, les briques inférieures sont rapidement détruites ; il est alors prudent de constituer ces empilages, non par des murs pleins supportés par des voûtes, mais par des séries d'arceaux superposés. Dans d'autres cas — à Springvale notamment, — on a préféré combiner, avec le dispositif d'empilage du type Ford et Moncur, la chambre de combustion Cowper (fig. 7). Partout on paraît se louer du dispositif permettant le nettoyage automatique des chambres ; et il semble que, par suite de la faible résistance opposée au passage des gaz par les empilages en chicane, la circulation de ces gaz et les échanges de chaleur soient facilités. A Ulverston, six de ces appareils fournissent du vent à 700° C. à trois fourneaux faisant ensemble 2 400 tonnes de fonte par semaine ; et ils ont marché pendant cinq ans et demi sans arrêt. Dans une autre usine, huit appareils desservent cinq fourneaux faisant ensemble 4500 tonnes de fonte par semaine avec du minerai à 50 p. 100, assez siliceux pour exiger 400 à 450 kilos de castine par tonne de fonte. De bons résultats ont également été obtenus aux usines suivantes : *Moss Bay Iron and Steel C°; Whitehaven hœmatite Iron et Steel C°.*

Les essais faits jusqu'à ce jour sont donc encourageants, et il semble que ce type d'appareils soit destiné à prendre un réel développement à côté des Cowper.

L'emploi de garnissages en graphite, pour résister à la corrosion de laitiers non ferreux, tend à se généraliser. Les grands fourneaux de Ruhrort, dont il a été question plusieurs fois déjà dans cette étude, sont en partie construits en briques de graphite ; un exemple récent a montré quelle était la durée et la solidité de ces revêtements : un haut fourneau de Donavitz, construit il y a quelques années (1), avait les parois du creuset construites en briques de carbone (3 parties de graphite pour 1 partie d'argile), épaisses de 1 mètre environ, et protégées pour l'allumage par un revêtement réfractaire de $0^m,15$; le fond du creuset étant en

(1) *American Institute of Mining Engineers* et *Engineering Review* du 20 mars 1896.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

briques ordinaires; ce fourneau vient d'être arrêté, après une campagne de cinq ans, au cours de laquelle il a fourni une production annuelle de 55 000 tonnes; la paroi en graphite a encore une épaisseur de $0^m,70$, et pourra supporter une nouvelle campagne.

Deux dispositifs de détail, relatifs à la construction du haut fourneau, ont été décrits cette année, et comportent un certain intérêt : l'un est un appareil pour la fermeture des trous de coulée (1) qui donne à l'ouvrier plus de rapidité, de facilité et de sécurité dans son travail, tout en permettant de couler sans arrêter le vent; il se compose d'un cylindre à piston hydraulique, porté par une petite grue pivotante : à la fin de la coulée, et sans arrêter le vent, l'ouvrier peut rabattre contre l'orifice le cylindre, où on a préalablement logé un tampon en terre réfractaire, et le piston chasse cette bourre dans le trou de coulée, avec une force et une vitesse réglables à volonté; l'autre est un appareil, imaginé par M. Raney (2), permettant de parer aux dégagements subits de gaz qui sont parfois dangereux avec les marches rapides et les minerais pulvérulents.

L'extraction des sous-produits des gaz des hauts fourneaux consommant de la houille crue, dont nous signalions l'an dernier le développement en Écosse et dans le nord-ouest de l'Angleterre, est aujourd'hui adoptée d'une manière presque complète dans ce district. Actuellement toutes les usines d'Écosse, sauf deux, sont pourvues d'appareils de récupération. Le prix des sous-produits a beaucoup baissé dans ces derniers temps; le sulfate d'ammoniaque, qui se vendait il y a peu d'années, 24 £ la tonne, coûte aujourd'hui 8 £, et, à ce prix trouve des concurrents sérieux dans les scories Thomas, qui, pulvérisées, se vendent 20 s., et dans les nitrates et les autres engrais. Néanmoins la récupération des sous-produits donne encore un bénéfice additionnel de 3 s. 6 d. (4 fr. 35) par tonne de fonte; l'installation d'une usine revient à 60 000 ou 80 000 £ (3).

Les chaudières chauffées au gaz de haut fourneau ont une conduite parfois difficile : car à chaque chargement du fourneau (et cette opération se reproduit jusqu'à quatre-vingt-dix fois par vingt-quatre heures), il faut fermer les conduites allant aux chaudières; d'où interruption dans le chauffage, et perte de gaz. Certains dispositifs, qui empêchent ces fuites d'une manière à peu près complète, ont été appliqués récemment et méritent l'attention (4).

Le chauffage de l'air, dans les chaudières ainsi alimentées par les gaz de ces hauts fourneaux, occasionne une réelle économie dans l'utilisation de ces gaz, dont il ne faut pas être prodigue si les fourneaux font partie d'une usine consommant beaucoup de vapeur. Jusqu'à ces derniers temps, cependant, les chau-

(1) *Iron Age* du 21 nov. 1895.
(2) *Iron Age* du 4 déc. 1895.
(3) *Engineering Review*, 20 juillet 1896.
(4) *Cleveland Institute of Engineers*. — *Engineering Review* du 20 mai 1896.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dières à récupération étaient peu répandues ; et, sauf dans certaines usines d'Allemagne et des États-Unis, l'utilisation des gaz laissait en général beaucoup à désirer. Il faut donc signaler comme un réel progrès l'emploi de chaudières à récupération.

Une tentative a été faite par M. Paul Gredt, à Esch sur l'Alzette (Luxembourg), pour extraire l'iode des gaz du haut fourneau (1). Les gaz circulent dans des tuyaux où ils sont lavés par une pluie artificielle; les eaux ainsi employées repassent à plusieurs reprises et se concentrent progressivement; on les soumet ensuite à une lente vaporisation ; l'ammoniaque et les cyanures sont expulsés, le résidu contenant le chlorure et l'iodure de potassium est dissous ; et de la liqueur ainsi obtenue on retire, par cristallisation partielle, l'iodure de potassium. Les essais actuellement publiés ne permettent pas de juger si ce traitement peut être rémunérateur.

Les ciments de laitier trouvent, surtout en Allemagne, des débouchés croissants, et leur fabrication est rémunératrice, car on estime leur prix de revient inférieur de 20, 30 et même 40 p. 100 à celui du Portland. Mais peu d'usines réussissent cette fabrication, car il est essentiel d'éliminer le soufre des laitiers ; aussi estime-t-on que dans tout l'ouest de l'Allemagne, il n'y a que deux usines, situées dans la région de la Sarre, qui produisent de bons ciments de laitiers (2).

PUDDLAGE

Le procédé de puddlage direct, appliqué par M. Bonehill, a été l'objet d'une communication de son auteur au meeting d'automne 1895 de l'*Iron and Steel Institute* (3). A la suite de cette communication et de la discussion qui l'a suivie, il nous paraît nécessaire de revenir sur les détails donnés à ce sujet dans notre dernière Revue de septembre 1895 :

Le réservoir de fonte est indépendant des fours à puddler. Le métal liquide y forme un bain de 60 à 70 centimètres de hauteur ; on coule la fonte dans une poche qu'on pèse et qu'on déverse ensuite, par une des portes de travail, dans le four à puddler.

Ce dernier appareil est un four double, ayant deux portes de travail d'un même côté, capable de recevoir des charges de 1 060 kilos de fonte liquide. On y fait aisément, paraît-il, douze charges en douze heures : le rablage ne dure guère qu'une demi-heure. Chaque équipe se compose de 8 hommes, 4 puddleurs et 4 aides ; la production totale étant de 12 tonnes de fer brut en barres par poste, la production individuelle s'élève à 1 500 kilos par journée d'ouvrier ; tandis

(1) *Engineering Review*, 20 février 1896.
(2) *Engineering and Mining journal*, — *Engineering Review* des 20 août 1895 et 20 juin 1896.
(3) *Journal of the Iron and Steel Institute*. Vol. II, 1895.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qu'un four ordinaire, desservi par 2 puddleurs, ne fait guère que huit charges de 275 kilos par douze heures, produisant 1 850 kilos de fer en barres, soit 925 kilos par homme.

Chaque four double est desservi par quatre gazogènes ; on y brûle au total 2 400 kilos de houille en douze heures, soit 20 p. 100 du poids de fer produit, au lieu de 100 p. 100 et plus avec la méthode ordinaire ; il faut y ajouter 2 p. 100 pour le réservoir, dont les gazogènes consomment 1 000 kilos en douze heures ; la perte de fer ne dépasse pas 6 p. 100, contre 16 p. 100, chiffre indiqué par M. Bonehill, pour la pratique courante en Belgique. L'entretien des fours ne coûte pas plus que dans la pratique ancienne : la consommation de minerai et de *purple ore*, comme garniture et comme addition au bain, revient à 2 francs par tonne produite, et la vente des scories représente 3 francs.

Grâce à la haute température due à l'emploi du gaz pour le chauffage, la qualité du fer est très satisfaisante. En ce qui concerne le prix de revient, l'économie du nouveau procédé, comparé à l'ancien, peut s'établir de la manière suivante, pour l'installation de Hourpes, capable de produire 100 tonnnes en vingt-quatre heures : au haut fourneau, économie de 6 hommes à 3 fr. 50, occupés à la manutention des gueuses. — soit au total 21 francs, ou 2 fr. 10 par tonne ; au four à puddler, économie de 44 puddleurs à 5 francs (66 hommes au lieu de 110 , soit 220 francs ou 2 fr. 20 par tonne ; économie de charbon : 78 p. 100 sur 1 tonne à 10 francs, soit 7 fr. 80 ; économie sur la perte de fer : 10 p. 100 sur 1 tonne à 45 francs, soit 4 fr. 50. Soit au total 14 fr. 71 par tonne de fer brut en barres.

Tels sont les résultats annoncés par M. Bonehill ; lors de sa communication à l'*Iron and Steel*, son usine était en fonctionnement depuis un an, et il avait livré, à la satisfaction de ses clients, a-t-il déclaré, 5 000 tonnes de produits finis. Quant à la marche du procédé, M. Bonehill a communiqué les analyses suivantes :

	C.	Si	P.	S.
Fonte traitée au moment de la coulée dans le réservoir.	2,95	0,43	1,40	0,50
Fonte après quatre heures, au moment de charger au four à puddler.	2,85	0,40	1,35	0,40
Fer brut en barres	»	0,23	0,45	0,22

Ce dispositif présente assurément des avantages. Le puddlage au gaz permet d'obtenir, au moment du ballage, une température assez élevée pour rendre la scorie bien fluide, et favoriser ainsi son élimination au cinglage ; le travail en première fusion est une cause d'économie, et l'emploi du mélangeur peut rendre, dans cette fabrication, les mêmes services que dans celle de l'acier. Les chiffres publiés par M. Bonehill sont d'ailleurs très encourageants, bien qu'ils ne correspondent qu'à une campagne d'essai, pour ainsi dire, et qu'il soit nécessaire de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les corriger en tenant compte de l'amortissement de l'installation sur laquelle nous ne possédons pas de données.

Cependant il faut observer que le procédé de M. Bonehill ne pourra vraisemblablement s'appliquer qu'à la fabrication des fers communs, c'est-à-dire au puddlage des fontes froides, comme il se pratique dans l'est de la France, la Belgique et l'Allemagne. Une installation comprenant quatre fours doubles et un réservoir, comme à Hourpes, pour être économique doit produire 100 tonnes par jour, soit 30000 tonnes par an; il faut donc être assuré d'un débouché assez large et pouvoir affecter un haut fourneau à l'atelier de puddlage; il faut encore que la fabrication puisse être parfaitement régulière, et que les produits soient d'une qualité toujours égale, conditions qui ne se trouvent réalisées que dans le marché des fers communs. Enfin, le procédé Bonehill n'a pas encore, croyons-nous, fait ses preuves, appliqué au puddlage des fontes chaudes pour fers fins. Cette fabrication exige une qualité de fonte difficile à obtenir régulièrement au fourneau, et qu'on réalise habituellement par un mélange de fontes de diverses coulées; de plus, l'élimination des impuretés de la fonte se fait en grande partie durant la période de fusion; l'application de la méthode directe exigerait que le mélangeur fût en même temps un appareil d'épuration, ce qui occasionnerait des pertes de temps importantes; même après la fusion, l'opération doit être conduite plus lentement; enfin, le marché des fers fins ne comporte que bien rarement une production aussi intensive; il est donc à craindre que, dans le traitement des fontes chaudes, les avantages du procédé Bonehill ne soient appelés à disparaître.

L'idée de M. Bonehill a été reprise aux États-Unis, et le procédé de la *Hawkins Steel C°*, de Détroit, dont nous reproduisons ci-contre le dispositif (fig. 8) d'après les dessins du brevet anglais du 30 mai 1896, combine la coulée de la fonte liquide sur la sole du four à puddler avec l'épuration et l'affinage du métal par des jets d'air chaud et de vapeur. Cette tentative nouvelle, après bien des essais infructueux dans le même sens, mérite d'être signalée; mais il ne paraît pas possible encore de se prononcer sur son avenir.

PROCÉDÉ BESSEMER

La production d'acier Bessemer va continuellement en croissant, malgré la concurrence grandissante de la fabrication sur sole, à mesure que celle du fer diminue d'importance. On évalue à 9 millions et demi de tonnes (1) la production totale d'acier Bessemer pour l'année 1895, dont moins de la moitié a été transformée en rails : la grande baisse de prix des lingots, due aux progrès constants

(1) *Engineering Review*, 20 juin 1896, p. 95.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

apportés dans la fabrication (on produit aujourd'hui les billettes, aux États-Unis, à moins de £ 3, 5 s., soit 82 francs), et les améliorations qui ont permis d'obtenir des qualités de plus en plus variées d'une manière régulière, ont eu pour conséquence de développer considérablement les emplois de ce métal, dont on fabrique aujourd'hui des profilés di vers, plaques, cornières, barres, des roues et même des tôles (1).

Les perfectionnements qui ont conduit à ces résultats sont pour la plupart des progrès de détail dans la fabrication, ou des améliorations de matériel : rien

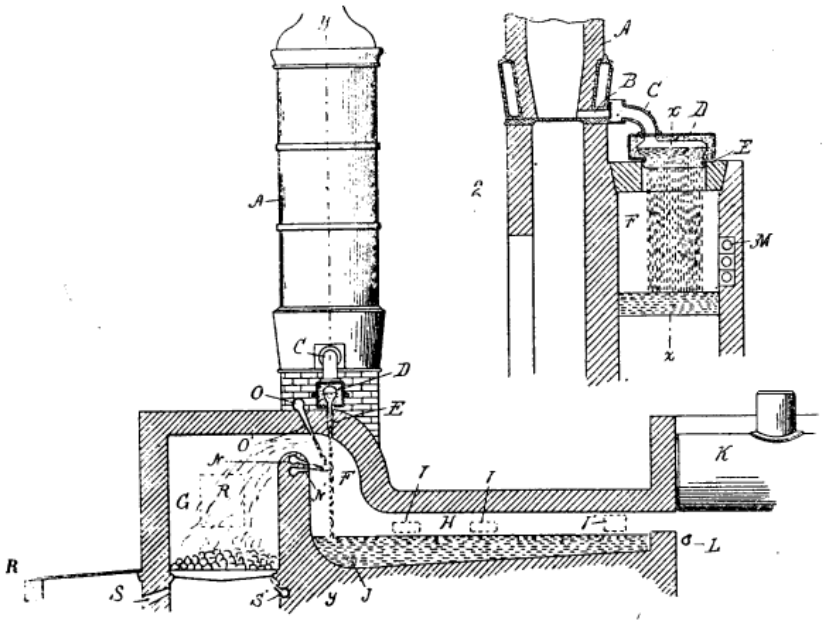


Fig. 8. — Procédé *Hawkins*. Coupes *xx* et *yy*.

A, cubilot, B, trou de coulée amenant, par C D, la fonte qui s'écoule en jets ou en nappe mince E F, devant les jets d'air O O' et de vapeur N N' surchauffée en M, dans le four à puddler H. G, foyer à porte R avec grille à soufflage d'air J et de vapeur J'. H' portes de puddlage I', portes de scories. K, chaudière chauffée par la chaleur perdue du four aidée de brûleurs à pétrole L.

n'ayant été changé au principe même de la fabrication, depuis l'origine, à l'exception des modifications dont il était question dans notre dernière Revue. On a beaucoup parlé dans la presse technique, durant l'année qui vient de s'écouler, du procédé *Tropenas* (fig. 9 à 11) (2), qui pratique l'affinage au moyen de tuyères latérales, et non plus par le fond de la cornue. Le but de cette modification est de supprimer le brassage violent du bain, le mélange du métal et de la scorie, et d'obtenir ainsi un métal plus homogène et plus exempt de soufflures. Le procédé Tropenas a été appliqué avec succès aux aciéries d'Edgar Allen et C°, aux États-

(1) *Engineering Review*, 20 juin 1896, p. 70.
(2) *Revue Industrielle*, 12 sept. 1896, p. 361.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Unis; mais, malgré les résultats obtenus dans cette usine, qui livre assurément des produits d'excellente qualité, il ne paraît pas se répandre : les raisons sont sans doute d'ordre économique.

L'obtention d'aciers exempts de soufflures est aujourd'hui courante par des procédés peu coûteux; il ne semble donc pas qu'une modification à la cornue Bessemer qui n'aurait en vue que ce résultat puisse être appelée à un grand succès; de fait, malgré bien des tentatives, rien encore n'a été trouvé supérieur au dis-

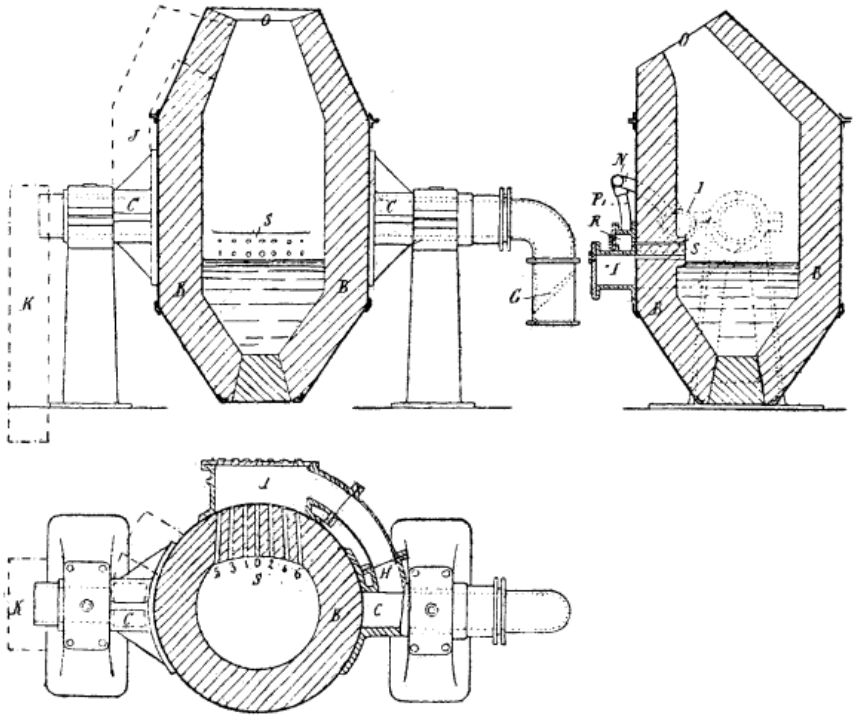


Fig. 9 à 11. — Convertisseur *Tropenas*.
Coupe verticale et coupe horizontale par les tuyères inférieures.

S. tuyères divergentes disposées en deux rangées renfermant : la supérieure, les tuyères de combustion et l'inférieure des tuyères affinantes. G C H arrivé d'air comprimé à 0m,20 de mercure dans la boîte I des tuyères affinantes, laquelle commande par une valve et les tuyaux NP_1P_2 l'admission de l'air à la boîte R des tuyères affinantes. J, tuyau qui prélève en O une partie des gaz de l'opération, et les amène, par le tourillon C de gauche, à la boîte K, d'où ils passent, sous l'appel d'une cheminée, dans un réchauffeur de l'air refoulé en G.

positif imaginé par l'inventeur du procédé Bessemer. Ce qu'on cherchait depuis plusieurs années, c'était un dispositif nouveau, permettant d'appliquer la cornue Bessemer à de minimes productions, de manière à pouvoir utiliser, dans les ateliers de moulage, ce mode de fabrication si économique, à la place des fabrications plus coûteuses du four Martin ou des creusets. Après bien des tentatives (Clapp et Griffiths, Robert, etc.) la meilleure solution de ce problème paraît avoir été trouvée par le procédé Walrand-Légénisel, qui se sert de cornues identiques, — sauf la réduction de dimensions, — à la cornue Bessemer, et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dont le dispositif spécial consiste à parer au refroidissement du bain par une addition de ferrosilicium et un sursoufflage : ainsi on obtient, malgré le faible volume de l'appareil, un bain très chaud à la coulée, et un métal exempt de soufflures.

Nous avons déjà dit quelques mots, l'an dernier, du procédé Walrand-Légénisel; nous croyons devoir y revenir, à la suite d'une nouvelle communication faite à ce sujet au dernier meeting d'automne de l'*Iron and Steel Institute* par M. Snelus (1).

Ce procédé paraît prendre une assez grande extension. Au mois de septembre dernier il était en application dans les usines suivantes :

Légénisel (Paris), 1 convertisseur de.	330 kil.
— — 1 —	600 —
Schneider et Cie (Creusot), 1 convertisseur de	600 —
Hagen Gussstahlwerke (Hagen), 2 convertisseurs de.	600 —
Maquiniquista Guipuzcoa (Espagne), 1 convertisseur de.	350 —
Société franco-russe (Pétersbourg), 1 convertisseur de	350 —
Zimmermann et Co (Halle a. d. Saale), 1 convertisseur de. . . .	350 —
Chantiers de la Baltique (Pétersbourg), 2 convertisseurs de. . .	800 —
A. Baird et Son (Hamilton, Glascow), 1 convertisseur de	1000 —
Potter et Hollis (Chicago), 1 convertisseur de.	500 —
Fraser et Chalmers (Erith), 1 en construction	»

Un autre convertisseur était en construction à Glascow pour une fabrique de clous.

Trois raisons recommandent le procédé Walrand-Légénisel aux ateliers à faible production, et particulièrement aux ateliers de moulage ou aux fabriques d'aciers spéciaux : il convient bien aux faibles productions; le sursoufflage permet d'éliminer tout le silicium, et il est alors facile de faire, dans le bain, où ne se trouve plus, avec le fer, que du carbone, toutes les additions voulues; enfin on obtient une température finale très élevée, de sorte que les additions n'ont pas d'inconvénient, et qu'on peut couler très chaud. Voici à ce sujet une expérience de M. Snelus : la charge avait été de 200 kilos; après dix-huit minutes de soufflage on ajouta 15 p. 100 de ferrosilicium à 15 p. 100; puis on soufffa durant quatre minutes; et la coulée put s'effectuer dans de bonnes conditions, bien qu'elle se prolongeât pendant vingt-six minutes.

En ce qui concerne la conduite de l'opération, voici quelques renseignements extraits du Mémoire de M. Snelus : dès que les raies vertes commencent à disparaître, alors que le silicium a complètement disparu, ou à peu près (0,095 p. 100), mais qu'il reste encore 1,3 p. 100 de carbone, on arrête le soufflage, on ajoute du ferrosilicium, et on remet le vent. Si l'on attendait, pour faire cette addition, la disparition totale du carbone, la fin de l'opération serait plus difficile à déterminer.

(1) Voir, en attendant la publication du vol. II de 1896 du *Journal of the Iron and Steel Institute*, l'*Ironmonger* du 5 septembre 1896.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Après les additions finales, M. Walrand conseille de souffler un instant pour brasser le bain ; à Pétersbourg, le professeur Kern se dispense de cette opération, à laquelle il reproche d'oxyder le bain.

Il faut compter sur une perte au cubilot de 5 p. 100, et de 10 à 12 p. 100 à la cornue ; les fontes employées doivent être pures, tenir 2 à 3 p. 100 de silicium, et 0 à 1 p. 100 de manganèse.

Voici quelques données économiques sur l'opération, d'après M. Walrand :

Consommation de ferrosilicium à 10 p. 100	5 à 7 p. 100
— ferromanganèse à 80 p. 100	1,5 —
— aluminium	0,1 —
— coke au cubilot	10,12 —
— charbon à vapeur	25 —
Déchets de fonderie	25 —
Pression du vent. 1er soufflage	108 gr. par cm²
— — 2e —	50 à 72 —
— — sursoufflage	72 —
Consommation d'air par tonne de métal produit	30 mc.

Le fond a 30-35 centimètres d'épaisseur ; il comprend six tuyères percées chacune de sept trous de 4 millimètres de diamètre ; chaque fond fait dix à douze coulées ; le garnissage de la cornue dure quatre cents à cinq cents charges.

Quant au prix de revient, il est actuellement en Angleterre, d'après M. Snelus, de 80 s., — soit 100 francs — par tonne d'acier, au moment de la coulée, y compris l'intérêt et l'amortissement.

Le procédé Walrand-Légénisel ne s'applique pas seulement aux faibles productions : à la *Potter and Hollis Foundry C°*, de Chicago (1), l'unique convertisseur, de la capacité de 500 kilos, fait deux ou trois charges par heure ; la production totale, en vingt-quatre heures, équivaut donc à celle d'un four Martin de 10 tonnes.

Voici un exemple d'analyses, correspondant à la fabrication de l'usine d'Hamilton (près Glascow) :

	Fonte.	Acier produit.
Graphite	2,760	»
Carbone combiné	0,640	0,440
Si	2,660	0,110
S	0,055	0,060
Ph	0,038	0,039
Mn	0,480	0,610
Al	»	0,036

Nous avons parlé, dans notre *Revue* de l'an dernier, des mélangeurs de fonte, et des services qu'ils rendent dans la fabrication de l'acier Bessemer, M. Knapp a

(1) *Iron Age*, 19 mars 1896.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

récemment publié, dans *Stahl und Eisen* (1), des renseignements fort intéressants, et, croyons-nous, inédits, sur la construction des mélangeurs à Hörde, le prix du revêtement en magnésie, les frais d'entretien, etc.

ACIER SUR SOLE

L'une des principales innovations à signaler est l'emploi, dans l'aciérie de Winnington, appartenant à MM. Brunner, Mond and C°, du *gazogène Mond* pour la fabrication de l'acier sur sole. M. Darby, des aciéries de Brymbo, a fait à ce sujet une intéressante communication à la dernière réunion (2) de l'*Iron and Steel Institute*.

Le gazogène Mond a été imaginé principalement dans le but d'extraire de la houille les produits ammoniacaux ; pour obtenir ce résultat on conduit la distillation de manière à obtenir un gaz exempt de goudron, et produit à température basse, de manière à être aussi riche que possible en ammoniaque.

L'appareil (fig. 12) est une cuve, de 6^{m},30 de hauteur, et de 3 mètres de diamètre, terminée vers le bas par une zone d'étalages et par une grille. Vers le haut, sous la trémie de chargement, est un tronc de cône, et la prise de gaz se trouve dans la partie annulaire qui entoure ce cône: ainsi les gaz de distillation descendent à travers la charge, pour remonter ensuite dans la région annulaire, et tandis qu'ils circulent dans le combustible chaud, les goudrons sont dissociés d'une manière à peu près complète.

Le gaz produit est un mélange de gaz à l'air et de gaz à l'eau : on insuffle 2^{t},5 de vapeur par tonne de houille brûlée, dont 1/3 seulement est décomposé : ainsi une tonne de houille donne 4 530 mètres cubes de gaz (à 15° C.), qui s'échappent avec 2 831 mètres cubes de vapeur. Il suffirait, pour la bonne fabrication du gaz, de souffler 1^{t},8 de vapeur au lieu de 2^{t},5 ; mais l'expérience a démontré que le rendement en ammoniaque s'abaisse alors à 30 kilos par tonne, au lieu de 40 kilos, qui est le rendement maximum obtenu.

Au sortir de l'appareil, les gaz sont d'abord dirigés dans des tubes, autour desquels circule l'air primaire saturé de vapeur, qui doit alimenter le gazogène ; puis ils se rendent dans une chambre rectangulaire en partie remplie d'eau, que des palettes agitent ; les gaz y achèvent de se saturer d'humidité, et leur température s'abaisse à 100° C.

Puis vient une première tour en plomb, à empilages de briques ; le gaz y entre, tenant 0,13 p. 100 de gaz ammoniac ; il est lavé par une solution de sul-

(1) *Stahl u. Eisen*, vol. XVI, p. 100-102. — *Journal of the Iron and Steel Institute.*, vol. I, 1896, p. 454.

(2) Voir, en attendant la publication du vol. II de 1896 du *Journal of the Iron and Steel Institute*, l'*Ironmonger* du 5 septembre 1896.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

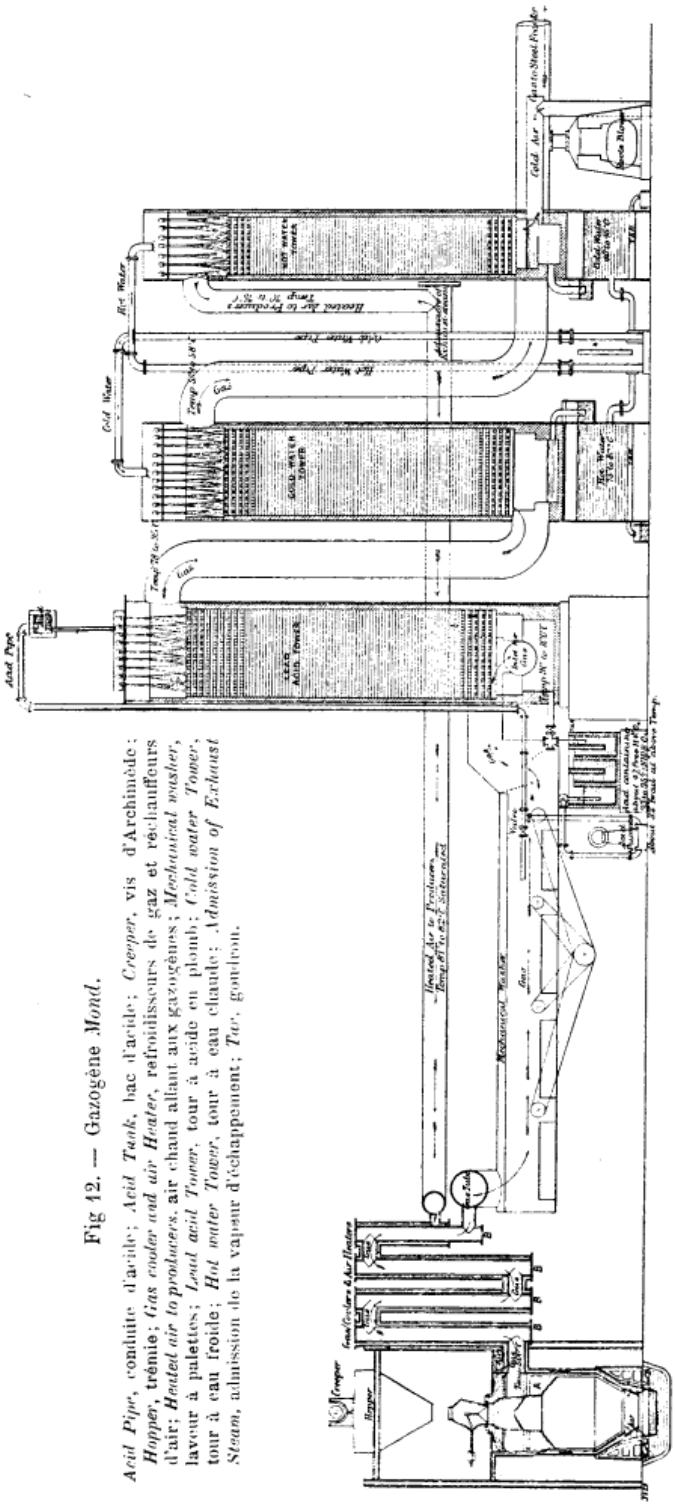


Fig 12. — Gazogène *Mond*.

Acid Pipe, conduite d'acide; *Acid Tank*, bac d'acide; *Creeper*, vis d'Archimède; *Hopper*, trémie; *Gas cooler and air Heater*, refroidisseurs de gaz et réchauffeurs d'air; *Heated air to producers*, air chaud allant aux gazogènes; *Mechanical washer*, lavoir à paletles; *Lead acid Tower*, tour à acide en plomb; *Cold water Tower*, tour à eau froide; *Hot water Tower*, tour à eau chaude; *Admission of Exhaust Steam*, admission de la vapeur d'échappement; *Tar*, goudron.

fate d'ammoniaque à 36-38 p. 100 additionné d'acide, de telle sorte que le liquide ne tienne pas plus de 2,5 p. 100 d'acide libre. Le liquide, au sortir de la tour, va à une cuve de clarification ; la partie claire est additionnée d'acide et retourne à la tour; le reste est évaporé et donne du sulfate à 24 p. 100 d'ammoniaque; le gaz, dont la température est tombée à 80° C., se rend dans une seconde tour en bois, ne tenant plus que 0,013 p. 100 d'ammoniaque; il y est lavé par un courant d'eau froide, et s'échappe à 50° C. pour se rendre à l'aciérie.

L'eau chaude produite par la seconde tour sert à chauffer à 74° C. et à saturer d'humidité l'air primaire soufflé par un ventilateur. L'air humide ainsi produit va circuler autour des tubes qui suivent le gazogène, et après avoir été ainsi chauffé par les gaz sortant de l'appareil, il est dirigé sous la grille. On obtient ainsi la moitié de la vapeur nécessaire pour la marche du gazogène; et, sur 2^{t},5 consommées par tonne de houille, il suffit d'en fournir 1^{t},3 à 1^{t},4, qu'on prend en général à la conduite d'échappement d'une machine.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La production de gaz, par ce procédé, est, paraît-il, très régulière ; l'appareil est simple et exige peu de main-d'œuvre ; grâce à la température relativement basse du gazogène, l'entretien serait presque nul. M. Darby parle d'un revêtement qui aurait duré deux ans sans réparations, et serait encore, après cette période, en parfait état. Le rendement en ammoniaque est élevé : la houille employée tenant 1,2 à 1,6 p. 100 d'azote, une production de 100 livres (45k,3) de sulfate par tonne de houille correspond à une utilisation de 70 p. 100. Le prix de revient de ce produit, en lui rapportant toutes les dépenses de gazéification, serait, en Angleterre, de £ 3,6 s., 7 d. par tonne, soit 83 fr. 95.

Quant au gaz fabriqué, il est d'une utilisation facile : un gazogène peut traiter en vingt-quatre heures 22 tonnes de houille, en donnant, au sortir de la seconde tour, un gaz présentant la composition suivante, en volumes :

CO^2	17,1
CO	11,0
Hydrocarbures saturés	0,4
Méthane	1,8
H	27,2
Az	42,5
Total	100.0

Son pouvoir calorifique est de 1 350 calories par mètre cube. A 50° C., température où il sort de la dernière tour, sa teneur en humidité, qui ne dépasse pas 111 grammes par mètre cube, ne paraît pas nuisible au four Martin.

Pour s'assurer de ce fait, MM. Brunner, Mond and Co ont construit, vers la fin de 1895, aux aciéries de Winnington, un four d'essai de 3 tonnes, alimenté par un gazogène Mond ; et il semble, d'après les renseignements fournis par M. Darby, que la campagne, poursuivie depuis près d'un an, ait donné toute satisfaction : le four a produit toutes variétés d'acier, depuis 0,14 jusqu'à 0,45 p. 100 de teneur de carbone, dont moitié à moins de 0,2 p. 100 ; les produits étaient, paraît-il, très réguliers, et rien, dans la marche du four, n'a laissé à désirer.

Le dispositif de MM. Mond et Brunner paraît présenter de réels éléments de progrès. L'emploi du gaz à l'eau ou du gaz mixte permet d'augmenter le rendement calorifique des fours Siemens, comme il est facile de le démontrer, lorsqu'on réchauffe complètement l'air secondaire et le gaz. Combiné avec un réchauffage partiel de l'air primaire, ce système paraît donc très avantageux au simple point de vue de la gazéification et de l'utilisation du pouvoir calorifique de la houille. La vente des sous-produits donne donc purement et simplement un accroissement de bénéfice net ; et si, comme cela paraît ressortir de la communication de M. Darby, l'application de ce dispositif à la fabrication de l'acier ne présente aucun inconvénient, il y a là une tentative des plus intéressantes à signaler aux maîtres de forges français.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il ne nous paraît pas qu'il y ait, en ce qui concerne la fabrication de l'acier sur sole, d'autre innovation considérable à signaler. La production est sans cesse croissante : 1 725 000 tonnes en 1895 en Grande-Bretagne, en augmentation de 149 000 tonnes sur 1894 ; 1 137 000 tonnes aux États-Unis en 1895, contre 785 000 en 1894 ; aussi les dispositifs de détail vont-ils se perfectionnant chaque jour ; l'un des plus ingénieux consiste à donner au four une forme légèrement courbe, en plan, de manière à rendre le chargement possible par une seule grue hydraulique : c'est ce qui a été réalisé aux *Round Oak Iron Works* par M. Dawson (1).

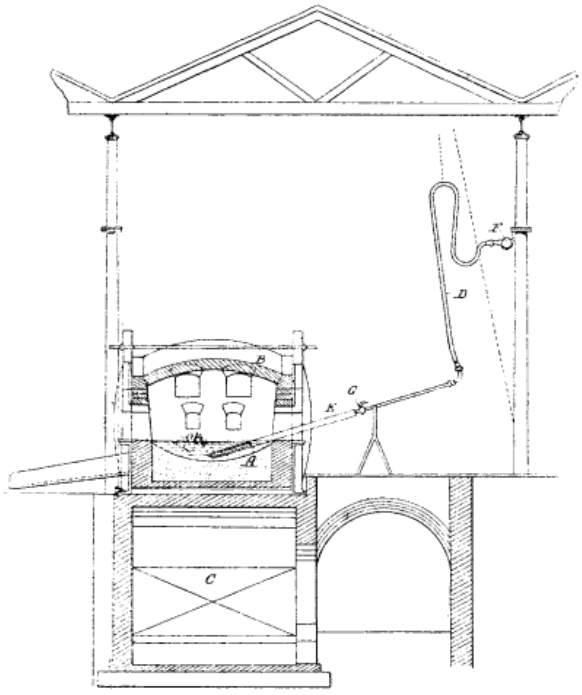


Fig. 13. — Procédé *Last et Wright*. Coupe perpendiculaire à l'axe du four.

AB, four recevant le métal fondu par *a* (fig. 14) ; C, régénérateurs ; FDG, amenées d'air comprimé et de vapeur aux tubes E d'environ 10 centimètres carrés de section.

Un nouveau procédé de revêtement basique a été proposé par M. Benjamin Talbot (2). Il consiste à employer un mélange finement pulvérisé de substance basique et de matière goudronneuse : c'est à cet état de poudre que la préparation est employée, et appliquée dans le four préalablement porté à une haute température.

On a aussi repris l'idée, déjà émise à plusieurs reprises, de hâter l'affinage de l'acier sur sole au moyen d'injections d'air ou de vapeur. Le brevet *Last et Wright*, imaginé par deux ingénieurs anglais, l'un des aciéries de Landore, l'autre des usines de Gowerton, combine l'affinage par l'air et la vapeur avec la coulée de la fonte liquide sur la sole du four ; les dessins que nous reprodui-

(1) *Engineer* du 13 sept. 1895.
(2) *Engineering Review* du 20 août 1895.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sons (fig. 13 à 16), d'après le brevet anglais n° 7272 du 4 avril 1896, donnent une idée suffisante du dispositif adopté; ce procédé n'a pas fonctionné depuis assez longtemps pour qu'il nous soit possible de l'apprécier. L'emploi de l'aluminium, pour le raffinage dans la fabrication sur sole comme à la cornue Bessemer,

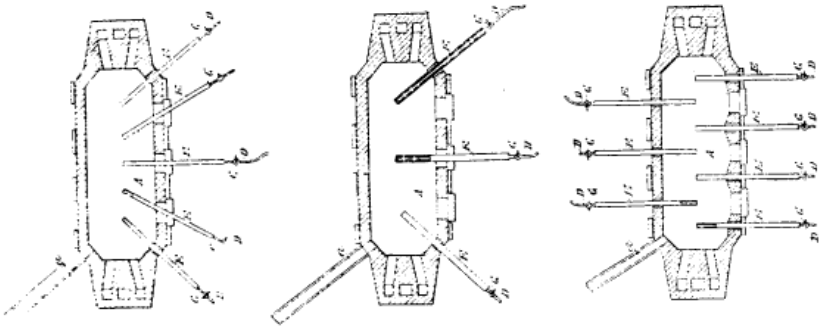


Fig. 14 à 16. — Procédé *Last et Wright*. Coupes horizontales indiquant diverses dispositions des tubes E.

tend à se généraliser; mais il se produit souvent, dans cette opération, une scorie peu fluide, qui reste dans le bain, et constitue un défaut. Un perfectionnement assez sérieux, breveté par Krupp (1), consiste à substituer à l'addition d'aluminium une addition composée de plusieurs métaux avides d'oxygène, et de plusieurs éléments électro-négatifs, comme le silicium et le bore; il se forme alors des silicates et des borates très fusibles et légers, qui se séparent immédiatement du bain, et surnagent à la surface.

PROCÉDÉ STOCKMAN

On a vu dans les pages qui précèdent que les efforts des métallurgistes tendent actuellement à deux buts : 1° obtenir, au moyen de matières premières impures, des produits purs, par des procédés de plus en plus perfectionnés; 2° réduire, dans la mesure du possible, la durée de chaque opération, afin d'augmenter la productivité des appareils, et de réduire en proportion le prix de revient. Le procédé *Stockman*, qui a excité beaucoup d'intérêt dans la presse technique durant ces derniers mois (2), prétend réaliser ces deux desiderata, dans une opération en deux périodes, consistant : 1° dans une épuration de la fonte au convertisseur; 2° dans la dénaturation de cette fonte, soit au four à puddler, soit pour acier sur sole.

Le convertisseur est une cornue d'une forme spéciale, à revêtement basique, dont le fond est garni d'un mélange de minerai de fer magnétique titanifère et de nitrate de soude ; le tout recouvert d'une tôle perforée. On amène le convertisseur sous une hotte, à laquelle on le raccorde par un joint luté : puis on y

1 *Engineering Review*, 20 juillet 1896, p. 118, et *Zeitschrift für Angewandte Chemie*.
2 Voy. notamment *Engineering Review* du 20 oct. 1896.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

verse la fonte, amenée directement du haut fourneau. La plaque perforée entre en fusion, le garnissage du fond se mélange au métal ; et en trois minutes, le soufre et le phosphore se trouvent presque entièrement concentrés dans la scorie qui surnage ; on retire le convertisseur de dessous la hotte, on décrasse, et, suivant le produit qu'on veut obtenir, on verse le métal liquide, ainsi épuré, dans un four à puddler, ou dans un four Martin, où l'opération s'achève avec addition finale de spiegel ou de ferrosilicium, suivant qu'on veut obtenir de l'acier dur ou doux.

Tel est, en quelques mots, le principe du nouveau procédé. L'inventeur en a déjà fait un certain nombre d'applications : il paraît qu'il aurait obtenu d'excellents résultats avec des mélanges de 2/3 de fonte Cleveland truitée à 1,5 p. 100 de phosphore, et 1/3 de fonte blanche à 1 p. 100; l'acier doux ainsi produit, tenant 0, 18 p. 100 de carbone, et 0,013 p. 100 de phosphore, aurait donné une résistance à la rupture de 38 kilos par millimètre carré, avec 30 p. 100 d'allongement, et l'acier dur, à 0,7 p. 100 de carbone, 73 kilos à la rupture, et 5 p. 100 d'allongement. La durée totale de l'opération serait de deux heures, depuis le moment où la fonte liquide est introduite dans la cornue jusqu'au moment où l'acier est prêt à être coulé. Enfin les prix de revient ressortiraient, d'après l'inventeur, aux chiffres suivants :

OPÉRATION AU CONVERTISSEUR :

Fonte à 41f,25 par tonne	45,40
Nitrate à 175f	15,30
Minerai de fer	1,65
Coke de 2e fusion	1,90
Main-d'œuvre	1,25
Usure, entretien	0,30
Total par tonne de métal épuré	65,80

PRIX DE REVIENT DE LA TONNE D'ACIER DOUX :

Métal épuré	65,80
Charbon	1,80
Ferromanganèse	5,30
Main-d'œuvre	1,90
Usure, entretien	0,60
Total	75,40

PRIX DE REVIENT DE LA TONNE D'ACIER DUR :

Métal épuré	65,80
Charbon, spiegel, etc	15 »
Main-d'œuvre	3,10
Usure, entretien	1,25
Total	85,15

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il s'agirait là, on le voit, d'une véritable révolution, d'autant que l'inventeur a la prétention d'obtenir, au moyen de fontes impures, des aciers équivalents aux meilleurs aciers de Sheffield.

Le procédé Stockman vient d'être breveté en France, en Autriche-Hongrie, dans le Grand-Duché de Luxembourg, en Belgique, en Italie, en Grande-Bretagne et au Canada; l'obtention des brevets est en instance en Russie et aux États-Unis. L'application industrielle a récemment été entreprise aux usines de l'*Ashbury Carriage C°*, à Openshaw, Manchester. Un certain nombre d'ingénieurs étaient invités, les 7 et 8 octobre dernier, à assister aux essais; ceux-ci auraient, paraît-il, été satisfaisants, bien que l'opération, commencée à onze heures et demie du matin, n'ait été achevée que vers quatre heures du soir.

Il y a là assurément une tentative intéressante; bien qu'on ne puisse encore se prononcer sur les résultats de ce nouveau procédé, et que diverses affirmations de l'inventeur commandent une certaine réserve, les essais méritent d'être suivis avec attention.

TRAVAIL DE FORGE

L'emploi de la force hydraulique se répand de plus en plus pour la forge. Les presses sont employées non seulement pour la fabrication des grosses pièces : canons, arbres, blindages, mais encore dans la tôlerie, et dans la fabrication des petites pièces : on trouvera dans l'*Engineering Review* du 20 janvier 1896 la description d'aiguilles de chemins de fer forgées à la presse, à Peterborough, dans les usines de la *Tyler and Ellis Hydraulic Forging C°*.

En dehors des presses, l'emploi de la force hydraulique est d'ailleurs commode dans beaucoup d'opérations de forge. Un appareil nouveau pour le changement de marche a été employé aux laminoirs des *Pencoyd Ironworks* (1) et montre bien la tendance presque instinctive des ingénieurs-lamineurs à rechercher les solutions hydrauliques des problèmes auxquels ils se heurtent.

Aux usines de l'*Illinois Steel C°*, on a adopté, pour le chargement des blooms et des lingots, une machine hydraulique, la pression étant donnée par trois pompes électriques (2). Un rhéostat, actionné par les variations de la pression, détermine automatiquement les arrêts et les mises en marche des pompes.

La *Duisburger Maschinenbau Actiengesellschaft* (3) a adopté la force hydraulique à la commande des cisailles à tôles. On sait les inconvénients inhérents aux cisailles ordinaires : rupture des engrenages, emploi de volants à marche

1 *Engineering Review*, 20 mai 1896, p. 27 (article et figure).
2 *Engineering Review*, 20 juillet 1896, p. 128 (article et figure).
3 *Stahl und Eisen* et *Engineering Review*, 20 juillet 1896.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rapide, obligation de proportionner la cisaille à l'épaisseur des plaques à couper.

Avec les cisailles hydrauliques, la simplicité des transmissions rend le travail très facile et sans à-coups; la cisaille livrée par la *Duisburger Gesellschaft* à une usine de laminoirs de Düsseldorf a fonctionné dix-huit mois sans accident, et en consommant moins de vapeur qu'une cisaille ordinaire. On peut d'ailleurs, comme liquide, se servir de glycérine, dont une très faible quantité est perdue dans le fonctionnement de la machine.

L'*électricité* est souvent employée pour actionner des cisailles; l'une des plus grandes cisailles électriques construites à ce jour est celle que vient de faire exécuter la *Granite City Steel C°;* cet appareil est capable d'exercer une pression de 900 tonnes au centre des lames (1).

L'*Iron Trade Review* du 30 janvier 1896 a décrit une machine-outil spéciale servant à la fois de cisaille et de poinçon (2).

La question capitale pour les cisailles est celle de la qualité des lames. L'acier doit en être de première qualité, et une tendance se manifeste dans les ateliers (3) à abandonner, pour cet usage, l'acier à outils ordinaire et à le remplacer par de l'acier au creuset cémenté.

LAMINOIRS

En ce qui regarde l'agencement des laminoirs, il faut signaler deux innovations intéressantes : M. Richards, à Manchester (4), a imaginé un dispositif pour laminer les fers à section convexe destinés à la fabrication des jantes des poulies : ce dispositif se compose de deux cages portant trois cylindres, dont deux ont leurs axes dans le même plan vertical, et le troisième en arrière. M. Bicheroux (5) a imaginé une disposition dont on trouvera le croquis ci-contre (fig. 17), permettant de fabriquer directement des pièces qui eussent exigé des cannelures trop profondes dans les cylindres, telles que les rails à base très large (rails Haarmann), et qui, jusqu'ici, se fabriquaient au moyen de deux pièces laminées séparément et ensuite accolées.

On trouvera d'intéressantes descriptions de nouveaux types de laminoirs dans diverses revues techniques de ces derniers mois. Nous citerons notamment l'*American Machinist* du 22 août 1895 (laminoir à grande vitesse), l'*Age of Steel* du 19 octobre 1895, et la *Railroad Gazette* du 15 novembre 1895 (nouveaux laminoirs universels).

(1) *Engineering Review*, 20 déc. 1895, p. 206, et *Iron Age*, 21-11, 1895.
(2) *Id.*, 20 fév. 1896, p. 265.
(3) *Id.*, 20 mai 1896, p. 37.
(4) *Engineering* du 6 sept. 1895.
(5) Congrès de Dusseldorf, 22 fév. 1896, et *Stahl u. Eisen*, 15 avril 1896, p. 308.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les organes de transmission, dans les laminoirs, sont les parties délicates de ces machines. Les boulons d'accouplement des roues dentées, notamment, sont particulièrement sujets à se briser, et durent en moyenne moins que les dents elles-mêmes. Pour remédier à cet inconvénient, M. Daelen (1) a imaginé de reporter les boulons plus loin de l'arbre, et il a construit sur ce principe des

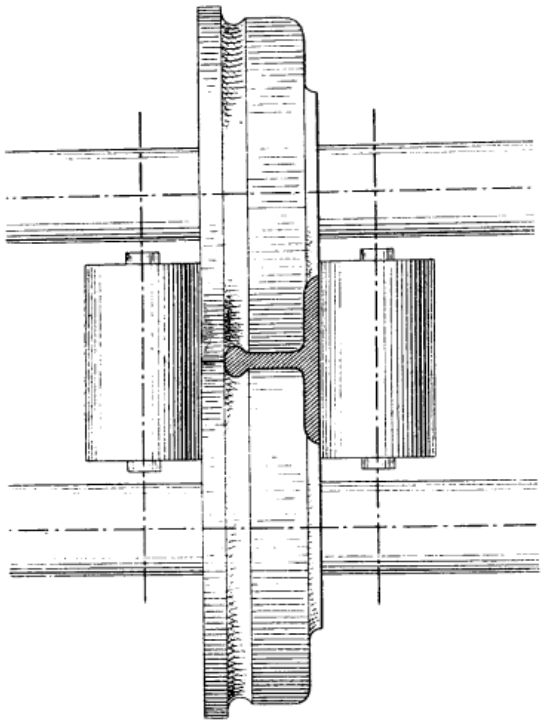


Fig. 17. — Laminoir. Système *Bicheroux*.

roues dentées creuses, qui sont appliquées, avec succès, à l'usine des *Hagener Gussstahlwerke*.

De plus en plus on cherche, dans les usines, à économiser la main-d'œuvre. On y parvient, soit en perfectionnant les tables, soit en établissant, dans les ateliers, des moyens automatiques de transport. Deux nouveaux types de tables, la table *Huber* et la table *John Potter*, ont été décrites, l'une dans l'*Iron Age* du 24 octobre 1895, l'autre dans l'*Iron Trades Review* (2). Cette dernière, que reproduit la figure ci-contre (fig. 18 à 22), comprend un dispositif destiné à empêcher le refroidissement de la tôle pendant le laminage; enfin l'*Iron Trades Review*

1) Congrès de Dusseldorf, 22 février 1896. — *Stahl und Eisen*, 1er avril 1896, p. 280.
2) *Engineering Review* du 20 mars 1896, p. 301.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

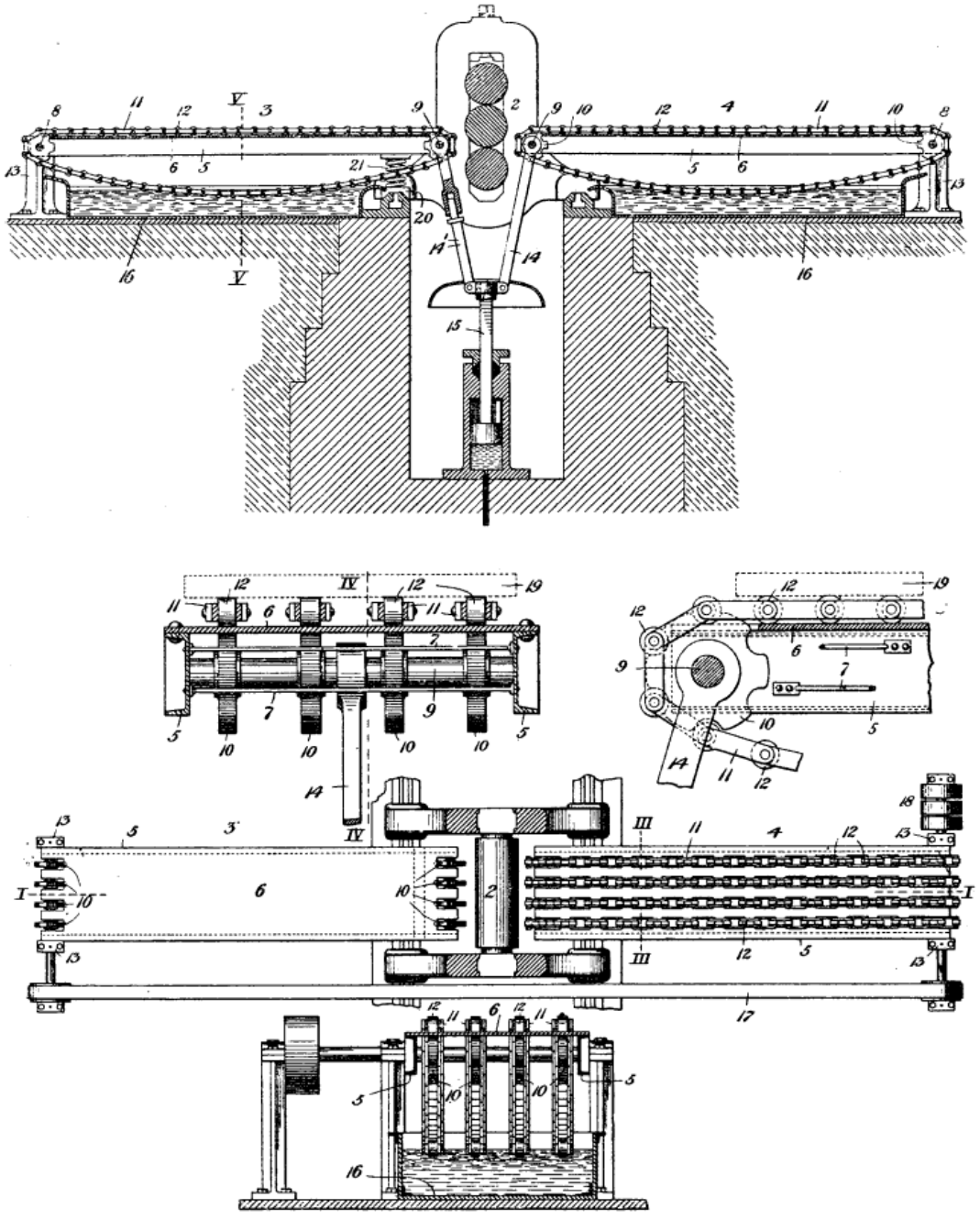


Fig. 18 à 22. — Table *John Potter*. Coupes II, III III, IV IV et V V. Plan.

2, cage de *trio*; 3 et 4, tables à châssis 5, 6, 7, pivotées en 13', avec chaines sans fin 11, menées par 17, 8 et 9, à galets 12, de 25 millimètres de diamètre, et rafraîchies par les bains d'eau 16; 15, cylindre hydraulique commandant la bascule des tables par les bras 14 et 14', ce dernier télescope, permettant au bras 14 de continuer à abaisser la table 4, ou table conductrice lorsque la table 3, qui amène le lingot au laminoir, repose déjà sur le ressort réglable 21.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

du 13 février 1896 renferme la description d'une table à mouvement réversible, d'une disposition intéressante.

En ce qui concerne l'agencement des ateliers modernes, on trouvera dans la *Railroad Gazette* du 30 août 1895 une description détaillée des installations de l'*Illinois Steel C°*, qui est un véritable modèle ; et dans l'*Engineering* du 18 octobre 1896, celle de l'installation, également très remarquable, de MM. Price, Walker et C°, à Gloucester.

Les machines à triple expansion commencent à être appliquées aux laminoirs ; nous citerons notamment celles de la maison Westgarth de Middlesborough, décrites dans l'*Engineering* du 20 mars 1896. L'emploi des condenseurs tend également à se généraliser ; lorsqu'ils ne peuvent être appliqués d'une manière commode, l'injecteur Körting, qui est simple, et fonctionne sans surveillance, rend de grands services, et est une réelle source d'économie (1).

FABRICATION DE FILS DE FER ET D'ACIER

L'*Iron age* du 2 janvier 1896 a publié une intéressante étude sur la fabrication des fils de fer et d'acier en Amérique. Le *Garrett Mill*, à Joliet, près Chicago, a livré 66 000 tonnes de ces produits en onze mois.

Dans certaines usines des États-Unis, les barres qui doivent servir à la fabrication des fils ont subi, à la sortie du laminoir, une immersion dans l'eau, qui a pour but de les maintenir sans oxydation, et en outre d'éviter la cristallisation. On trouvera la description du procédé et quelques figures dans l'*Engineering Review* du 20 mai 1896, p. 23.

L'emploi des câbles en acier se développe beaucoup et des machines spéciales ont été inventées pour enrouler les fils sur des bobines, puis pour en former des câbles. La machine *Johnson et Phillips* fabrique en une seule opération un câble formé de 37 fils. En outre, elle peut aussi enrouler sur un noyau quelconque un nombre quelconque de fils, inférieur à 37. Aussi, en faisant repasser le câble de 37 fils dans la machine, et en la faisant fonctionner cette fois pour 24 fils, on aura un câble de 61 fils (2).

Parmi les emplois nouveaux des fils d'acier, nous citerons leur application aux volants. La *Mannesmann Tube C°* vient de construire un volant de 20 pieds de diamètre, à la périphérie duquel sont enroulées 70 tonnes de fil d'acier ; il doit exécuter 240 tours par minute (3).

(1) Rapport de M. Worth au Congrès des Ingénieurs et Mécaniciens du district de Middlesborough. — Voir *Engineering Review*, 20 mai 1896, p. 29.

(2) *Engineering Review*, 20 juin 1896, p. 78 et 79.

(3) *Engineering Review*, 20 mars 1896, p. 295 et *Bulletin de la Société d'Encouragement*, mars 1891, p. 429.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

FABRICATIONS POUR L'ARMÉE ET LA MARINE

Le procédé Harvey, pour le durcissement des plaques de blindage, tend à se généraliser. Cependant le dernier mot n'a pas été dit, et les plaques homogènes d'acier au nickel et au chrome, durcies par la trempe, continuent à donner, aux essais, des résultats satisfaisants.

Les Américains, qui avaient tardé à se lancer dans la fabrication des gros blindages, se sont rapidement fait une place prépondérante dans cette branche de l'industrie métallurgique. On sait que tout récemment, le gouvernement russe a fait exécuter par la *Bethlehem Iron C°* des plaques harveyées de 6 pouces. Essayées avec des projectiles Holtzer de 6 et de 4 pouces, ces plaques se sont comportées de façon satisfaisante.

Un nouveau type de blindage a récemment été imaginé aux États-Unis, par M. Green (1) : faite entièrement d'acier à outils, la plaque Green, qui pèse 6 tonnes et a comme dimensions 5 pieds par 6 pieds 6 pouces, consiste en un assemblage de petites pièces d'environ 15 pouces de long, 2 pouces et demi de large et 6 pouces d'épaisseur, réunies par des pièces d'acier, et séparées par des plaques de cuivre de 1 huitième de pouce, destinées à amortir les vibrations. Les principaux avantages de ces plaques sont, d'après l'inventeur, leur adaptation facile à toutes les formes de navires, de tourelles, etc., leur facilité de réparation, les qualités de la trempe assurées à cause de la faible dimension de chaque pièce, leur facilité de fabrication dans toute usine, sans l'outillage spécial des grandes plaques de blindage. Il va être prochainement procédé à des essais sur des blindages de ce système devant des officiers américains.

La presse technique étrangère s'est beaucoup occupée du procédé de cémentation *Demenge* qui, employé aux usines de Pamiers, paraît avoir donné des résultats satisfaisants. L'acier fondu est coulé à 1 400° C. dans un moule dont une des parois est constituée par une matière cémentante; la paroi opposée est refroidie, afin d'empêcher la cémentation de s'étendre trop profondément. Un lingot de 3 tonnes, épais de $0^{m},40$, obtenu par ce procédé, puis forgé et laminé jusqu'à l'épaisseur de $0^{m},10$, a donné à l'analyse : à la surface cémentée 1,50 à 1,78 p. 100 de carbone; à $2^{mm},5$ de la surface opposée, 0,15 à 0,25 p. 100 de carbone (2).

Le résultat varie d'ailleurs beaucoup avec la matière cémentante; l'effet utile obtenu avec du charbon de bois est deux fois plus intense que l'effet obtenu avec du coke. La face cémentée est légèrement rugueuse, mais les opérations postérieures font disparaître cet inconvénient.

(1) *Engineering Review*, 20 juillet 1896, p. 119.

(2) *Colliery Guardian*, 1er novembre 1895. — *Iron Age*, 19 décembre 1895 et 19 mars 1896. — *Engineering Review*, 20 février 1895, p. 267. — *American Manufacturer*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'*American Machinist* du 13 février 1896 a décrit un système simple pour le durcissement de petits objets d'acier auxquels les procédés Harvey et Demenge seraient difficilement applicables; c'est une cémentation suivie de trempe : dans une caisse en tôle de 5 pouces sur 5 pouces, on dispose par couches successives de la poudre d'os calcinés et les objets à durcir; on porte au rouge cerise pendant une heure ou deux, puis on jette le contenu de la caisse dans un courant d'eau froide qui l'entraîne sur une toile à mailles assez larges pour laisser passer la poudre d'os et retenir les objets durcis.

Un procédé nouveau de durcissement a été proposé par M. Taux devant une commission d'ingénieurs de Strasbourg (1). Ce système, qui consisterait à tremper l'acier chauffé au rouge dans un bain conducteur traversé par un courant électrique, donnerait, dit-on, des résultats très satisfaisants, notamment pour les pièces des machines-outils. Les essais industriels sont encore insuffisants, au moins à notre connaissance, pour nous permettre de porter un jugement sur cette invention.

La principale difficulté, dans l'emploi des plaques harveyées, est toujours le forage des trous de rivets. Il ne paraît pas possible de préserver contre la cémentation les plages qui doivent rester assez tendres pour être ultérieurement travaillées, et la seule solution consiste à recuire, après trempe, ces zones. Nous parlions l'an dernier du recuit par l'électricité; il continue à donner de bons résultats. Aux *Union Ironworks* de San Francisco, on emploie (2), pour recuire les emplacements des trous de rivets des plaques au nickel harveyées, un courant de 135 ampères à 300 volts, qui en trois minutes porte la plage à recuire à une température suffisante. Il faut ensuite dix à douze minutes pour le refroidissement. La partie recuite est facile à forer; elle est elliptique, longue de 4 pouces et large de 1 pouce et demi, les deux pôles ayant été placés à 1 pouce trois quarts l'un de l'autre.

Une autre application de l'électricité pour le recuit du métal a été imaginée par M. Dresler, de Kreuzthal, qui s'est servi du système Lagrange et Hoho (résistance à la conductivité offerte par une enveloppe d'hydrogène provenant de la décomposition de l'eau) pour recuire un fil de fer très dur.

Malgré les précautions prises, il est à peu près impossible de tremper et de durcir une des faces d'un blindage sans durcir aussi quelque peu la face opposée : pour remédier à cet inconvénient, on a imaginé, aux « Cyclop Works », de Sheffield, un dispositif qui consiste à recuire la plaque, après trempe, dans un four dont la plaque elle-même forme le fond, de sorte que l'une des surfaces seule est chauffée, tandis que la face opposée est maintenue

(1) *Engineering Review*, 20 juillet 1896, p. 137.

(2) *Pacific Electrician* et *Engineering Review*, 20 septembre 1895, p. 100. — *Engineering Record*, 7 septembre 1895.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

froide par des jets d'eau, et ne perd pas la trempe : le croquis ci-contre (fig. 23), reproduit d'après le brevet anglais n° 20231 du 12 septembre 1896 (brevet *Wilson et Stubbes*), donne une idée suffisante de cette disposition.

La fabrication des canons a de son côté tiré parti du durcissement de l'acier. Le procédé Maxim, récemment décrit (1), consiste, après la fabrication proprement dite du canon, à le placer verticalement dans un four spécial, où il

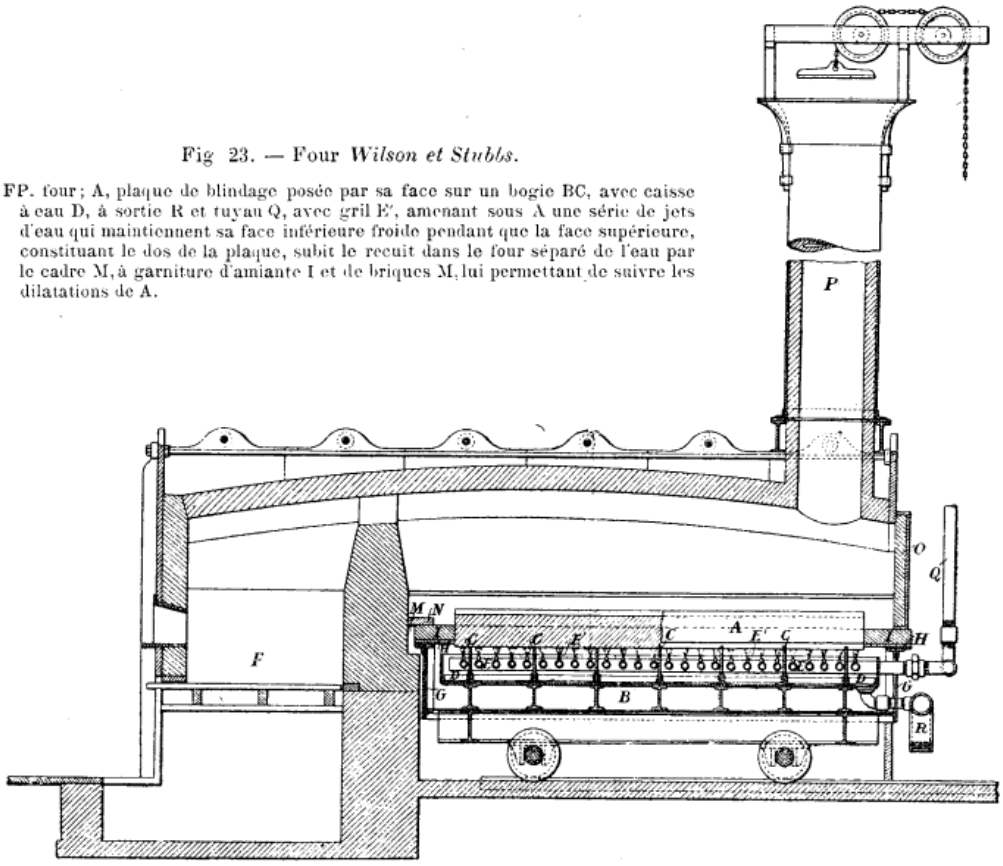


Fig 23. — Four *Wilson et Stubbs*.

FP. four ; A, plaque de blindage posée par sa face sur un bogie BC, avec caisse à eau D, à sortie R et tuyau Q, avec gril E', amenant sous A une série de jets d'eau qui maintiennent sa face inférieure froide pendant que la face supérieure, constituant le dos de la plaque, subit le recuit dans le four séparé de l'eau par le cadre M, à garniture d'amiante I et de briques M, lui permettant de suivre les dilatations de A.

reçoit un mouvement lent de rotation autour de son axe, tandis qu'on fait passer un courant de gaz d'éclairage à travers l'âme. Il se produit alors une sorte de cémentation : le carbone du gaz se combine partiellement à l'acier sous l'action de la chaleur. Quand le canon est chauffé au rouge, le courant de gaz est arrêté et on fait passer à travers l'âme un courant d'huile froide à haute pression. Il se produit alors une sorte de frettage, les zones extérieures du

(1) *Engineering Review*, 20 janvier 1896, p. 239.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

canon se refroidissant graduellement sur les parties intérieures refroidies, et les mettant ainsi dans un état de haute tension.

Lorsque des plaques de blindage ont été durcies par un procédé quelconque, par le procédé Harvey par exemple, il devient extrêmement difficile de les polir : aussi faut-il pour cette opération des dispositifs spéciaux.

Une machine à polir nouvelle a été récemment livrée par Tasker, Sons and C° de Sheffield à la maison Krupp(1); elle est construite de telle sorte que c'est soit la plaque de blindage, soit la pierre servant de meule, qui peut être rendue mobile.

Un autre système de machines à polir est décrit dans l'*Engineering and Mining journal* du 31 août 1895, sous le nom de « Gardner Grinder ». Elle est caractérisée par l'emploi d'un disque d'acier muni d'une rainure en spirale renfermant de la glu destinée à retenir le papier d'émeri ou toute autre préparation à l'émeri.

Notons, en terminant ce chapitre du matériel de guerre, le procédé Schulte-Hemmis pour la fabrication des obus, décrit dans le *Stahl und Eisen* du 1er juillet 1896. Ce procédé consiste à mandriner par pression hydraulique ou par forgeage le métal sur un noyau ayant la forme de la cavité intérieure de l'obus. Ce noyau, fait en bronze spécial (point de fusion : 1 050°), est ensuite fondu à haute température et laisse la cavité vide.

MOULAGES

Dans la fabrication des moulages, comme dans les autres branches de la métallurgie, l'objectif principal, c'est l'abaissement du prix de revient; on le réalise principalement par la fabrication mécanique des moules, applicable toutes les fois où il s'agit de reproduire un grand nombre de pièces identiques : les fabriques de roues de voitures, aux États-Unis, sont largement entrées dans cette voie(2) ; une seule machine fait 200 moules par jour, alors qu'une équipe composée d'un mouleur et de deux aides, travaillant à la main, n'en fait que 20. Les noyaux se fabriquent de la même manière(3).

On réalise aussi, par le travail mécanique, d'importantes économies dans le finissage des pièces venues de fonderie; une première méthode consiste à pratiquer l'ébarbage au moyen d'outils actionnés par l'air comprimé : on trouvera une description de ce procédé dans les comptes rendus de l'*American Foundrymen's Association* (4). Une seconde méthode consiste à projeter avec force, sur la sur-

(1) *Engineering Review*, 20 janvier 1896, p. 239.
(2) *Engineering News*, 19 décembre 1895.
(3) *Engineering Review*, 20 juin 1896.
(4) Id., 20 janvier 1896.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

face à nettoyer, un jet de sable, entraîné par un courant de vapeur, ou de préférence d'air comprimé, à la pression de $0^{kg},7$ par centimètre carré (1).

Grâce à ces divers dispositifs, le prix de revient peut s'abaisser, dans des usines à grande production, d'une manière considérable. L'*American Machinist* du 12 septembre 1895 donne, au sujet de la *Chicago Skein and Axle C°* les renseignements suivants : le métal fondu, dans la poche de coulée, revenant à

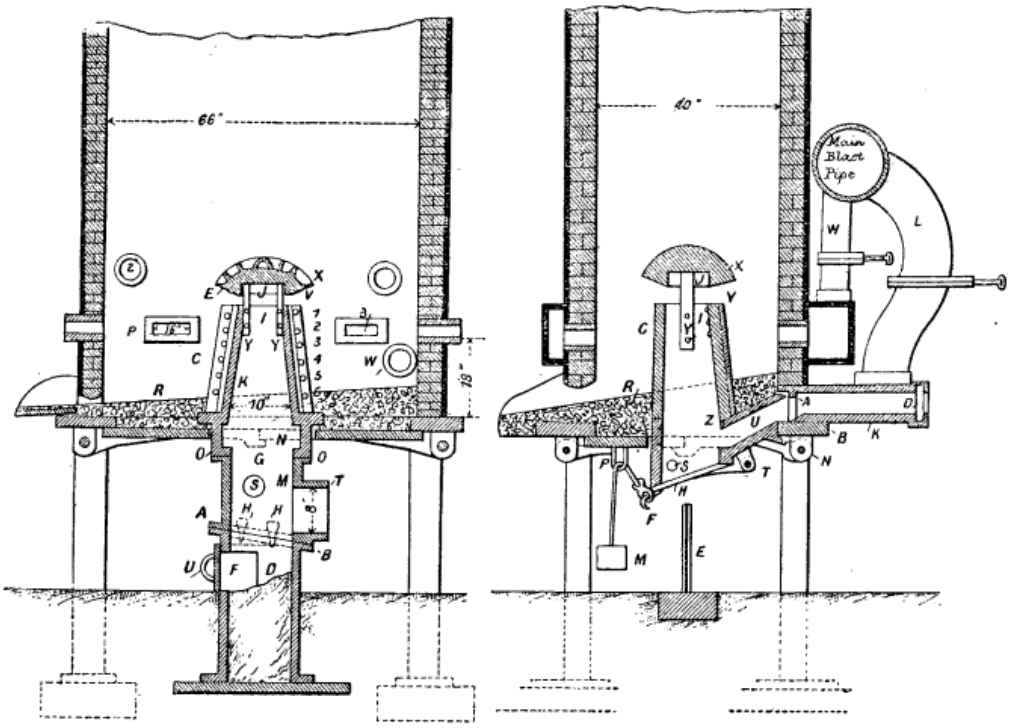


Fig. 24 et 25. — Cubilot à tuyère centrale.

Grand modèle, diamètre, $1^m,65$; petit modèle, 1 mètre. *Main Blast Pipe.* Conduite de vent principale.

Fig. 24. — Tuyère centrale, diamètre en I, 180 millim. en fonte crénelée cerclée de fers M (fig. 29) et 1, 2, 3 (fig. 24) avec chapeau X (fig. 24 et 28) à projections C D E et bords R protégés par des pointes A B. M T, entrée du vent, que l'on peut enlever de O A B après avoir retiré les goupilles H H. S. Regard. U porte. R, sole à fond mobile. — Fig. 25. — L, arrivée du vent, par D K A U Z, à la tuyère centrale et, par W, aux tuyères auxiliaires. M P H I, retenue du fond de la sole B, pivoté en N, et qui peut retomber en E (pour les autres lettres, même légende) qu'en fig. 24.

0,75 — 0,8 cents, le prix moyen de vente des produits finis ne dépasse pas 1,45 cents par livre (de 453 grammes) ; c'est donc à 0,70 cents au maximum, soit moins de 8 francs par kilogramme, que se montent les frais de fabrication des moules, de fonderie, et les frais généraux.

En ce qui concerne la matière dont sont faits les moules, MM. Kuhlmann, d'Iserlohn (Westphalie), ont proposé le procédé suivant (2) : torréfier le sable, le

(1) *Iron et Coal Trades Review*, 29 novembre 1895.
(2) *Engineering Review*, 20 mai 1896.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pulvériser finement, puis l'imbiber d'une dissolution aqueuse de sel ammoniac : lors de la coulée, la vapeur de chlorhydrate d'ammoniaque, qui se forme contre les parois du moule, préserverait ces parois, empêcherait le métal d'y pénétrer, et donnerait ainsi aux moulages des surfaces plus polies.

L'emploi des mélangeurs de fonte est appliqué avec succès dans les grandes fonderies des États-Unis (1), et a permis de réaliser des économies. Il importe d'ailleurs, dans cette industrie délicate, de choisir avec soin le métal, et de s'assurer

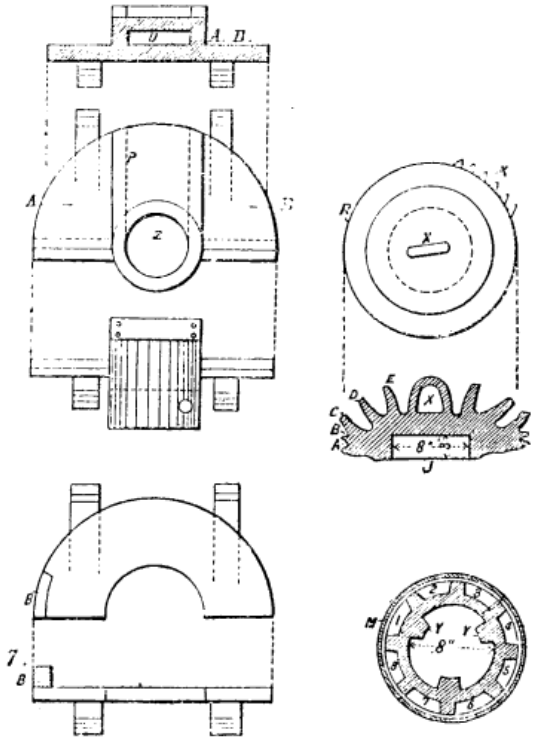


Fig. 26 à 29. — Cubilot à tuyère centrale. Détail de la plaque de sole R (fig. 24) et du chapeau de la tuyère centrale.

de ses qualités par des essais : on paraît entrer de plus en plus dans cette voie (voir le Rapport de M. Barret au Meeting de l'*American Institute of Mining Engineers* de 1896).

Comme appareils nouveaux, employés dans la fonderie, nous pouvons signaler la poche *Hamsworth*, décrite dans l'*Iron Age* du 26 décembre 1895, et un cubilot à tuyère centrale, décrit par l'*Engineering Review* du 20 juillet 1896 et dans l'*Engineering* du 31 juillet, et que reproduit la figure ci-contre (fig. 24

(1) *Engineering Review*, 20 septembre 1895.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à 29) : ce dernier appareil serait employé avec succès dans trois usines américaines.

Nous parlions l'an dernier des progrès de la fabrication de la fonte malléable aux États-Unis ; on trouvera à ce sujet des détails intéressants dans les comptes rendus de l'*American Society of Civil Engineers* (1). Aux ateliers de construction de locomotives de Baldwin, à Philadelphie, on a essayé des pistons en fonte malléable, qui auraient donné de bons résultats (2), notamment sur la *South Carolina and Georgia Ry ;* on a fait aussi en fonte malléable des bielles d'accouplement (3), et on se déclare satisfait du résultat de ces essais. Signalons en terminant ce chapitre l'excellente série d'articles publiée vers la fin de 1895 et le début de 1896 par le journal anglais *Engineering*, sous le titre de *Modern Foundry Practice.*

ACIERS SPÉCIAUX

L'une des principales difficultés que l'on éprouve à fabriquer les aciers sur sole provient du défaut d'homogénéité du bain. Cet inconvénient, déjà sérieux pour les aciers au manganèse, est extrêmement grave dans le cas des alliages au chrome et au nickel. Pour y remédier, on a essayé des mélangeurs mécaniques, en fer ou en bois de bouleau. Un autre procédé, décrit par M. Wedding (4), consiste à ajouter au bain de fer fondu un mélange composé du métal à introduire dans l'alliage, avec de la chaux et du coke ou du charbon de bois en poussier. On sait avec quelle rapidité le carbone se répand à travers une masse de métal fondu ; la carburation a un effet mélangeur qui donne, au point de vue de l'homogénéité de l'alliage, des résultats très satisfaisants.

On a essayé de fabriquer industriellement le ferro-aluminium, dont l'emploi se généralise dans la fabrication de l'acier, au moyen de la réaction suivante (5) : on chauffe dans un creuset à revêtement basique, durant quinze minutes environ, de l'oxalate de fer ; puis on mélange à l'oxyde de fer ainsi obtenu de l'aluminium, avec de la chaux et de la fluorine, qui servent de fondants ; on continue à chauffer, et on obtient l'alliage suivant :

Carbone	traces.
Silicium	3.50 à 3.55 p. 100
Fer.	56.70 à 56.80 —
Aluminium	non publié —

(1) *Iron et Coal Trades Review*, 29 août 1895.
(2) *Engineering Review*, 20 juin 1896, p. 91.
(3) *Engineering Review*, 20 juillet 1896, p. 122.
(4) *Stahl u. Eisen* et *Engineering Review*, 20 juin 1896, p. 86.
(5) *Engineering Review*, 20 sept. 1895.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les matières qui ont servi à le préparer sont employées dans les proportions suivantes :

	kil.
Oxalate de fer	1,400
Aluminium	0,280
Chaux	0,060
Fluorine	0,045

Cet alliage a pour densité 4,85 ; il est extrêmement dur, il raye le verre, et n'est pas rayé par l'acier.

FABRICATION DU FER-BLANC

La fabrication du fer-blanc présente en ce moment un interêt tout particulier, à cause de la lutte engagée entre les producteurs anglais et américains. La moitié des usines à fer-blanc du pays de Galles ont arrêté leur production à la suite des efforts de l'industrie américaine ; 250 trains sont ainsi au repos, tandis que les États-Unis, qui ne possédaient guère qu'une usine à fer-blanc avant la mise en vigueur du tarif Mac-Kinley, ont aujourd'hui plus de 160 trains à « black plates ». L'exportation galloise de fer-blanc en Amérique était, l'année dernière, de 223 000 tonnes sur une exportation totale de 366 000 tonnes (1). Cette année, la proportion envoyée aux États-Unis ne sera vraisemblablement que de 50 p. 100 de la production totale, au lieu de 75 p. 100, chiffre courant avant le système Mac-Kinley. Il est vrai que depuis les nouveaux tarifs Wilson, les droits d'entrée ont diminué, mais le prix des matières premières a beaucoup baissé.

Les Anglais s'en tiennent à leurs anciennes méthodes de fabrication ; ils persistent à employer des trains ébaucheurs (2) qui économisent l'effort du laminoir à froid, et donnent des produits plus finis. Ils n'ont rien fait pour réduire la main-d'œuvre et emploient encore couramment huit hommes par four pour le chargement ; c'est à peine s'ils se sont contentés d'aider parfois le travail par des grues électriques (3).

La pratique américaine au contraire est caractérisée par les économies de main-d'œuvre, la rapidité du traitement et l'importance du tonnage passé aux laminoirs. Dans la méthode galloise et anglaise on passe des paquets de 20×42 pouces, dont on fait trois parties, de 20×14 pouces. En Amérique les deux tiers des commandes sont de 20×28, obtenues en passant aux cylindres des paquets de 20×56, et en les coupant en deux. Les cages classiques en Angleterre pèsent 7 tonnes ; les américaines, 11 tonnes (4).

(1) *Engineering Review*, 20 avril 1896, p. 305.
(2) *Id.*, 20 décembre 1895, p. 205 et *Metal Worker*.
(3) *Id.* 20 avril 1896, p. 315 et *Metal Worker*.
(4) *Metal Worker* (New-York) et *Engineering Review*, 20 décembre 1895, p. 205.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

A la suite des efforts des Américains, les « terne plates » américaines ont entièrement supplanté les « roofing plates » d'importation, dans la consommation des États-Unis; les « bright coke plates » dominent également le marché américain, à l'exclusion des produits gallois; enfin les « bright charcoal plates » tendent rapidement au même résultat. Ce n'est plus que pour quelques articles de choix, exigeant des aciers spéciaux, que l'Amérique reste tributaire de l'industrie du fer-blanc anglais (1).

Les conditions économiques sont cependant favorables à l'Angleterre (2). D'après les chiffres soumis à la *Billet Association* de New-York, l'acier Bessemer en billettes se vend dans le pays de Galles £ 4, 2 sh. 6 d., et les barres de « tinplate » seulement £ 3,15 sh. C'est donc principalement la législation douanière qui a favorisé le développement de cette industrie aux États-Unis.

Tant que l'acier Bessemer restera aux bas prix actuels, on comprend qu'il soit peu tentant pour les fabricants de fer-blanc de construire des fours à acier sur sole; la différence des prix de revient entre l'acier sur sole et l'acier Bessemer est plus forte que les avantages qui résultent de l'emploi de l'acier sur sol pour le fer-blanc. Par contre, l'acier sur sole peut être fondu en petits lingots, qui sont passés à un *bar mill*, et coûtent moins cher à laminer que de gros lingots qui exigent un *blooming*. Comme d'ailleurs l'installation d'un four à acier sur sole dans une usine à fer-blanc n'exige pas des capitaux énormes, peut-être y aurait-il là une évolution avantageuse aux fabricants de fer-blanc si le prix de l'acier Bessemer venait à s'élever.

L'*Engineering* a publié, au printemps 1895, une série d'articles très intéressants sur ce sujet, intitulés : *The Tin-Plate Industry in the United States*.

EMPLOI DE L'ÉLECTRICITÉ

Les procédés de fusion électrique ont fait dans ces derniers mois des progrès considérables, et à ces progrès est lié le nom d'un chimiste français, M. Moissan. Les travaux du Congrès de Chimie appliquée, tenu à Caen en octobre 1896, ont mis en lumière les récentes applications des procédés de fusion électrique ; nous ne reviendrons donc pas sur cette question, qui a été résumée d'une manière très intéressante dans le Compte Rendu publié par la *Revue générale des Sciences pures et appliquées*, dans son numéro du 15 novembre 1896. Bornons-nous à rappeler que des creusets destinés à la fusion électrique de la fonte et de l'acier sont entrés dans la pratique industrielle (3), et qu'une autre application inté-

(1) *Engineering Review*, 20 juillet 1896, p. 119.
(2) *Engineering Review*, 20 mai 1896, p. 17.
(3) *Iron and Coal Trade Review*, 31 janvier 1896.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ressante du même principe a été faite pour maintenir chaudes, dans les fonderies. les poches qui transportent le métal du cubilot aux moules (1).

Une curieuse application de l'électricité a été faite, aux chutes du Niagara, dans un atelier de forgeron : le métal à forger est chauffé par immersion dans un bac d'eau acidulée faisant partie d'un circuit; la durée de l'opération varie suivant la section, de huit secondes, à une minute; le courant a une intensité de 26 ampères, avec 220 volts de force électromotrice, et par ce procédé l'économie de chauffage est d'environ 50 p. 100.

En terminant cette revue, nous croyons utile de signaler à tous ceux qui s'intéressent aux progrès de la métallurgie le Mémoire lu au meeting de printemps de l'*Iron and Steel Institute*, en 1896, par le baron Juptner von Jonstorff, sur l'adoption de méthodes-types pour l'analyse chimique. Après avoir montré les divergences profondes entre les résultats des diverses méthodes, l'auteur conclut à la nécessité d'unifier ces méthodes pour rendre les essais comparables entre eux, et cela dans l'intérêt des progrès individuels comme dans celui de la science. Un pas a déjà été fait dans ce sens au dernier Congrès de la Conférence internationale pour l'unification des méthodes de mesure, à Zurich, en 1895; mais il reste encore beaucoup à faire; et c'est un véritable service qu'a rendu à la métallurgie M. Juptner de Jonstorff en exposant l'état de la question d'une manière aussi claire et aussi pressante, dans un mémoire où les intérêts industriels sont principalement invoqués.

(1) *Engineering Review*, 20 mars 1896.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS MÉCANIQUES

MOTEURS A VAPEUR

ÉTUDE DU FONCTIONNEMENT DES MOTEURS A UN CYLINDRE, par **M. E. Lefer.**

INTRODUCTION

Les moteurs à vapeur ont été l'objet, dans ces dernières années, d'études nombreuses de la part de savants et d'expérimentateurs, au premier rang desquels il convient de placer Combes, Reuner, Hirn et Hallauer.

L'intérêt de ces études est justifié par l'importance que ces moteurs ont acquise dans notre siècle. Elles ont toutes eu pour but de concourir à leur perfectionnement, soit qu'il s'agisse de déterminer les règles théoriques qui devaient présider à leur établissement, soit qu'il s'agisse de rechercher les meilleures conditions d'utiliser la vapeur en améliorant les distributions et les autres organes de ces moteurs pour arriver au meilleur rendement économique.

L'indicateur dynamométrique a été l'un des plus puissants moyens d'investigation mis à la portée des expérimentateurs pour étudier le fonctionnement intime des moteurs à vapeur.

Lorsque l'indicateur est bien construit et bien approprié aux pressions et vitesses de marche du moteur qu'il s'agit d'expérimenter et que, de plus, il est manié par des praticiens habiles, on peut le considérer comme un instrument parfait, enregistrant fidèlement, en les faisant ressortir sous forme graphique, toutes les phases de la distribution, ainsi que les divers phénomènes internes que présente la vapeur au cours de son passage dans le cylindre d'un moteur.

Les différentes phases de la distribution ont pu être étudiées à fond grâce à lui.

Elles sont maintenant suffisamment connues pour que le réglage des moteurs à vapeur ne présente plus aucune difficulté et puisse être fait avec certitude en vue d'obtenir de ces moteurs le plus grand rendement et la meilleure marche possibles.

Néanmoins, quelques phénomènes, cependant accusés par l'indicateur dynamométrique, ont jusqu'ici échappé à l'observation des expérimentateurs.

Ayant eu à relever depuis vingt ans un grand nombre de diagrammes sur des moteurs de divers systèmes, fonctionnant dans des conditions de marche très différentes les unes des autres sous le rapport de la pression, de l'introduction et de la vitesse, notre attention a été attirée sur la reproduction persistante de certaines ondulations des lignes obtenues, mises tout d'abord, et sans autre examen, au compte d'un fonctionnement défectueux des indicateurs ou de leurs accessoires.

Ces ondulations se reproduisant malgré toutes les précautions prises en vue de les éviter, à cause de la conviction qu'on avait qu'elles étaient produites par les appareils d'expérimentation, et quels que soient les indicateurs employés, lesquels présentent maintenant une assez grande variété de construction, nous avons été incité à rechercher quelles pourraient être les causes de leur production.

Une observation attentive et soutenue, appuyée sur les travaux des savants dont nous avons cité les noms plus haut et de quelques autres qui les ont suivis dans la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

même voie, nous a permis de reconnaître que les ondulations dont il s'agit et qui existent d'une façon plus ou moins accentuée sur la presque totalité des diagrammes relevés, ont pour cause des phénomènes réels que subit la vapeur pendant son passage dans le cylindre des moteurs, lesquels phénomènes sont ainsi enregistrés et livrés à la méditation de ceux qui cherchent les moyens de perfectionner les moteurs à vapeur par l'étude de leur fonctionnement intime.

Les phénomènes mis ainsi en évidence ont, comme nous le verrons plus loin, une action capitale sur le fonctionnement économique des moteurs à vapeur.

Ils sont cause que le fonctionnement le plus économique des moteurs à vapeur ne peut être celui indiqué par la théorie et en diffère très notablement.

Toutefois, leur étude permettra, dans plus d'un cas, d'améliorer le fonctionnement de ces moteurs et de reconnaître ce que celui-ci aura d'anormal.

Notre but, en publiant le présent travail, est de signaler à tous ceux qui s'occupent de moteurs à vapeur l'existence réelle de phénomènes seulement soupçonnés mais non démontrés jusqu'à présent, et qu'il sera dès maintenant facile de constater à première vue, à la simple lecture des diagrammes, afin qu'ils puissent vérifier eux-mêmes nos indications et en tirer les déductions qu'il convient.

Ce faisant, il deviendra ensuite possible de se rendre compte au préalable, d'une façon approximative, des conditions économiques probables d'un moteur en projet, ce qui peut présenter un certain intérêt dans beaucoup de cas.

ÉTUDE DE LA VARIATION DE TEMPÉRATURE DES PAROIS DU CYLINDRE ET DE LEUR ACTION

Lorsque de la vapeur est introduite dans le cylindre d'un moteur pour y produire un travail mécanique, elle possède une certaine pression et une température correspondant à cette pression, laquelle est donnée par les tables de Regnault.

Si on suppose que le mouvement pris par le piston sous l'action de la pression de la vapeur soit assez lent pour que les parois du cylindre aient le temps de se mettre en équilibre de température dans toute leur épaisseur avec la vapeur affluant de la chaudière, par suite de leur contact prolongé avec cette vapeur, il faudra admettre que c'est cette dernière qui fournit la chaleur absorbée par elles, et que, par suite, il y aura condensation d'un certain poids de vapeur sur ces parois, auxquelles elle devra céder la chaleur nécessaire à leur élévation de température.

Il est bien évident ici que les choses ne peuvent se passer différemment, et qu'une élévation quelconque de la température des parois aura toujours lieu au détriment de la vapeur qu'elles renferment, laquelle devra leur céder par condensation la chaleur dont elles auront besoin pour cette élévation de leur température.

La condensation de vapeur résultant d'une cession quelconque de chaleur aux parois du cylindre sera plus ou moins importante selon l'augmentation de température à effectuer, l'étendue desdites parois et la durée du contact.

Si, pendant que le réchauffage des parois a lieu au détriment de la vapeur contenue dans le cylindre, celle contenue dans la chaudière continue à affluer, le poids de vapeur qui aura été condensé sur les parois sera remplacé par un poids équivalent de vapeur prise à la chaudière, et cette consommation de vapeur employée au réchauffage des parois ne sera pas accusée par le diagramme relevé sur le moteur.

L'expérimentateur ne pourra donc se douter de ce qui s'est passé dans le cylindre

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

en examinant le diagramme obtenu pendant cette première phase du fonctionnement du moteur, au moins en ce qui concerne les moteurs à un cylindre. (Il n'en sera pas de même pour les moteurs à deux ou plusieurs cylindres sur le fonctionnement desquels la condensation examinée ci-dessus a une influence parfaitement accusée par les diagrammes).

Supposons maintenant que le piston de la machine à vapeur continue à avancer toujours très lentement, et, qu'en un certain point de sa course, le tiroir de distribution ferme l'entrée de la vapeur dans le cylindre. — Il y aura alors détente de la vapeur précédemment admise et maintenant emprisonnée dans le cylindre, c'est-à-dire, qu'au fur et à mesure que le piston avancera vers l'extrémité de sa course, le volume de vapeur contenu dans le cylindre augmentera en même temps que sa pression diminuera, tout en transmettant audit piston un travail mécanique variable.

La vapeur contenue dans le cylindre se détendant en fournissant un certain travail mécanique, sa température variera également et diminuera en même temps que la détente augmentera.

D'après ce que nous avons dit plus haut, les parois du cylindre se seront mises, pendant l'introduction de la vapeur, en équilibre de température avec elle, en en condensant un certain poids, qui, selon toute probabilité, reste déposée sur la surface de ces parois en couche liquide très mince.

Si donc la détente a lieu d'une façon très lente, comme nous l'avons admis, et que la température de la vapeur diminue progressivement, les parois du cylindre précédemment chauffées devront se mettre encore en équilibre de température avec la vapeur qu'elles renferment, en cédant à cette dernière, au fur et à mesure que sa température diminuera, la chaleur qu'elles avaient absorbée à son détriment pendant la période d'introduction.

Mais comme ces parois sont recouvertes d'une couche d'eau ayant probablement une très faible épaisseur, et possédant la même température qu'elles, c'est-à-dire la température qu'avait la vapeur lors de son introduction dans le cylindre, aucun autre équilibre de température ne pourra s'établir entre ces parois et la vapeur qui se détend sans que la couche d'eau interposée entre elles ne se vaporise soit entièrement, soit partiellement, en reprenant ainsi aux parois la chaleur cédée pendant l'introduction par la condensation de la vapeur arrivant de la chaudière.

Il n'y a que la vaporisation de cette eau, qui, en absorbant la chaleur qu'elle avait précédemment fournie aux parois par condensation, puisse les mettre assez rapidement en équilibre constant de température avec la vapeur qu'elles renferment, de telle sorte que, tout compte fait, les parois ne font que restituer d'une façon plus ou moins complète la chaleur qu'elles avaient empruntée à la vapeur lors de son introduction dans le cylindre.

Il suit donc, de ce que nous venons de dire ci-dessus, que, plus la détente de la vapeur sera étendue, plus les parois devront céder de chaleur à l'eau qui les recouvre. La vaporisation de cette eau variera avec l'importance de la détente et sera d'autant plus forte que la détente sera plus complète. — En raison de l'existence de ce phénomène, on trouvera presque toujours, d'après les diagrammes des moteurs à un cylindre, un poids de vapeur accusé plus fort à la fin de la détente que celui présent à la fin de l'introduction à pleine pression; et il est utile de remarquer dès maintenant que cette augmentation du poids de vapeur présent dans le cylindre ne peut avoir d'autre cause physique que celle que nous indiquons ci-dessus.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il y a lieu de remarquer aussi que, pendant que le piston du moteur continue son mouvement très lent, il découvre de nouvelles parties de parois ayant une température moins élevée que celle de la vapeur avec laquelle elles vont entrer en contact, et que, par conséquent, il se produira sur ces parties de parois des condensations nouvelles, en même temps que, par le fait de la détente et de la diminution de température qui s'ensuit, l'eau déposée précédemment sur les autres parties de parois, au début de l'introduction de la vapeur, se vaporisera comme nous l'avons dit ci-dessus. — De même, le piston continuant sa course, découvrira encore de nouvelles parties de parois succédant à celles qui viennent d'être découvertes précédemment, et les même phénomènes se reproduiront, avec cette différence que les parties de parois précédemment découvertes ne causeront plus aucune condensation, mais contribueront à leur tour à la vaporisation de tout ou partie de l'eau qui les recouvrira par suite de la continuation de la détente et de l'abaissement de température de la vapeur qui en est la conséquence.

On pourrait donc penser que ces deux effets se neutralisent et que le poids de vapeur présent dans le cylindre ne doit pas beaucoup varier; mais si on observe que, d'une part, les parois réchauffées pendant l'introduction de la vapeur arrivant de la chaudière sont constituées par les surfaces du piston du couvercle et des canaux du cylindre du moteur, lesquelles sont très grandes par rapport aux parties de parois successivement découvertes par le mouvement du piston, et que, d'autre part, ces parties de parois successivement découvertes par l'avancement du piston ne sont mises en contact qu'avec de la vapeur déjà détendue, dont la température diminue progressivement, de telle sorte qu'une portion quelconque de la surface des parois, après avoir absorbé de la chaleur en provoquant la condensation d'un certain poids de vapeur, cède à son tour de la chaleur pour vaporiser l'eau qui s'était déposée précédemment sur elle, on pourra admettre qu'il se vaporise plus d'eau pendant la détente, par suite de la grande surface de parois couvertes d'eau et soumises à un changement de température, qu'il ne se condensera de vapeur pendant cette même détente sur les parties de parois découvertes successivement par le piston dans son mouvement, et que, par conséquent, le poids de vapeur présent dans le cylindre devra être plus fort à la fin de la détente que celui apparent admis pendant l'introduction et accusé par le diagramme.

Il suit donc de là que la vaporisation de l'eau déposée sur les parois sera variable avec l'étendue de la détente, et souvent moins importante que n'aura été la condensation de la vapeur sur ces mêmes parois à son entrée dans le cylindre du moteur.

Pendant la détente de la vapeur, il se produit encore une condensation de celle-ci, déterminée par le travail mécanique qu'elle transmet au piston, et qui exige l'absorption d'un certain nombre de calories.

Cette condensation agit également pour neutraliser partiellement le phénomène de vaporisation dû à l'action des parois; mais, dans les moteurs à un cylindre, son importance est toujours faible par rapport à cette action, et n'apparait pour ainsi dire jamais.

Généralement, la vapeur arrivant de la chaudière contient, à son entrée dans le cylindre du moteur, de l'eau en suspension, provenant soit d'un entraînement de l'eau de la chaudière, soit, le plus souvent, d'une condensation préalable due à une insuffisance de protection des tuyaux, robinets, et du cylindre lui-même, contre les refroidissements extérieurs, auxquels on n'attache pas assez d'importance.

Cette eau en suspension possède évidemment la même température que la vapeur qui la contient et est introduite dans le cylindre avec cette dernière.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Qu'elle se dépose ou non sur les parois, elle n'en est pas moins soumise aux phénomènes que nous avons signalés, avec cette différence cependant que, si elle reste en suspension, elle ne cédera jamais que l'excédent de chaleur qu'elle contient par rapport à la température de la vapeur qui se détend et pourra ne se vaporiser que partiellement; tandis que, déposée sur les parois, elle pourra être vaporisée entièrement par l'action de celles-ci en présence d'une détente étendue ou d'une diminution importante de la température de la vapeur contenue dans le cylindre.

Dans un cas comme dans l'autre, le phénomène de vaporisation plus ou moins important qu'elle subit s'ajoute à celui dû à l'action des parois sur l'eau qui les recouvre par suite de la condensation à l'admission, et augmente par conséquent la valeur du poids de vapeur présent dans le cylindre après la fin de la détente.

De tous les phénomènes de vaporisation et de condensation que nous venons d'examiner, et qui ont lieu souvent simultanément, les uns ou les autres peuvent être prédominants, et il peut y avoir, selon les cas, plus ou moins de vapeur présente dans le cylindre à la fin de la détente par rapport au poids de vapeur présent à l'introduction.

Cependant, le plus souvent, dans les moteurs à un cylindre, on trouve, à la fin de la détente, un poids de vapeur présent dans le cylindre plus fort que celui accusé par le diagramme à la fin de l'introduction. C'est l'indice d'un phénomène important de vaporisation, dont nous pourrons nous rendre un compte exact plus loin, en étudiant les diagrammes relevés sur quelques machines.

Si, dans le moteur dont nous venons d'examiner le fonctionnement, nous continuons à faire mouvoir le piston en le faisant revenir toujours très lentement vers le point duquel il est parti, il refoulera dans l'atmosphère extérieure ou dans un appareil de condensation la vapeur qui était précédemment contenue derrière lui, et qui l'avait mis en mouvement sous l'action de sa pression d'abord et ensuite de sa détente.

Dès le début du mouvement rétrograde du piston, le tiroir dit d'échappement se sera ouvert pour donner libre passage à la vapeur détendue, afin qu'elle puisse sortir librement du cylindre.

A ce moment, et si la détente n'a pas été complète pendant l'aller du piston, la vapeur se précipitera au dehors du cylindre en se détendant encore jusqu'à la pression du milieu dans lequel elle pénètre, et elle subira en même temps une chute de pression qui aura pour résultat de provoquer une vaporisation nouvelle de l'eau restant sur les parois, si toute celle-ci n'a pas été vaporisée pendant la détente. Il en résultera donc un nouvel abaissement de température pour lesdites parois, qui sera d'autant plus important qu'il y aura plus d'eau présente dans le cylindre et sur leur surface, parce que, d'une part, le tiroir d'échappement reste ouvert pendant la presque totalité de la course du piston, c'est-à-dire pendant un temps relativement long, que, d'autre part, la pression du milieu dans lequel la vapeur s'échappe est toujours notablement inférieure à celle qui existe dans le cylindre à la fin de la détente, et que, par suite, la température de la vapeur diminue pendant son écoulement.

La vapeur pouvant s'écouler librement et passer très facilement de la pression qu'elle avait encore à la fin de la détente à celle du milieu dans lequel se fait son écoulement, subit un abaissement de température. Les parois du cylindre devront donc, pour se mettre en équilibre de température avec elle, céder leur chaleur à l'eau qui les recouvrira en la vaporisant. — Cette cession pourra être très importante si le poids d'eau déposé sur leur surface est relativement considérable.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Si, lorsque le piston sera arrivé en un certain point de sa course rétrograde, le tiroir d'échappement se ferme, et que le piston continue néanmoins son mouvement, il se produira une compression de la vapeur restant emprisonnée entre le piston et le fond du cylindre.

Le volume de vapeur ainsi emprisonné diminuera donc de plus en plus, jusqu'à ce que le piston soit arrivé à l'extrémité de sa course, pendant que la pression et la température de cette même vapeur augmenteront.

Mais si, comme nous l'avons admis plus haut, les parois s'étaient mises en équilibre de température avec la vapeur qui s'échappait alors du cylindre, aucune augmentation de température de la vapeur pendant sa compression ne pourrait avoir lieu sans que la température des parois ne s'élevât aussi, pour conserver l'équilibre de température sans lequel on ne peut concevoir le fonctionnement d'un moteur à vapeur; et cette élévation de température ne pourra se produire qu'au détriment de la vapeur comprimée, qui se condensera sur les parois en leur cédant partiellement la chaleur qu'elle contient, et donnera lieu ainsi à une production d'eau plus ou moins abondante, selon l'étendue de la compression.

Tous les phénomènes que nous venons de décrire étant bien établis et étant la conséquence, on pourrait même dire la résultante de la nature des corps mis en contact intime, lesquels ont la faculté de céder ou d'absorber très facilement la chaleur, nous pouvons examiner ce qui devra se passer dans le cylindre d'un moteur, si, contrairement à ce que nous avons admis jusqu'ici, le piston est animé d'une certaine vitesse.

Nous avons admis plus haut que, le mouvement du piston étant très lent, les parois du cylindre avaient le temps de se mettre en équilibre de température avec la vapeur qu'elles contenaient, c'est-à-dire de prendre la même température qu'elle, et ce dans toute leur épaisseur.

Pour que cette hypothèse puisse se réaliser, il est nécessaire que le mouvement du piston soit suffisamment lent, afin que la chaleur ait le temps de s'écouler de l'intérieur vers l'extérieur des parois, lorsque la vapeur arrive de la chaudière et est à haute température, et de l'extérieur vers l'intérieur des parois, lorsque la vapeur se détend ou s'échappe du cylindre et que lesdites parois doivent restituer à cette dernière la chaleur que celle-ci leur avait cédée pendant l'introduction.

On conçoit donc, pour que ce transport de chaleur ait lieu, qu'il faille un certain temps matériel que, jusqu'à présent, nous ne connaissons pas.

Il faut également un certain temps pour élever ou abaisser la température des parois directement en contact avec la vapeur qu'elles renferment, afin qu'elles puissent se mettre en équilibre de température avec elle, car cet équilibre ne peut être instantané. L'équilibre de température sera donc plus ou moins complet, selon la durée de contact des parois avec la vapeur à une température quelconque qu'elles renfermeront. Enfin, cet équilibre de température pourra n'exister qu'à la surface des parois, ou sur une faible profondeur, sans que toute leur épaisseur ait eu le temps de prendre la même température que la surface interne directement en contact avec la vapeur.

Un moteur à vapeur étant en marche industrielle, c'est-à-dire possédant une vitesse de piston de plusieurs mètres à la seconde, tous les phénomènes que nous avons décrits plus haut se produiront également dans son cylindre, dont toutes les parois subiront alternativement des écarts de température résultant du fonctionnement même de la machine.

La seule différence que présenteront ces écarts de température avec ceux que nous

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

avons examinés déjà, c'est qu'ils seront incomplets, c'est-à-dire moins accentués, et cela d'autant moins, que la vitesse de marche sera plus grande, non au point de vue de la vitesse du piston, mais à celui du nombre de tours du moteur à la minute.

Examinons un moteur marchant dans ces dernières conditions.

La vapeur, à son introduction dans le cylindre, sera mise en contact avec des parois possédant déjà une certaine température du fait de la compression précédente. Il s'en condensera donc moins pour réchauffer les parois que dans le cas examiné plus haut. Mais si le mouvement de la machine est rapide, la durée de contact de la vapeur introduite avec les parois du cylindre ne sera pas assez longue pour que les dernières aient le temps de prendre la température de la vapeur admise, et la détente commencera alors que les parois continueront à absorber de la chaleur au détriment de la vapeur qu'elles renfermeront.

Il se condensera donc, pendant cette première période de la détente, une certaine quantité de la vapeur contenue dans le cylindre pour réchauffer les parois, en même temps qu'une certaine autre quantité due au travail de détente lui-même.

En un certain point de la détente, la température de la vapeur contenue dans le cylindre sera devenue égale à celle des parois, et la condensation s'arrêtera. Puis, la détente continuant et la température de la vapeur s'abaissant au-dessous de celle des parois, celles-ci céderont à leur tour la chaleur qu'elles contiendront en excès, et vaporiseront l'eau qui les recouvrira du fait des condensations précédentes.

Donc, si le mouvement du moteur s'accélère, la température des parois ne pourra atteindre complètement celle que possédera la vapeur à son introduction, et, plus la vitesse sera grande, moins cette température sera élevée, puisque la durée de contact des parois avec la vapeur indroduite sera diminuée au fur et à mesure que le nombre de tours du moteur augmentera.

Il suit donc de là que la condensation initiale à l'introduction d'un certain poids de vapeur devra être, par coup de piston, d'autant plus réduite que le nombre de tours sera plus grand.

La température que pourront prendre les parois pendant l'introduction de la vapeur variera avec la durée de cette introduction, et elle sera d'autant plus élevée que celle-ci sera plus longue, puisque la durée du contact des parois avec la vapeur qu'elles renfermeront sera plus grande.

A partir du moment où la température de la vapeur qui se détend aura atteint la température des parois qui la contiendront, la vaporisation de l'eau déposée sur ces parois s'effectuera, comme nous l'avons dit, et en leur enlevant de la chaleur. Cette cession de chaleur pourra être influencée par la vitesse du moteur, et sera certainement variable avec l'étendue de la détente. Elle pourra être presque nulle si la détente n'existe pas.

Arrivé à l'extrémité de sa course, après que la détente aura été effectuée, le piston commencera son mouvement rétrograde et le tiroir d'échappement découvrira l'orifice par lequel la vapeur doit se rendre dans l'atmosphère extérieure ou dans le condenseur.

A ce moment, les parois seront soumises au même refroidissement que celui que nous avons établi pour le fonctionnement du moteur à marche lente, mais avec cette différence cependant que, par suite de la rapidité de marche du piston, la chute de température desdites parois ne pourra être aussi complète que dans le cas précédent et qu'elles garderont un excédent de température par rapport à celle de la vapeur qui

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

s'échappe du cylindre. Si on remarque qu'il y aura eu moins de vapeur condensée sur les parois au moment de l'admission par suite de la rapidité de marche du moteur, on devra admettre aussi que leur refroidissement devra être moins considérable, puisqu'il y aura moins d'eau à vaporiser soit pendant la détente, soit pendant l'échappement, et que la durée de ce dernier sera réduite en raison de la vitesse.

Il résulte donc de ceci que, plus la marche d'un moteur sera accélérée, plus la variation de température des parois sera réduite, de même que les condensations et vaporisations internes de la vapeur lors de son passage dans le cylindre.

Lorsque le piston sera arrivé au point de sa course où le tiroir ferme l'orifice par lequel la vapeur s'échappait du cylindre, la compression commencera comme nous l'avons dit plus haut. Mais ici, cette compression différera notamment de celle déjà examinée. En effet, la vapeur comprimée entre le piston et le fond du cylindre sera emprisonnée, en vertu de ce que nous venons de dire, entre des parois ayant une température plus élevée que la sienne propre.

Il s'ensuivra donc que cette vapeur, dont la température sera augmentée et par la compression subie et par son contact avec les parois, se surchauffera d'abord, si elle est sèche, puis, lorsque sa température aura atteint celle des parois, toute nouvelle compression aura pour résultat d'augmenter la température de la vapeur comprimée et aussi celle des parois qui la renfermeront, et il y aura, à ce moment, une condensation du fait de l'absorption par les parois d'une partie de la chaleur produite, pour qu'elles se mettent en équilibre de température avec la vapeur comprimée.

On peut donc déduire de ce phénomène, complètement différent de celui dû à la compression dans le cas d'une marche lente du moteur, que plus sa marche sera accélérée, plus la condensation pendant la compression sera réduite.

De cette étude du fonctionnement du moteur à marche accélérée et des différentes phases du passage de la vapeur dans son cylindre, on peut donc conclure, qu'au point de vue de la réduction des condensations internes, qui sont celles qui influent sur la consommation, il y a intérêt à augmenter la vitesse de marche.

Cette vitesse de marche s'entendra en ce sens que c'est le nombre de coups de piston qui doit être augmenté, car, plus celui-ci sera grand, plus la durée de contact de la vapeur avec les parois sera réduite, et plus aussi seront réduites les variations de température de ces parois, lesquelles, si la vitesse de marche des moteurs était très grande, pourraient être réduites à quelques degrés.

Ceci est d'ailleurs d'accord avec la pratique, et on sait que les moteurs à marche lente ont des consommations très élevées, alors qu'on a pu réduire celles-ci en augmentant les vitesses de marche parce qu'on a diminué ainsi les condensations internes relatives qui seules étaient cause de ces consommations exagérées.

Il semblerait résulter, de ce que nous venons de dire, que les parois du cylindre, dans le cas d'une marche très rapide, prendraient une température moyenne entre la température que possède la vapeur lors de son introduction et celle qu'elle possède encore à l'échappement. Ce serait une erreur de le croire, car, alors même que le cylindre n'aurait pas d'enveloppe, la vapeur contenue dans la boîte à tiroir tiendrait cette boîte à la même température qu'elle, et par suite cette vapeur céderait par conductibilité, à tout le métal du cylindre, une notable quantité de chaleur presque entièrement employée à élever la température des parois de ce dernier.

Cette cession de chaleur par la vapeur arrivant de la chaudière a lieu au détriment de celle-ci, qui se condense en partie pour y satisfaire, et c'est une des raisons prin-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cipales pour lesquelles la vapeur n'est jamais sèche à son entrée dans les cylindres des moteurs.

La condensation dans la boîte à vapeur est une cause d'augmentation de la consommation du moteur, à laquelle on peut remédier en partie par l'emploi judicieux d'une enveloppe de vapeur autour du cylindre. Mais il faut remarquer, qu'en augmentant la température des parois du cylindre, la chaleur ainsi cédée modifie aussi les condensations internes à l'admission et pendant la compression, qui deviennent alors moins importantes, en sorte qu'on retrouve de ce côté une partie de ce qui a été perdu du fait de la condensation initiale produite dans la boîte à vapeur.

Il se produit encore, pendant le fonctionnement du moteur, des condensations, soit dans la boîte à vapeur, soit dans l'intérieur même du cylindre, résultant de ce que celui-ci est généralement insuffisamment protégé contre les refroidissements extérieurs, auxquels on n'attache pas l'importance qu'il conviendrait d'y apporter.

L'eau produite par ces condensations a une influence capitale sur la consommation des moteurs, auxquels elle soustrait beaucoup de chaleur en se vaporisant aux dépens des parois lors de la période d'échappement; chaleur entièrement perdue, car elle se rend directement au condenseur sans aucun effet utile. — Il faut donc, pour améliorer la consommation des moteurs, empêcher le plus qu'on le peut les condensations internes de se produire soit avant l'entrée de la vapeur dans le cylindre et ses annexes, soit pendant son passage dans celui-ci.

Toutes les causes de diminution ou d'augmentation de la température des parois des cylindres, que nous venons d'exposer, ont, sur la consommation des moteurs, des effets variables, qui doivent être étudiés attentivement.

Il semble résulter de l'observation que, dans un moteur quelconque en ordre de marche, les chutes de température sont constantes, quelles que soient les admissions de vapeur et la détente, et que, par suite, les condensations internes sont constantes également et peuvent être déterminées une fois pour toutes dans chaque cas particulier, ainsi que nous le verrons par un exemple remarquable.

ÉTUDE DE LA COMPRESSION

Dans tous les moteurs à vapeur, par suite des exigences de leur construction et de leur fonctionnement, il existe, à chaque extrémité des cylindres, des espaces ou volumes que nous appelons *espaces de construction*, parce qu'ils sont variables avec chaque type de moteur, et qu'il faut remplir inutilement de vapeur à chaque coup de piston.

La vapeur ainsi admise dans les espaces de construction constitue par elle-même une dépense additionnelle, car elle ne produit pas de travail à pleine pression, et elle modifie ensuite le travail produit pendant la détente, en ce sens que la détente n'est pas aussi complète qu'elle le serait s'ils n'existaient pas.

On reconnaît donc à première vue qu'il y a intérêt à réduire ces espaces le plus possible, mais, comme on ne peut les supprimer complètement, on a imaginé de fermer le tiroir d'échappement avant que le piston ne soit parvenu à la fin de sa course pendant la période d'expulsion de la vapeur, de telle sorte qu'une partie de celle-ci, restant encore dans le cylindre et lesdits espaces, soit emprisonnée et comprimée jusqu'à ce que le piston soit arrivé à la fin de sa course, et ce, pour obtenir

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

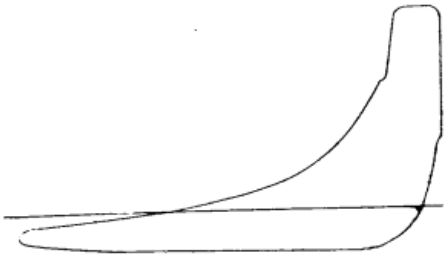


Diagramme 9. — Machine à 4 tiroirs. Détente variable par le régulateur. 16 tours par minute. Pression initiale 4k,8.

Diagramme 15. — Machine à 4 tiroirs. Détente variable par le régulateur sans condensation. 60 tours.

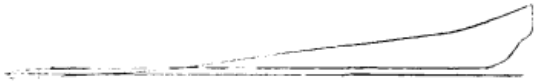


Diagramme 11. — Machine à un tiroir. Détente *Meyer* à la main. 80 tours. Pression initiale 4k,30.

Diagramme 18. — Machine à 4 tiroirs. Détente variable par le régulateur sans condensation. 70 tours. Pression initiale 5k,2.

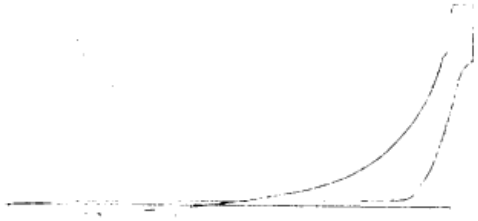


Diagramme 12. — Machine à 4 tiroirs. Détente variable sans condensation. Pression initiale 5k,2.

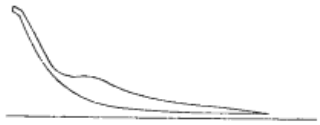


Diagramme 19. — Machine à un tiroir. Détente variable par le régulateur. 300 tours.

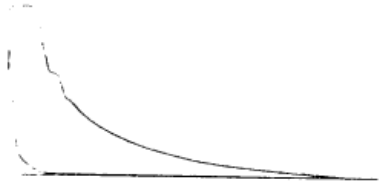


Diagramme 13. — Machine à 4 tiroirs. Détente variable par le régulateur. 71 tours.

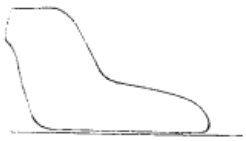


Diagramme 22. — Machine à un tiroir. Détente variable par le régulateur. 300 tours.

Diagramme 14. — Machine à 4 tiroirs sans condensation. 60 tours.

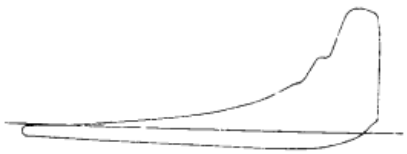


Diagramme 25. — Machine à 4 tiroirs. Détente variable par le régulateur. 130 tours.

Fig. 1. — Diagrammes 9, 11, 12, 13, 14, 15, 18, 19, 22, 25.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

que sa pression soit augmentée et ramenée autant que possible à la pression de la vapeur qui, arrivant de la chaudière, va être introduite dans le cylindre pour une nouvelle course.

On espérait, par l'emploi de ce moyen, annuler la dépense additionnelle de vapeur que nous venons de signaler, et par suite améliorer la consommation.

Nous avons examiné, dans le chapitre précédent, comment se comportait la vapeur ainsi comprimée au contact de parois ayant des températures diverses et suivant la vitesse du moteur.

Nous n'y reviendrons pas, mais nous ferons remarquer que le poids de vapeur ainsi soumise à la compression, étant généralement faible, ne contiendra qu'une faible quantité de chaleur relativement à celle que peuvent absorber les parois, et que la condensation produite devra être abondante par rapport à l'élévation de température des parois obtenue par l'effet de cette compression.

La courbe de compression devra donc être composée de deux courbes complètement distinctes, dont l'une correspondra à la période de compression pendant laquelle la vapeur comprimée est emprisonnée entre des parois ayant une température plus élevée que celle qu'elle possède elle-même, et où elle est par conséquent surchauffée, et dont l'autre correspondra à la période pendant laquelle la température de la vapeur comprimée est devenue supérieure à celle des parois qui la renferment et pendant laquelle aussi cette vapeur subira une condensation importante.

La pratique confirme que les phénomènes que nous avons décrits ci-dessus sont bien ceux auxquels donne lieu la compression telle qu'on la fait dans les moteurs à vapeur. Les diagrammes nos 9, 11, 12, 13, 14, 15, 18, 19, 22, 25 (fig. 1) relevés sur des moteurs en marche, ne peuvent laisser aucun doute à ce sujet.

A l'examen de ces diagrammes, on reconnaît que la courbe de compression s'élève rapidement en accusant une compression variable avec le système du moteur, mais régulière ; puis, lorsque cette compression a atteint une certaine valeur, la courbe s'infléchit tout à coup, et la pression de la vapeur comprimée cesse d'augmenter pour devenir à peu près constante, ce qui est l'indice d'une condensation sur les parois du cylindre.

Il ne faut pas confondre cette inflexion de la courbe avec une des phases de la distribution, et en particulier avec l'avance à l'admission, car alors la courbe, au lieu de s'infléchir brusquement, continuerait à s'élever jusqu'à atteindre la pression de la vapeur dans la boîte à tiroir avant la fin de la course du piston.

Le point de la courbe où se produit l'inflexion brusque qui révèle le phénomène de condensation interne de la vapeur comprimée est variable.

Il dépend de la pression de la vapeur admise, de la durée de l'introduction, du volume des espaces de construction, de la vitesse de marche du moteur, de la transmission de la chaleur aux dépens de la vapeur contenue dans la boîte à tiroir ou dans l'enveloppe, quand il y en a une, de la pression de la vapeur d'échappement, enfin d'un très grand nombre de facteurs.

Il n'y a qu'un relevé de diagrammes sur un moteur qui puisse renseigner à quel point de la courbe cette inflexion se produit.

On voit donc que la compression de la vapeur dans le cylindre d'un moteur donne lieu à une production d'eau d'autant plus importante qu'on voudra la prolonger et élever la température des parois par son emploi.

Il est vrai que la vapeur arrivant de la chaudière, et trouvant des parois réchauffées

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

par la compression, se condensera en moins grande quantité dans le cylindre d'un moteur dont la distribution sera établie pour réaliser une forte compression ; mais, en somme, la proportion d'eau présente dans le cylindre à l'introduction sera toujours la même, car, du moment qu'il faut élever la température des parois du cylindre, il faut aussi qu'il y ait de la chaleur cédée par la vapeur renfermée entre ces parois, que celle-ci soit comprimée ou qu'elle vienne de la chaudière.

Ce poids de vapeur ainsi condensée à chaque coup de piston est une quantité qu'on peut considérer sans grande erreur comme constante dans un moteur en marche normale, ainsi que nous le démontrerons plus loin.

Ceci fait voir que, si la compression diminue la condensation de la vapeur arrivant de la chaudière, elle ne peut diminuer le poids d'eau déposée sur les parois, ni, par conséquent, empêcher les phénomènes que nous avons décrits de se produire.

Il est donc inutile de pousser la compression assez loin pour qu'elle atteigne la pression de la vapeur contenue dans la boîte à tiroir, car lorsque la vapeur comprimée a atteint une température égale à celle des parois du cylindre, toute augmentation de cette compression n'a plus pour résultat que de donner lieu à une production abondante d'eau causée par l'absorption de chaleur que nécessitent les parois pour que leur température s'élève en même temps que celle de la vapeur qu'elles renferment.

Quelle doit être l'étendue de la compression, c'est-à-dire, jusqu'à quel point doit-elle être faite ? C'est là une question intéressante, sur laquelle l'accord n'existe pas.

Nous allons examiner quelques-unes des raisons qui, en dehors de celle relative à l'action des parois, donnée plus haut, peuvent guider sur les limites auxquelles il convient de pousser la compression.

La compression employée dans les moteurs à vapeur pour différents motifs ne doit pas, en principe, être une cause de dépense. Or, si on remarque que, dans un moteur en marche industrielle, la vapeur est introduite dans un cylindre où elle produit un certain travail mécanique à pleine pression d'abord et à détente ensuite, puis, que ce travail est transmis au volant de la machine par l'intermédiaire d'organes absorbant une certaine force, il y aura déjà là, entre le travail produit dans le cylindre et celui disponible sur le volant, une différence ou perte de travail variable qu'on appelle rendement de la machine, ou coefficient de rendement.

Si on admet que la vapeur, à la fin de la détente dans le cylindre, a une pression assez faible pour être négligée, on reconnaîtra que, pour que la compression puisse être produite dans le cylindre, il faut qu'elle soit opérée par l'intermédiaire de la force d'inertie emmagasinée dans le volant.

Or, cette force d'inertie du volant doit, pour se transmettre au piston du moteur, repasser encore une fois par les mêmes organes de transmission que précédemment, et il y a là une seconde perte de rendement.

Il s'ensuit que la vapeur introduite dans le cylindre a fourni un certain travail transmis au volant, et que celui-ci a restitué ce travail, mais diminué de deux fois la valeur du travail absorbé par les frottements du piston opérant la compression, ce qui revient à dire que la compression effectuée dans le cylindre d'un moteur à vapeur quelconque correspond à une dépense égale à deux fois le poids de vapeur nécessaire pour vaincre les frottements.

Si donc on admet qu'un moteur à vapeur a un rendement de 0,90 p. 100, ou que les frottements absorbent 10 p. 100 de la puissance développée dans le cylindre, on aura, pour la pression que ne devra pas dépasser la vapeur à la fin de la compression,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

$0,9 \times 0,9 = 0,81$ de la pression initiale, pour qu'elle ne coûte rien au moteur.

Pousser la compression plus loin que cette limite dans le cylindre d'un moteur à vapeur, ne pourrait avoir pour résultat que de faire dépenser à l'introduction le poids de vapeur supplémentaire destiné à l'effectuer.

Dans le cas où le moteur aurait un rendement moindre que 0,90 p. 100, la compression devrait être encore plus réduite. Si, par exemple, le rendement n'était que 0,80, la compression ne devrait dépasser les $0,8 \times 0,8 = 0,64$ p. 100 de la pression initiale, soit les 3/5 de cette pression.

On voit donc, qu'au point de vue dela dépense de combustible et de vapeur, il y a dans ces cas intérêt à limiter la compression des 3/5 aux 4/5 de la pression que possède la vapeur à son arrivée au cylindre.

La principale raison d'être de la compression dans les moteurs à vapeur, c'est la présence des espaces de construction, qu'il faut remplir de vapeur ayant déjà servi avant que celle arrivant de la chaudière ne pénètre dans le cylindre, afin de réduire la consommation de cette dernière.

Il en est encore une autre, d'un ordre tout différent.

Presque tous les moteurs modernes sont à mouvement alternatif du piston, lequel mouvement est généralement transformé en mouvement de rotation par l'intermédiaire d'organes appropriés qui sont précisément ceux qui absorbent une partie de la puissance produite dans le cylindre sous forme de frottements, de réactions, etc.

Ces organes ne peuvent fonctionner sans un certain jeu dans leurs articulations, et comme il y a, à chaque course du piston, un changement de sens de son mouvement et par suite dans les jeux existants entre les organes, il en résulte que, pendant un temps très court, le contact cesse entre ces organes, qui se meuvent alors isolément et sans charge, puis, lorsqu'ils rentrent en contact à nouveau et brusquement, il se produit des chocs, qui non seulement sont pernicieux pour le moteur quant à sa solidité et à son bon fonctionnement, mais encore donnent lieu à une perte de travail développé inutilement sous formes de forces vives, de vibrations ou de production de chaleur, laquelle perte peut quelquefois être importante.

On empêche ces effets de se produire en faisant usage de la compression. Celle-ci augmente la résistance opposée au mouvement des organes dont il s'agit progressivement, d'une façon régulière et continue, au moins pendant une bonne partie de sa durée. Il en résulte, qu'en un certain point de la course du piston, la résistance opposée par la compression au mouvement des organes articulés, après leur avoir été inférieure, devient égale aux efforts développés par ces organes, puis ensuite et progressivement leur est supérieure, et il s'ensuit qu'ils entrent en contact sans chocs parce que, au moment où ce contact se produit, les vitesses des différents organes articulés sont devenues sensiblement égales, et qu'ainsi les jeux ménagés dans les articulations peuvent être parcourus et franchis sans grande différence de vitesse et par conséquent sans chocs.

La compression employée dans ce cas sert donc de frein aux forces d'inertie emmagasinées dans les organes à mouvement alternatif. Sans son emploi, les vitesses accélérées des moteurs ne pourraient être utilisées, car il se produirait, à chaque extrémité de la course du piston, des chocs dus aux changements brusques du sens du mouvement des organes.

Il est très facile de se rendre compte de ces effets lorsqu'on dispose d'un moteur pouvant fonctionner à volonté avec ou sans condensation.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans la marche à condensation, la compression est toujours insuffisante pour absorber l'excédent des forces d'inertie que possèdent encore les pièces douées d'un mouvement alternatif lorsque le piston parvient à l'extrémité de sa course, et on constate, dans ce cas, des chocs des pièces entre elles, des vibrations des bâtis, paliers, massif, et même des constructions dans lesquelles le moteur est installé.

Si, de la marche à condensation, on passe à celle sans condensation, la compression, étant constante, se trouve être relativement plus importante parce que la pression de laquelle elle part est plus élevée, la marche du moteur devient silencieuse et les chocs et vibrations constatés dans la marche à condensation disparaissent complètement.

De ce qui précède, il résulte que plus la vitesse des organes des moteurs est grande, plus forte doit être la compression pour absorber et restituer ensuite le travail dû aux forces d'inertie de ces organes.

Il y a lieu de remarquer que si, dans le cas des grandes vitesses, on ne faisait pas usage de la compression, il faudrait tout d'abord dépenser un certain poids de vapeur pour fournir le travail nécessité par la vitesse qu'il faut communiquer aux organes des moteurs; puis ensuite, lorsque ces organes arriveraient à extrémité de course, il faudrait que les paliers et supports absorbassent à leur tour par réaction l'excédent de la force vive qu'ils posséderaient encore, et qui serait ainsi dépensée sous forme de chocs, vibrations ou effets caloriliques. Il y aurait donc, dans ce cas, perte de rendement du moteur et augmentation de la dépense de vapeur, car le travail absorbé par ces réactions est entièrement perdu au point de vue industriel.

On observe, lorsque l'introduction varie dans le cylindre d'un moteur sans que la vitesse de celui-ci soit modifiée, que les ressauts indiquant sur les diagrammes que des condensations internes se produisent pendant la compression occupent des positions variables, d'autant plus élevées que les introductions ont été plus prolongées.

Ces ressauts peuvent même disparaître complètement lorsque l'introduction atteint une certaine valeur, comme lorsque, par exemple, elle a lieu pendant toute la course du piston. Ceci semble, selon toute vraisemblance, être produit par ce fait que, plus les introductions sont longues et plus longtemps la vapeur introduite est en contact avec les parois. — Il en résulte donc que ces dernières absorbent une plus grande quantité de chaleur et gardent une température d'autant plus élevée que la durée de ce contact a été plus prolongée.

Si, comme nous le verrons plus loin, on peut admettre que la chaleur cédée par ces mêmes parois pendant la détente et l'échappement ne dépend que de la durée de ces phases, on reconnaîtra que la température des parois restera toujours plus élevée lorsque les introductions auront été prolongées et que ces phases auront eu une faible durée.

La vapeur comprimée par le piston sera donc emprisonnée entre des parois dont la température variera avec la durée de l'introduction de la vapeur, et, par conséquent le point où la température de cette vapeur comprimée atteindra celle des parois et où la condensation se produira sera variable également et d'autant plus élevé que la durée de l'introduction aura été plus grande. Il pourra même arriver que cette condensation ne soit plus visible sur le diagramme, comme c'est le cas lorsque la vapeur est introduite pendant toute la course du piston, parce qu'alors la quantité de chaleur emmagasinée dans les parois et la température que celles-ci auront acquise seront suffisantes pour empêcher cet effet de se produire, car ces quantités seront considérables par rapport au poids de vapeur comprimée et cette dernière sera surchauffée pen-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dant toute la durée de la compression, ainsi que cela pourra être constaté par l'examen du diagramme.

Nous avons dit plus haut que, dans le cas de la marche rapide d'un moteur les parois du cylindre devaient éprouver de moindres oscillations de température, et que celle-ci devait se rapprocher d'une moyenne que nous ne connaissons pas quant à présent, mais qui doit influer sur la compression. Le diagramme n° 19 a été relevé sur une machine donnant 10 coups de piston par seconde, soit une vitesse de 300 tours par minute. Par suite de la disposition même de la distribution de cette machine, la compression est variable et augmente lorsque l'admission diminue. Il en résulte, qu'à une petite admission, correspond une forte compression, telle que la pression de la vapeur comprimée atteint presque celle de la vapeur venant de la chaudière.

Dans cette machine, et par suite de la rapidité de sa rotation, l'échappement n'a lieu que pendant environ un vingtième de seconde, et les parois subissent des variations de température très rapides, qui ne leur permettent pas de prendre ou céder toute la chaleur qu'elles peuvent emmagasiner, la durée de leur contact avec la vapeur étant trop courte. Les oscillations de la température, c'est-à-dire la différence existant entre la température supérieure et la température inférieure que peuvent prendre les parois doivent être alors très faibles.

La courbe de compression observée sur le diagramme accuse franchement deux parties, de formes complètement distinctes, et fait voir qu'il se produit une condensation importante à la fin de la période de compression, laquelle condensation est précisément due à ce que la température des parois est inférieure à celle de la vapeur comprimée et que leur surface est suffisante pour absorber rapidement la chaleur cédée par condensation de la vapeur contenue entre elles et soumise à la compression.

Ainsi, malgré la rapidité du mouvement d'un moteur, il peut se produire encore des condensations et vaporisations importantes, quoique moins fortes que celles dues à des marches plus lentes, pendant lesquelles les parois changent de température dans une plus ou moins grande partie de leur épaisseur.

Ayant pour buts principaux de remplir de vapeur les espaces de construction, dont le volume est invariable pour un moteur donné, et d'amortir les forces d'inertie des organes mobiles, dont la valeur est constante quel que soit le travail développé par le moteur lorsque sa vitesse ne varie pas, la compression doit donc être invariable, quel que soit le travail fourni par ce moteur. Elle ne doit varier que si la pression de la vapeur à l'admission est elle-même variable et si la pression à l'échappement varie aussi.

Dans les moteurs à vapeur, la compression est généralement fixe, et, selon nous, c'est à tort, car cette phase de la distribution a souvent une influence notable sur la consommation, laquelle peut être considérablement modifiée par une compression judicieusement établie.

Depuis peu, on a cherché, au moyen d'artifices anciens, à supprimer la compression en admettant de la vapeur préalablement détendue entre le piston, avant la fin de sa course, et les parois, pour réchauffer celles-ci et amortir les forces d'inertie.

Ces artifices, dont on trouvera entre autres un spécimen sur la machine du Logelbach qui a servi aux expériences de Hirn, ne peuvent qu'augmenter la consommation des moteurs dont ils servent principalement à dissimuler le fonctionnement défectueux et par suite ne sont pas à recommander, malgré quelques avantages qu'on se plait à leur attribuer. (*A suivre.*)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX

Distribution des déformations dans les métaux soumis a des efforts, par **M. L. Hartmann**, chef d'escadron d'artillerie

Dans une étude publiée par la *Revue d'Artillerie* en 1894-1895, j'ai fait connaître les résultats de recherches entreprises en vue d'établir les lois suivant lesquelles se déforment les corps soumis à des efforts. Quelques-uns de ces résultats ayant été contestés récemment, notamment dans un article de M. Frémont (1), je crois utile de résumer ici les expériences méthodiques de *traction, compression, flexion, mandrinage* et *emboutissage*, exécutées en 1893-1894 à la Section technique, pour la première fois en France, semble-t-il, et auxquelles l'article précité est venu d'ailleurs apporter une confirmation intéressante, en montrant que quelques-uns des faits observés pour la flexion et l'emboutissage ont été constatés également par des expérimentateurs étrangers, comme MM. Lüders et Beck-Guerhard.

1° La traction et la compression des prismes droits donnent lieu, sur chaque face, à deux systèmes de déformations (2) rectilignes parallèles, symétriques l'un de l'autre par rapport à l'axe de l'éprouvette (fig. 1); les cylindres de révolution se déforment suivant des hélices conjuguées de même pas (fig. 2). Les déformations font ainsi toutes le même angle avec la direction de l'effort.

Il est clair que l'expression *déformations parallèles* doit être entendue dans le sens de la physique et non dans celui de la géométrie : on peut donc tolérer quelques légères divergences, tenant à l'hétérogénéité de la matière étudiée, sans conclure, comme le fait M. Frémont, que, d'une manière générale, les lignes ne font pas un angle constant avec la direction de l'effort, parce que, dans l'essai auquel il a procédé, ces lignes n'étaient pas « exactement parallèles ».

Dans les plaques minces soumises à la traction ou à la compression, il y a correspondance exacte entre les déformations qui prennent naissance sur les deux faces, ainsi que le montrent les photographies des figures 3 et 4, qui reproduisent les faces opposées A et B de l'une des plaques de compression expérimentées.

Quand la compression des prismes est exercée avec des lames à arêtes coupantes, on obtient des spirales sur les faces perpendiculaires à la direction des lames; ces spirales sont d'abord très courtes, et elles augmentent progressivement de largeur, ainsi que de longueur, à mesure que l'effort croît. En même temps, les faces d'appui se déforment suivant deux systèmes conjugués de lignes obliques sur l'arête des lames. Les déformations sont ainsi localisées dans le voisinage des points d'application de l'effort, et la région intermédiaire travaille élastiquement jusqu'à une valeur déterminée de la pression. Si, d'autre part, l'effort est inégalement réparti sur l'arête des lames, les points isolés qui supportent les actions les plus fortes deviennent les pôles

1. *Les lignes de Lüders* ou lignes superficielles qui apparaissent sur les métaux déformés, par M. Frémont, ingénieur-constructeur. *Bulletin de la Société d'Encouragement*, septembre 1896.

2. Quel que soit le genre d'effort considéré, les déformations constituent de véritables dépressions ou saillies, ayant jusqu'à 2 millimètres de largeur. Dans ce qui suit, les mots « lignes, hélices, spirales » s'appliquent aux lignes moyennes tracées à égale distance des deux bords des déformations.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de spirales plus ou moins régulières, dont l'apparition est précisément l'indice d'une inégalité dans la répartition de la pression.

C'est notamment le cas du découpage industriel des tôles au moyen d'une cisaille, et l'on doit trouver alors des images complètement différentes sur les deux faces, même avec une tôle de faible épaisseur. Il n'y a donc nullement contradiction, comme M. Frémont paraît le croire, entre les résultats de ces essais de cisaillage et ceux que donne une plaque mince comprimée entre deux appuis plans qui la débordent.

2° La flexion des prismes fait apparaître, sur les deux faces latérales, des figures géométriques semblables, d'un dessin bien déterminé, composé de deux régions, dont l'une ne renferme que des déformations de compression et l'autre que des déforma-

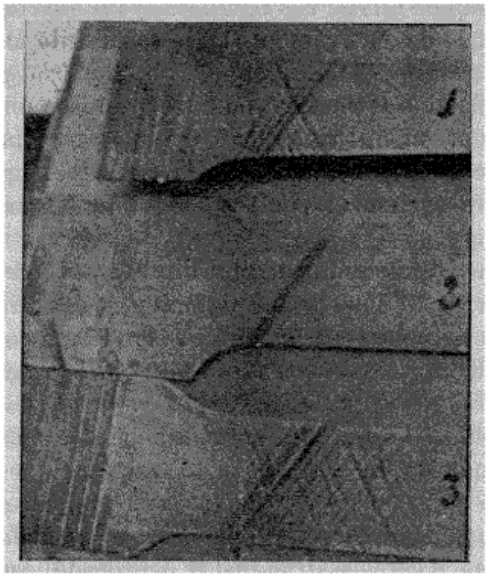


Fig. 1. — Photographie de barrettes de *cuivre* soumises à la traction; pour la barrette 3, l'essai a été poussé jusqu'à la rupture.

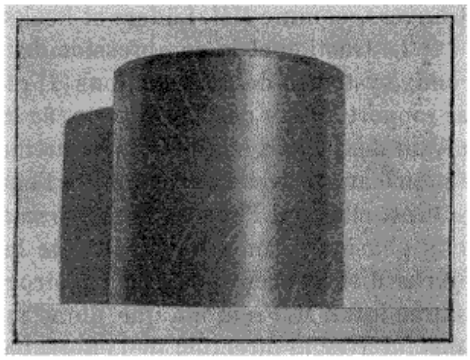


Fig. 2. — Photographie d'un cylindre d'acier doux comprimé entre des appuis légèrement intérieurs aux bases.

tions d'extension. Ces deux régions sont séparées par une zone intermédiaire non déformée, qui peut être considérée comme étant le tracé de la fibre neutre.

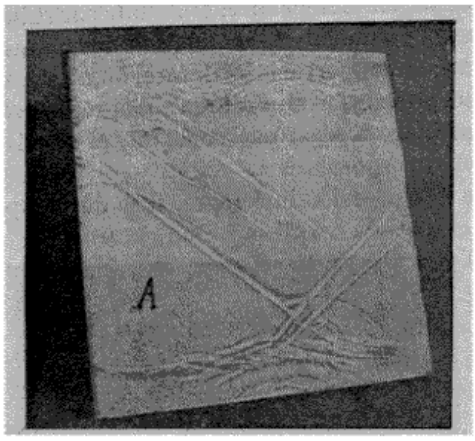
Les déformations conjuguées sont toutes inclinées d'un même angle les unes sur les autres. Les faces d'appui se déforment suivant des lignes qui se raccordent avec celles des faces latérales.

3° Des plaques appuyées sur leur pourtour, et soumises à l'action d'un poinçon en leur milieu, subissent, sur les deux faces, des déformations suivant des spirales de deux systèmes conjugués. Si la plaque, le poinçon et la bague d'appui sont circulaires et concentriques, on obtient des spirales logarithmiques ayant pour pôle le centre du disque (fig. 5).

Les déformations des deux faces se correspondent, mais elles n'ont pas le même développement, et leur importance est, par suite, inégale. En général, de deux régions opposées, l'une est soumise à l'extension et l'autre à la compression; de plus, la limite élastique peut être dépassée en certains points d'une des faces, tandis que les points correspondants de l'autre face travaillent encore élastiquement. C'est dire que : *a*) les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

déformations peuvent apparaître sur une face et pas sur l'autre, même avec des plaques de faible épaisseur, et *b*) les lignes peuvent former des dessins de formes très différentes sur les deux faces. M. Frémont n'a donc pas lieu de s'étonner si, dans le poinçonnage d'une plaque d'acier de 7 millimètres d'épaisseur, « aucune ligne n'est apparue



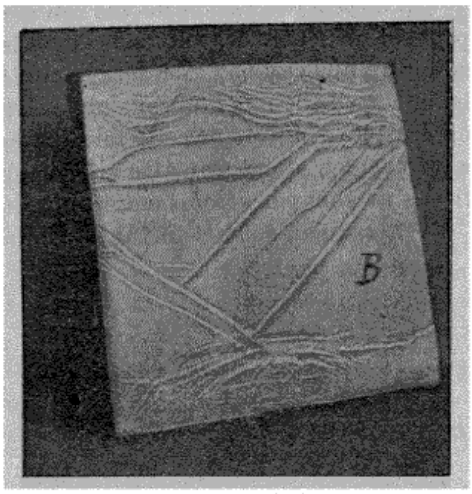


Fig. 3 et 4. — Photographies des deux faces A et B d'une plaque mince d'acier soumise à la compression entre deux côtés opposés.

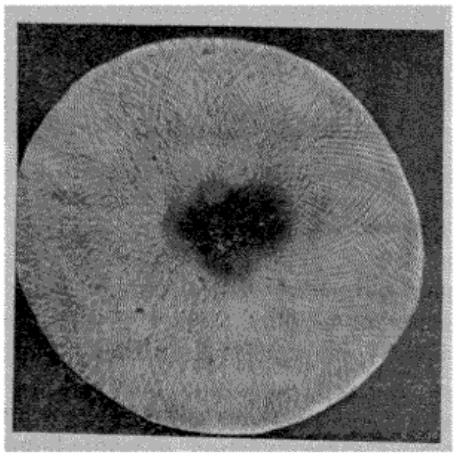


Fig. 5. — Photographie d'une plaque d'acier midur soumise à l'action d'un poinçon en son centre.

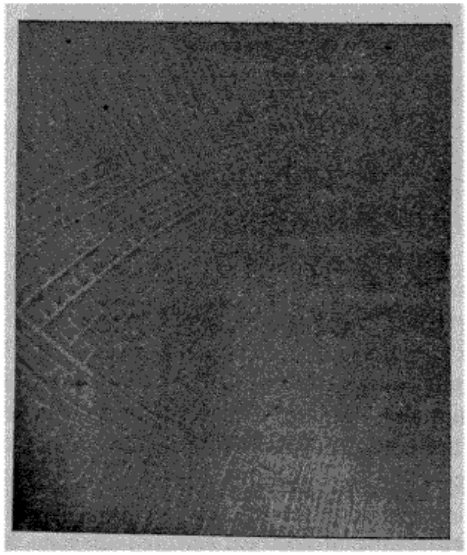


Fig. 6. — Photographie d'un secteur d'une plaque d'acier soumise à l'emboutissage.

sur la face supérieure, tandis que les courbes se sont dessinées sur la face inférieure ».

Les spirales dues à l'emboutissage ont, à la vue simple, un développement aussi parfait que si elles avaient été tracées par un dessinateur exercé. D'autre part, on est

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

frappé de la régularité des intervalles compris entre elles; il s'agit, en réalité, de réseaux géométriques espacés d'après une loi déterminée, comme on peut s'en convaincre en regardant la photographie de la figure 6, qui représente un secteur d'une plaque d'acier emboutie.

On ne doit pas perdre de vue toutefois que les corps sur lesquels portent les essais peuvent présenter des anomalies dans leur agrégation moléculaire, et il faut, par suite, admettre une certaine tolérance pour la forme, l'espacement et l'inclinaison des lignes; ici encore, de ce que l'on constate un léger écart par rapport à la loi-limite, on n'est pas en droit de déduire que cette loi n'existe pas, comme le fait M. Frémont, d'après lequel « un examen *attentif* montre que l'angle d'inclinaison n'est pas constant, et que les lignes ne sont pas *absolument* géométriques et superposables ».

4° Lorsqu'on soumet un tube cylindrique a une pression intérieure, il se développe

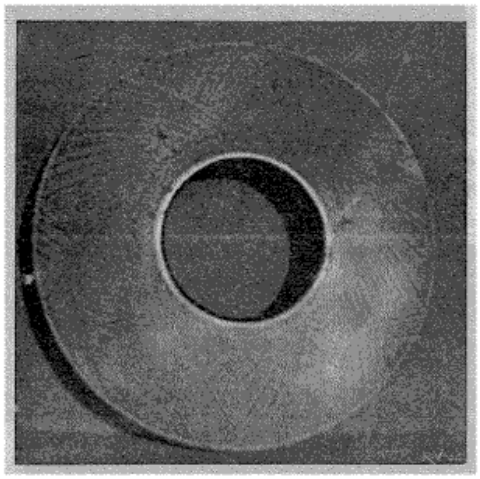


Fig. 7. — Photographie d'un tube de canon en acier soumis à l'action d'un mandrin tronconique.

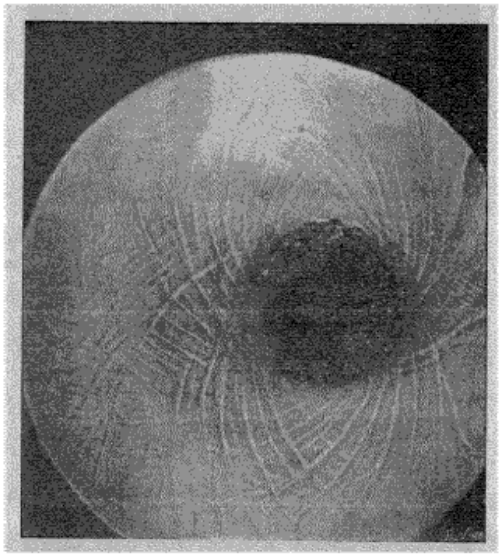


Fig. 8. — Photographie d'une plaque d'acier doux perforée par une balle de fusil ayant 400 mètres de vitesse au choc.

sur les deux tranches des spirales logarithmiques, qui partent de l'alésage, et dont la longueur augmente avec l'effort; à partir du moment où elles atteignent la surface cylindrique, celle-ci se déforme suivant des hélices conjuguées de même pas, qui raccordent les spirales des tranches (fig. 7).

Le procédé au moyen duquel j'ai obtenu ces divers résultats a consisté presque exclusivement dans un simple polissage des surfaces, sans oxydation, ni même bleuissage, *avant l'application de l'effort*. La présence d'une couche d'oxyde n'est donc nullement nécessaire à l'apparition des déformations, comme semble le penser M. Frémont, d'après lequel « aucune ligne n'est apparue dans la partie polie d'une plaque cisaillée, tandis que, dans la partie couverte d'oxyde magnétique, au-dessus et au-dessous de cette partie polie, les lignes apparurent ».

Cette couche superficielle ne peut que gêner l'examen des déformations sous-jacentes du métal, parce qu'alors, suivant la remarque de M. Frémont, « regardées au microscope, les lignes ne donnent que l'image craquelée de la couche d'oyxde ».

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

J'ajouterai que, lorsqu'on soumet un corps à une attaque chimique *pendant la durée de l'action de l'effort*, on obtient les figures caractéristiques de cet effort. Si l'attaque a lieu après la cessation de l'effort, on n'observe qu'un réseau de polygones accolés, distribués d'une manière plus ou moins régulière. Il n'est donc pas surprenant que M. Frémont n'ait constaté « aucune trace de courbe » avec une plaque préalablement cisaillée, puis soigneusement polie.

Je dirai enfin que les résultats sont indépendants de la vitesse de transmission des efforts, et l'on obtient, par choc, des déformations identiques à celles que donne un effort exercé lentement. On peut s'en rendre compte en examinant la figure 8, qui représente la perforation d'une plaque d'acier au moyen d'une balle de fusil ayant 400 mètres de vitesse au choc.

En résumé, les déformations superficielles des corps obéissent à deux lois fondamentales : 1° elles font en tous leurs points un angle constant avec la direction de l'effort ; 2° elles se propagent par ondulations.

Il a été démontré d'ailleurs, au moyen d'une série spéciale d'expériences, que ces déformations ne sont pas des accidents particuliers aux surfaces, mais qu'elles constituent la trace extérieure de mouvements moléculaires intéressant toute la masse du métal.

Enfin, diverses considérations ont servi à établir que la distribution des déformations élastiques se fait, dans l'intérieur des corps, de la même manière et d'après les mêmes lois que celle des déformations permanentes.

Il en résulte que c'est le jeu même des actions moléculaires, qui est en cause ; l'on est ainsi conduit à une théorie de l'élasticité, relevant uniquement de l'expérience, et reposant sur des principes nouveaux, qui ont été exposés dans la *Revue d'Artillerie*, ainsi que dans des communications présentées à l'Académie des sciences.

Ces principes, par cela même qu'ils sont en contradiction avec les théories existantes, ont des adversaires, d'après lesquels les « lignes » de la surface des corps déformés ne suivent, à proprement parler, aucune loi, et, de plus, n'ont aucune relation avec l'intérieur du métal. Il s'agit ainsi pour eux d'un phénomène secondaire sans rapport direct avec l'élasticité de la matière.

Mais cette opinion n'est appuyée que sur quelques observations, qui ont été trop généralisées pour les unes, et dont l'interprétation laisse à désirer pour les autres. Il en résulte que les discussions soulevées, notamment par M. Frémont, au sujet des lois énoncées pour la distribution des déformations dans les corps solides, n'en ont point infirmé l'exactitude.

Ces discussions n'en sont pas moins intéressantes, et il est désirable que des controverses du même genre viennent permettre à la Science de se prononcer définitivement sur des principes, dont l'adoption conduirait à modifier et même à rejeter quelques-unes de ses théories les plus importantes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHIMIE, MINES ET MÉTALLURGIE

DOSAGE DU PHOSPHORE DANS LES CENDRES DE HOUILLE ET DE COKE

PAR **M. Louis Campredon** (1).

La teneur de phosphore dans les cendres de la houille, ou du coke qu'elle fournit par la carbonisation, est particulièrement importante quand le combustible est passé au haut fourneau en vue de fabriquer des fontes fines, pour lesquelles la teneur de phosphore doit être aussi faible que possible. En effet, tout le phosphore introduit dans le lit de fusion, avec les cendres du combustible réducteur, passe dans le métal.

MÉTHODES SUIVIES. — Tous les auteurs s'accordent à conseiller le dosage du phosphore sur la cendre que donne le combustible en brûlant et non sur le combustible lui-même. L'opinion des divers auteurs relativement au mode d'attaque de la cendre, en vue de dissoudre le phosphore qu'elle contient, diffère notablement.

L'attaque par l'acide chlorhydrique est préconisée par Frésénius, par Post et par Muck. Ce dernier ajoute : « On n'a pas à craindre que, dans ce traitement primitif de la cendre par l'acide chlorhydrique, du phosphate de fer reste non dissous. Dans les expériences effectuées sur ce point, le contraire a toujours eu lieu, même lorsqu'il restait un résidu paraissant très riche en fer. »

D'un autre côté, Blair, le baron Jüptner de Jonstorff ainsi que Arnold recommandent la fusion des cendres avec les carbonates alcalins comme le meilleur, sinon le seul moyen, pour attaquer les cendres des combustibles dont on veut doser le phosphore.

ESSAIS COMPARATIFS. — J'ai effectué de nombreux essais comparatifs sur des cendres de houille de provenance anglaise; on a opéré comme suit :

Attaque par l'acide chlorhydrique. — Traiter 0gr,600 ou 1gr,200 de cendres très finement pulvérisées dans une fiole en forme de poire, couverte avec un verre de montre, par un excès d'acide chlorhydrique fort (environ 30 cc. à 40 cc.). On chauffe au bain-marie ou au bain de sable, vers 80° à 100° C., *pendant quinze à vingt heures.* On évapore à sec pour insolubiliser la silice, on reprend par quelques centimètres cubes d'eau régale, composée de volumes égaux d'acide chlorhydrique et d'acide nitrique; on chauffe et l'on ajoute encore 5 cc. d'acide azotique pour chasser l'acide chlorhydrique. Enfin, on étend avec de l'eau froide et l'on fait tomber le tout dans un ballon jaugé de 60 à 120 cc. On parfait le volume, on filtre sur un papier sec et l'on prend 50 ou 100 cc. de liqueur (correspondant à 0gr,500 ou 1 gramme de matière) que l'on neutralise par l'ammoniaque; puis on acidifie légèrement par l'acide nitrique; on chauffe à 60° C. dans une petite fiole poire et l'on effectue la précipitation par addition de 20 à 30 cc. de liqueur molybdique.

Laisser déposer deux ou trois heures, vers 30° à 40° C.; filtrer le précipité de phosphomolybdate que l'on recueille sur un double filtre taré; laver à l'eau acidulée par l'acide nitrique (40 cc. d'acide par litre); dessécher le filtre à 105° C. et peser.

Le poids de phosphomolybdate multiplié par 0,0163 donne le poids de phosphore.

2° *Fusion avec les carbonates alcalins.* — Fondre 0gr,600 de houille avec 3 grammes d'un mélange à poids égaux de carbonate de soude et de carbonate de potasse; maintenir en fusion pendant dix à quinze minutes dans un creuset de platine. Après refroidissement, reprendre la masse solide par l'eau acidulée avec l'acide chlorhydrique; on fait tomber la liqueur de

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 9 décembre 1896.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

reprise dans une capsule de porcelaine, puis on ajoute un excès d'acide chlorhydrique et l'on évapore à sec pour insolubiliser la silice. On reprend et l'on continue comme dans le premier mode d'attaque.

Première série d'essais. — On a opéré sur 0gr,500 ou 1 gramme de cendres de houille qui ont été attaquées par l'acide chlorhydrique, comme il a été dit ci-dessus, et l'on a dosé le phosphore dans la solution filtrée; puis on a dosé aussi le phosphore, dans le résidu de l'attaque, fondu avec les carbonates alcalins.

Cendres de houille.	Phosphore pour 100. Dans la liqueur d'attaque.	Dans le résidu.	Total.	Phosphore non dissous (p. 100 de la teneur totale).
N° 1.	0.033	0,007	0,040	17,5
— 2.	0,101	0,013	0,114	11,4
— 3.	0,294	0,014	0,310	4,5
— 4.	0,548	0,092	0,640	14,3
— 5.	0.994	0,078	1,072	7,2

Donc la proportion de phosphore resté dans le résidu de l'attaque par l'acide chlorhydrique varie de 4,5 à 17,5 p. 100 de la teneur totale; soit, pour la moyenne des cinq essais, 10,98 p. 100.

Les cendres soumises à l'analyse avaient été obtenues à une température aussi basse que possible.

Deuxième série d'essais. — Les mêmes cendres (1 à 5) ont été maintenues au rouge très vif pendant une heure, puis on a effectué l'attaque par l'acide chlorhydrique dans les mêmes conditions que pour la deuxième série d'essais.

Cendres de houilles surchauffées	Phosphore pour 100. Dans la liqueur d'attaque.	Dans le résidu.	Total.	Phosphore non dissous (p. 100 de la teneur totale).
N° 1 *bis*.	0.029	0,013	0,042	30,9
— 2.	0,083	0,026	0,109	23,8
— 3.	0,254	0,046	0,300	15,3
— 4.	0.462	0,186	0,648	28,7
— 5.	0,920	0,183	1,103	16,5

Donc la proportion de phosphore resté dans le résidu de l'attaque par l'acide chlorhydrique varie de 15,3 à 30,9; soit, pour la moyenne des cinq essais, 23,04 p. 100. De telle sorte que le simple surchauffage de la cendre, pendant une heure, a eu pour effet de doubler la proportion de phosphore non dissous par l'acide.

Troisième série d'essais. — Sur cinq échantillons de cendres de coke de provenance anglaise, on a opéré la dissolution et le dosage exactement comme pour les deux séries précédentes: on a obtenu :

Cendres de coke.	Phosphore pour 100. Dans la liqueur d'attaque.	Dans le résidu.	Total.	Phosphore non dissous (p. 100 de la teneur totale).
N° 6.	0,148	0,023	0,171	13,4
— 7.	0,207	0,028	0,235	11,9
— 8.	0.179	0,044	0,223	19,7
— 9.	0.209	0,019	0,223	8,4
— 10	1,130	0,044	0,174	25,3

Donc la proportion de phosphore resté dans le résidu de l'attaque varie de 8,4 à 25,3 p. 100; soit, pour la moyenne des cinq essais, 25,74 p. 200

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Conclusions. — Dans les conditions de nos expériences, l'attaque des cendres de houille, très finement pulvérisées, par l'acide chlorhydrique concentré et chaud, prolongée pendant quinze à vingt heures, est insuffisante pour dissoudre la totalité des phosphates. L'insuffisance de l'attaque est d'autant plus grande que les cendres ont été chauffées davantage. Pour obtenir des résultats précis, il faut donc opérer par fusion avec des carbonates alcalins et précipiter le phosphore par la liqueur molybdique, suivant les indications de la présente Note.

CONCASSEUR *Gates*

Ce concasseur est une intéressante variété de l'appareil décrit par *M. Leproux* dans le *Bulletin* de mai 1895, p. 565. L'arbre G de sa noix reçoit, du pignon excentré fou J, un pivotement autour du point *b*, sur la crapaudine à bain d'huile *g*, qui peut se

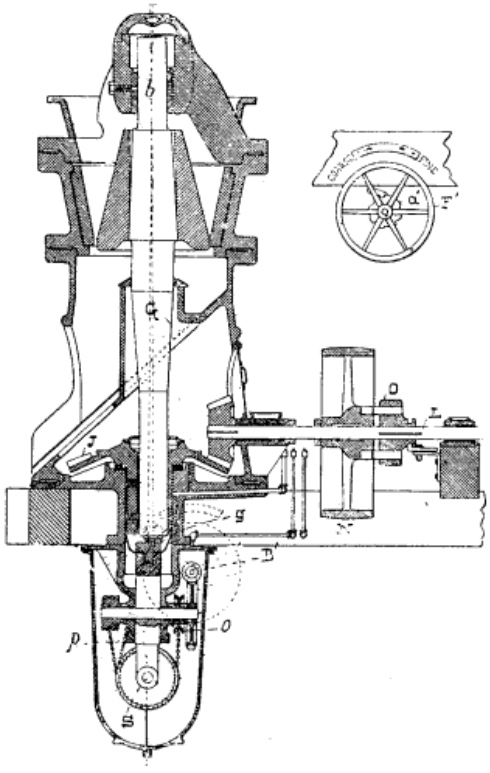


Fig. 1 et 2. — Concasseur *Gates*.

lever plus ou moins par le train mouflé FB'OPS, à cliquet de retenue *a'*, de manière à régler la finesse du broyage. La poulie folle N commande l'arbre moteur L par des tiges D, qui se brisent en cas d'un choc imprévu.

TUBES SANS SOUDURE EN BRONZE D'ALUMINIUM (1)

Certains bronzes d'aluminium se rompent sous une traction de 125 kil. par millimètre carré et résistent presque indéfiniment au pliage et au choc, une aiguille de fusil

(1) D'après une communication de *M. L. Waldo* à l'American Society of Mechanical Engineers, 1896. *Engineering News*, 24 décembre 1896, p. 421. *Engineering*, 29 janvier, p. 136.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

a pu supporter 120 000 coups sans trace de déterioration: la résistance à la traction varie de 28 à 70 kil. par millimètre carré avec des allongements de 70 à 1 p. 100 sur des longueurs de 25 millimètres. Des cartouches en bronze d'aluminium pour les nouveaux fusils à petit calibre ont supporté, à l'arsenal de Francfort, jusqu'à 90 coups consécutifs avec de la poudre sans fumée; ces bronzes sont en outre peu oxydables, ils résistent notamment très bien à l'eau de mer.

L'étirage des bronzes d'aluminium en tubes présente de grandes difficultés; on ne peut l'effectuer sur les bancs pour tubes de cuivre et laiton, dont ils détruisent rapidement les filières. On y est parvenu en traitant un lingot de bronze d'aluminium au laminoir Mannesman de Benedict et Burnham, à Waterbury, puis en étirant le tube creux ainsi produit aux filières établies par les Pope Tube Works pour l'étirage à froid du nickel et de l'acier. Cet étirage exige de nombreux recuits, principalement pour les bronzes riches, comme $Cu_3 Al$, aussi dur à étirer que le nickel.

	Laiton A Tubes dits Government tubes.	Laiton B Ordinaires.	Acier suédois au four à reverbère.	Bronze d'aluminium. $Cu_3 Al$
Diamètres intérieurs.	38 m/m	38	39	38
» extérieurs.	33	32,5	33	33
Longueurs.	250	250	250	250
Résistance par millimètre carré.	54,5	57	45	60
Allongement sur 250 millimètres.	5,4 0/0	9,3 0/0	5,4 0/0	4,9 0/0
Composition.	Cu 59,86	67,58	C 0,420	Cu 95,79
. . . . .	Zn 39,82	31,67	Ph 0,031	Al 4,35
. . . . .	Pb 0,33	0,85	Mn 0,500	Si 0,05
. . . . .	Sn 0,13	0,01	S 0,031	
			Si 0,110	
			Cu 0,007	

Le tube d'aluminium a donné, à différentes températures, les résultats suivants :

	Charge en kil. par m. c. p. 100	Allongement p. 100.
Rupture à froid	68	4,9
Chauffé au rouge vif, refroidi, et rompu	33	64,9
Chauffé à 765° et rompu à cette température	3	133 sur 25 mm.
Chauffé à 540° et rompu à cette température.	2,9 à 4,3	37 — 25 —

Les tableaux ci-dessus donnent la composition et la résistance de différents tubes en laiton, en acier et en bronze d'aluminium $Cu_9 Al$, à 95 79 p. 100 de cuivre. Après chauffage au rouge vif et trempé dans l'eau, la résistance du tube d'aluminium $Cu_9 Al$ tombe de 68 à 33 kil., et son allongement s'élève de 49 p. 100 à 65 p. 100. Cet effet du refroidissement brusque diminue à mesure que la teneur en aluminium augmente : il est minimum pour l'alliage $Cu_3 Al$.

G. R.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

NOTES DE MÉCANIQUE

LES AVARIES DES MACHINES A VAPEUR, D'APRÈS **M. Michael Longridge** (1).

Les éléments de ce mémoire ont été fournis par la longue pratique de l'auteur: vingt années d'inspection des usines et manufactures, et notamment par le dernier millier d'accidents et d'avaries qu'il lui a été donné d'observer et d'étudier jusqu'au 31 décembre 1894. Ces accidents peuvent se classer comme il suit, par ordre de fréquence :

Distribution et mécanisme	213	Compoundage et accouplements	22
Pignons	124	Volants	19
Commande des pompes à air	121	Pompes à air et condenseurs	13
Pistons et clapets	88	Manivelles	12
Colonnes, bâtis, consoles	86	Tourillons des balanciers	12
Arbres de couche	49	Boutons de manivelles	11
Bielles	41	Balanciers	6
Cylindres et boites de distribution	35	Glissières	5
Régulateurs et leur mécanisme	35	Cordes	3
Tiges de piston	28	Ensemble, cause inconnue	1
Crosses de piston	27		
Pistons	22	Total général	1 000

Distributions et leur mécanisme. — Leurs 213 avaries de ce fait peuvent se diviser comme il suit :

A. Ruptures des tiges	34		G. Relâchement des excentriques, écrous, cales, etc., du mécanisme.		13
Faiblesse des filetages	12		H. Départ des recouvrements en bronze ajoutés aux tiroirs		11
Divers	0	46	I. Rupture de déclics Corliss	4	
B. Ruptures des colliers d'excentriques.	11		Rupture de tiges de dash-pot par vibrations	3	
Causes indéterminées	8		Divers. Causes indéterminées	0	7
Divers	5	24	J. Supports des axes des robinets Corliss		6
C. Ruptures des arbres et manivelles de renvoi, par usure, vétusté, etc.		23	K. Ruptures d'excentriques		5
D. Relâchement des écrous, clavettes, et des valves sur leurs tiges		21	L. Avaries diverses		22
E. Ruptures des barres d'excentriques aux filets	9		Total		213
Par faiblesse	5				
Causes indéterminées	4	18			
F. Ruptures de tiroirs		17			

Un grand nombre de ces avaries est dû, non à des efforts anormaux, mais à la faiblesse des pièces du mécanisme. Les 34 ruptures de tiges aux filets ont presque toutes commencé au fond des filets, pour s'étendre ensuite peu à peu; on devrait employer, d'après M. Longridge, de préférence, les filets ronds, mais il est facile de faire des filets triangulaires suffisamment résistants. Les articulations du mécanisme

(1) Mémoire lu à l'*Istitution of Mechanical Engineers*. Londres, *Engineering*, 1, 8 et 15 janvier 1897.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

doivent avoir de larges portées en bronze et ajustables : éviter les porte-à-faux et les flexions latérales, si faibles qu'elles soient, par l'emploi de guides et supports rigides.

Parmi les 24 ruptures de colliers d'excentriques, 2 sont dus au calage accidentel de la distribution, plusieurs au grippage par échauffement, et la majorité à des points faibles, principalement aux clavettes et boulons d'assemblage des colliers. C'est aussi à leur faiblesse qu'il faut attribuer les 23 ruptures des renvois de mouvement.

Sur les 21 avaries du groupe D, 12 proviennent du départ des écrous ou de la corrosion des filets et 5 du relâchement des clavettes, 3 des ruptures des étriers par faiblesse, ou par la présence d'un morceau de fer laissé dans la boîte à vapeur pour en diminuer le volume. Le meilleur moyen de fixer un tiroir à sa tige est probablement de le visser sur un tube de 17 millim. et demi environ plus long que ce tiroir fileté lui-même sur la tige, et de l'assujettir par des écrous vissés aux deux extrémités du tube sur la tige.

Des 4 ruptures du groupe E, 9 ont eu lieu au filet d'attache des barres aux colliers d'excentriques, ce qui démontre l'action fatale des efforts transversaux sur les filets triangulaires; 9 ruptures se sont produites au corps des barres sans cause déterminées.

Les avaries du groupe F sont dues presque toutes à la faiblesse des pièces: rupture au creux de l'échappement, aux recouvrements, à l'étrier de la tige; quant aux 11 ruptures de la division G, leur cause et leur remède sont trop évidents pour qu'il faille insister.

Pignons. — Les 124 avaries ou ruptures de ce groupe peuvent se diviser comme il suit :

A. Relâchement des courroies ou cordes des arbres de transmission.	23	F. Causes indéterminées.	9
B. Vibrations causées par les grandes vitesses, les fortes charges, l'insuffisance des volants, la petitesse des pignons. .	19	G. Ruptures provenant d'efforts intérieurs.	7
C. Efforts excessifs dus à la portée des dents sur leurs fonds ou leurs coins. . . .	16	H. Supports insuffisants ou lâches. . . .	6
D. Grandes vitesses et dentures irrégulières.	11	I. Glissements de pignons rainurés. . . .	5
E. Boulons ou fragments de dents tombés dans les engrenages	10	J. Engrènement de nouveaux pignons avec d'anciennes roues	4
		K. Petitesse des pignons	5
		L. Divers..	9
		Total.	124

Les avaries du groupe A sont dues non seulement aux jeux proprements dits des pignons de transmission, mais aussi à la séparation qui se produit entre les faces de leurs dents quand le pignon mené prend l'avance sur le pignon moteur. Il est toujours dangereux de monter sur un arbre commandé par engrenages de grosses poulies ou de gros tambours, dont l'inertie entraîne cet arbre et en détermine l'avance particulièrement accentuée et dangereuse quand les cordes ou courroies se mettent à flotter, ce qui a presque toujours lieu avec les machines non pourvues d'un volant puissant. Il faut, pour éviter ces accidents, d'abord un lourd volant, puis un travail assez uniforme, et enfin une faible vitesse des cordes, car les efforts d'inertie augmentent comme le carré de cette vitesse.

Les accidents du groupe B sont dus en réalité presque tous à l'emploi de dentures rapportées en segments assemblés sur la jante du volant par queue d'hironde, boulons, etc., et, comme l'indique la figure 1, transmettant plus de 1 000 chevaux ou des

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vitesses tangentielles de plus de 11 mètres par seconde. Les dents se rompaient soit en *a a a...*, par pression excessive aux extrémités, due à un ripage ou à une dénivellation de l'arbre de couche, soit au corps de la dent, par relâchement dû aux vibrations des assemblages des segments entre eux ou sur la jante, de sorte que le mieux est d'éviter, pour les grandes puissances, les roues de ce genre. Si l'on y est contraint, il faut rapporter les segments dentés sur les bras mêmes du volant, comme en figure 2 et 3, et non pas sur les semelles de la jante, réduire leur diamètre et augmenter le plus possible celui du volant. Le nombre des dents doit être d'environ 60 et les dents en acier, pour bien leur assurer la force nécessaire. La prise des dents doit commencer à un demi-pas environ en arrière de la ligne d'engrènement et finir à un pas en avant, pour que la plus grande partie du travail de transmission s'effectue pendant la phase de dégagement des dents. En un mot, le contact des dents ne doit se prolonger que très peu, c'est-à-dire que les dents doivent être courtes, — leur hauteur ne devrait jamais dépasser demi-pas — avec des dents courtes, le glissement est moindre et on peut diminuer leur largeur et par conséquent les surcharger aux extrémités : ce dernier mouvement peut aussi s'éviter en biseautant les extrémités de droite des flancs des dents de l'un des pignons en prise et celles de gauche de l'autre. Quand il faut réduire le nombre des dents du pignon moteur à 40 ou à moins, il faut employer des dentures hélicoïdales doubles, mais l'arbre même doit alors être court et pourvu d'un jeu longitudinal assurant l'égalisation automatique des efforts sur les deux rangées de dents. Les paliers en doivent être rigides, mais pourvus de cales en bois permettant la séparation des roues s'il tombe entre elles un morceau de fer.

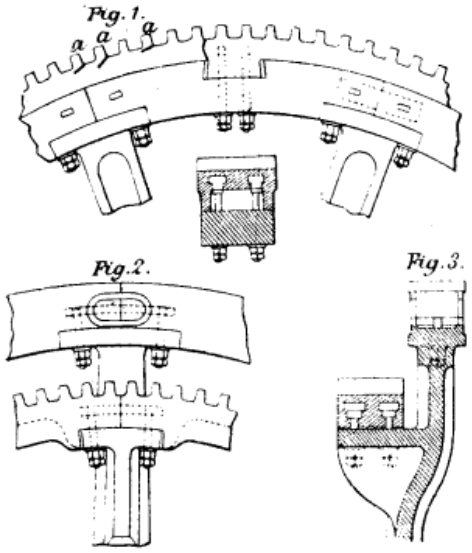


Fig. 1, 2 et 3.

Les causes des avaries du groupe C sont en principe les mêmes que celles du groupe précédent; on les évitera de la même manière avec, en outre, la précaution de bien assurer l'invariabilité des axes des pignons dont le moindre déplacement risque d'être désastreux, même pour des pignons à dents polies par l'usure.

Dans le groupe D, 10 des pignons sur 11 avaient des dents coulées sur modèles et non moulées à la machine, et, pour 3 d'entre eux, venues de fonte avec les semelles de la jante, tordues et déformées par la contraction de cette masse de métal. Des 10 accidents du groupe E, 6 sont dus à l'introduction, entre les dents, des boulons mêmes servant à la fixation de leurs segments au moyen de têtes fraisées. Ces boulons, rompus aux filets, étaient projetés entre les dents par la force centrifuge. C'est donc un mode de fixation à éviter.

Pour empêcher les accidents du groupe G, il faudrait, dans les grands pignons coulés d'une seule pièce, découper le moyeu en autant de segments que de bras séparés par des plats en fer, et solidement assemblés par des frettes, avec une cale à chaque segment.

Les pignons trop petits du groupe K avaient de vingt-neuf à trente-six dents; leur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

exécution devient très difficile et il faut les faire marcher souvent trop vite pour transmettre la puissance voulue : on devrait y adapter les dentures doubles hélicoïdales.

Mécanismes des pompes à air. — Les 121 accidents afférents à ces mécanismes peuvent se classer comme il suit :

A. Faiblesse, usure, négligence :		
Rupture de croisillons de pompe à air.	20	
— de leviers, principalement de leviers coudés.	17	
— de glissières.	3	
— d'arbres de manivelles, d'excentriques, etc..	11	51
B. Ruptures de tiges de pompes à air :		
Par faiblesse, principalement à la clavette.	15	
Pour causes diverses.	6	21
C. Relâchement des assemblages.		
Clavette sortant de la tige des pistons.	7	
— — des autres pièces	4	
Ruptures ou relâchement des boulons..	7	18
D. Ruptures des boulons étriers des bielles à fourreaux par usure..		14
E. Ruptures ou relâchement des tiges de piston..		12
F. Divers		5
Total		121

La pression à vaincre par les pistons des pompes à air peut, au commencement de sa course, varier facilement du simple au double et les mécanismes de sa commande sont, principalement dans les machines horizontales, de nature à augmenter considérablement leur fatigue par le moindre défaut de montage. Les croisillons sont en général trop faibles, comme, par exemple, celui de la figure 4, qui commandait un piston de $0^m,610$ de diamètre, et supportait de ce fait, avec une pression de $1^k,05$ sur ce piston, une fatigue de $11^k,2$ par millimètre carré en son milieu. Le mécanisme des pompes à air, ordinairement peu accessible et mal tenu, devrait être établi avec plus de soins, des pièces plus fortes, des portées plus larges, —éviter les longs croisillons du type figure 4. On devrait calculer les pièces de manière qu'une pression d'une atmosphère et demie sur les pistons ne leur imposât pas une fatigue de plus de $3^k,5$ par millimètre carré.

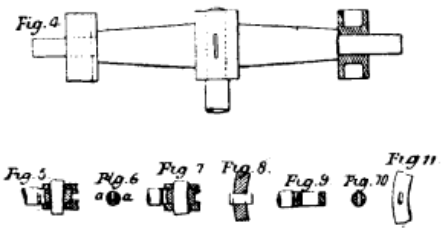


Fig. 4 à 11.

La construction des clavetages, — groupe B, — doit être aussi très bien étudiée. Si, comme en figure 5, la clavette n'a pas exactement la même conicité que son trou, les efforts concentrés aux bords des trous couperont le métal, et de même si la clavette fléchit un peu fig. 7 : en outre, les bords des trous de la clavette doivent être arrondis comme en figures 9 et 10, et ce trou doit être creusé dans le plan des fibres neutres de sa tige, de manière qu'il soit aussi peu affecté que possible par sa déformation, comme en figure 11. La sortie des clavettes, — groupe D, — doit être attribuée en grande partie aux vibrations des longues tiges et bielles des pompes à air. L'usure qui occasionna les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ruptures du groupe D était due presque toujours à l'accumulation des poussières dans l'articulation des fourreaux, de sorte qu'il faut, autant que possible, ne pas adopter ces fourreaux. — Tous les accidents arrivés au groupe E ont été occasionnés par des pistons fixés à leur tige par cône et clavette sous le piston ou par boulons, assemblage impossible à examiner sans enlever le piston, de sorte qu'on les négligea jusqu'à leur rupture par usure, corrosions, etc., entraînant la chute du piston brisé ensuite, dans la pompe, par le choc de sa tige. La clavette ou le boulon devraient être, au contraire, au-dessus du piston reposant sur la cône de la tige. Le piston peut être aussi vissé à chaud, puis rivé sur sa tige.

Pompes à air, pistons et clapets. — Les 88 accidents de ce groupe peuvent se classer en :

A. Ruptures de clapets, de pied, grilles, etc.	32
B. Pistons coincés par usure de leurs garnitures	21
C. Ruptures de clapets de tête.	15
D. — de clapets de pistons	10
E. — de pistons	8
F. Divers.	2
Total.	88

Tous les clapets rompus dans les 32 avaries du groupe A étaient, sauf un, du type à lame plate pour pompes à simple effet verticales: en laiton, ils se brisaient avec ou sans leur siège ou se démanchaient par l'usure de leurs charnières, passaient dans la pompe et parfois brisaient le piston ; en caoutchouc, leurs gardes se brisaient ou se détachaient avec ou sans leurs sièges ou grils. Lorsque ce gril est très solide, comme en figures 12 et 13, encastré dans le corps de pompe et facile à visiter, l'on évite, avec des clapets en caoutchouc, presque tous ces accidents. Si l'huile entraînée par la condensation est, comme cela arrive parfois avec les condenseurs à surfaces, assez abondante pour empêcher l'emploi de clapets en caoutchouc, il faut les remplacer par des petits clapets en laiton, avec un gril bien étayé et une porte facilitant leur visite.

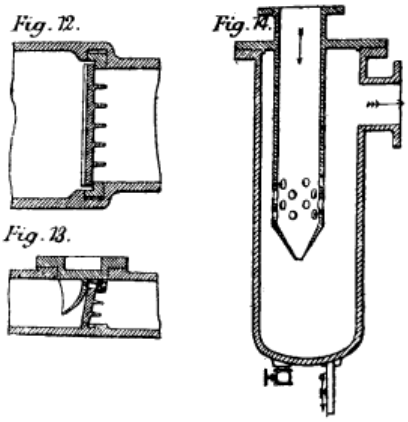


Fig. 12 à 14.

Les accidents B furent occasionnés soit par le serrage de garnitures en bois calant le piston, soit par le coincement de segments en bronze minces et usés, en général inutiles et dangereux. Un piston bien ajusté peut parfaitement fonctionner sans aucune garniture avec de l'eau propre; avec des eaux sableuses, la meilleure garniture est celle en chanvre. Les ruptures des sièges en C sont dus presque tous à la faiblesse. Ces grils sont souvent de simples plateaux, avec 30 p. 100 de leur matière enlevée par les jours. Il faut les renforcer par des nervures radiales trapézoïdales de manière à ne pas opposer de résistance au passage de l'eau. Cinq des accidents du groupe D ont été occasionnés par la rupture des gardes des clapets de pistons, 4 par celles de leurs boulons de fixation ou de leurs charnières, un par la rupture d'un clapet en bronze. La rupture d'un de ces boulons a entraîné le faussage de la tige de la pompe et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

du piston, la rupture du croisillon et des glissières, dont un morceau, tombé dans le coursier de la manivelle, souleva l'arbre de couche, rompit le patin et sa plaque d'assise, le moyeu, un bras et des dents du volant et de son pignon : on voit par cet exemple quelles conséquences peut entraîner la rupture d'une aussi petite pièce.

L'un des huit pistons du groupe E périt par la rupture d'une des nervures qui le reliait à sa tige, les autres, par des causes indéterminées.

Colonnes, Bâtis, Châssis, etc. — Les accidents survenus à ces pièces peuvent se diviser en :

A. Affaissement des fondations.		
Paliers et châssis de machines à balancier	14	
Entablements	6	
Colonnes	5	
Bâtis des machines horizontales près du palier de la manivelle	12	37
B. Eau dans les cylindres.		
Machines à balancier. Palier de manivelle	1	
Chapeau de ce palier	1	
Palier du balancier	1	
Colonne	1	
Bâtis de machines horizontales.	7	
Palier de manivelle	1	12
C. Faiblesse.		
Paliers de machines à balancier	5	
— — horizontales	2	7
D. Chauffages.		
Paliers de manivelles		5
E. Causes indéterminées.		
Colonnes	2	
Entablements	1	
Paliers de manivelles	15	18
F. Diverses		7
Total		86

De ces 86 ruptures, les 37 du groupe A, dont 25 à des machines à balanciers, sont dues à des affaiblissements des fondations, celles des colonnes et des cylindres par tassement du sol, les autres, par la destruction des ciments et mortiers par l'huile. Quand la fondation des colonnes cède, il faut en desserrer les boulons, et lever le balancier pour que l'entablement reprenne sa position naturelle, puis caler la colonne avec des coins en bois croisés et très larges. Si la fondation est trop faible ou brisée, il faut renforcer ou refaire l'entablement et le supporter sur des poulies encastrées dans les murs. La plupart des ruptures des colonnes et de l'entablement sont occasionnées par le serrage des boulons des colonnes après le tassement des fondations. Les ruptures des bâtis des machine à balanciers, principalement auprès du palier de manivelle, sont dues aussi aux tassements des fondations : il faut les remplacer par des plaques plus fortes, refaire la fondation et la mettre bien à l'abri des infiltrations d'huile, par exemple, en la recouvrant d'un radier cuvette en fonte.

L'eau arrive aux cylindres du condenseur, comme dans un arrêt brusque, ou de la chaudière, comme dans une mise en train trop rapide, surtout si la tuyauterie de vapeur est longue et sans purgeurs. On remédie au premier cas par l'addition d'un reniflard relié à la manœuvre d'arrêt et qui détruit aussi automatiquement le vide du condenseur, et au second par un purgeur auprès du cylindre, au point le plus bas de la canalisation, dont la pente doit être continue jusqu'en ce point, d'où la vapeur asséchée monte au cylindre dont le robinet de prise doit être aussi haut que possible. La section du séparateur ou purgeur doit être telle que la vitesse du passage de la vapeur n'y dépasse pas $1^{m},50$ par seconde, mais on pourrait peut-être admettre une vitesse plus grande, jusqu'à 6 mètres par seconde, d'après quelques expériences faites en Amérique. Quant aux soupapes de sûreté placées sur les fonds du cylindre, elles ne peuvent pas en empêcher la rupture, si la masse d'eau est considérable.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Arbre de couche. — Les quarante exemples survenus de ce chef peuvent se diviser en :

Ruptures d'arbres droits :			D. Efforts internes.	9	
A. Faiblesse et usure.			*Ruptures d'arbres coudés :*		
Ruptures aux portées.	37		E. Faiblesse et usure.	2	
— au corps	3	40	F. Eau dans le cylindre	1	
B. Paliers désaxés.	4			—	
C. Causes indéterminées.	1		Total.	49	

Les 40 ruptures des arbres droits paraissent devoir être attribuées à la détérioration lente de leur métal, fer et acier, avec le temps et suivant leur fatigue. Les 37 ruptures aux portées se produisirent presque toutes graduellement, avec criques manifestées plusieurs années avant la rupture finale; on en voit un exemple en figures

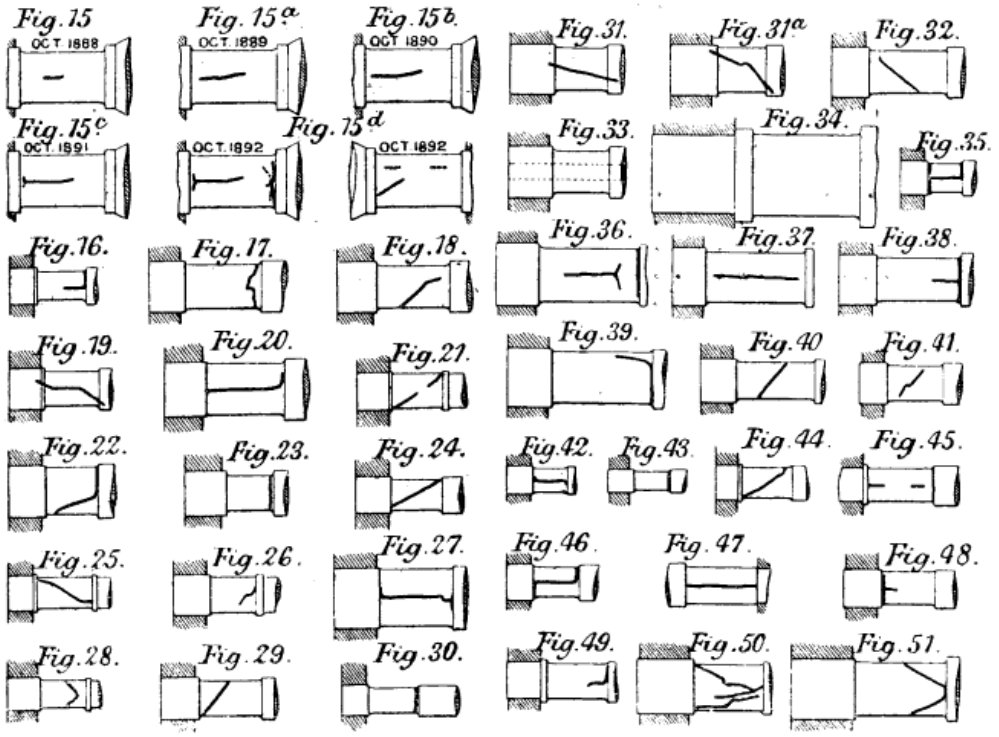


Fig. 15 à 51. — Ruptures de boutons de manivelles

15 à 15d, qui représentent les états d'une portée de douze en douze mois, de 1888 à 1892. La figure 29 représente le développement d'une crique dangereuse en six mois. Le tableau ci-contre fait d'ailleurs connaître les principales circonstances des ruptures représentées par les figures 16 à 51. On y a tenu compte, pour le calcul des efforts supportés par les arbres des machines horizontales et verticales, des forces d'inertie mises en jeu. La résultante M des moments de flexion M_f et de torsion M_t a été calculée par la formule :

$$M = \frac{1}{2} M_f + \frac{1}{2} \sqrt{M_f^2 + M_t^2}$$

en supposant l'effort appliqué au milieu de la manivelle et l'arbre posé sur le milieu des paliers, sans tenir compte du poids du volant, qui n'affecte pas la fatigue au milieu du

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

palier, mais l'augmente à l'extrémité près du volant, comme l'indiquent les figures 54, à 54_1 et 54_c à 54_f. En raison de ce fait et de ce que, dans une machine en marche, la réaction du palier principal ne passe jamais exactement par son milieu, l'on ne doit considérer les chiffres du tableau ci-dessous que comme approximatifs.

Numéro des figures.	Type de machines.	Métal de l'arbre.	Vitesse du piston en mètres par seconde.	Effort maximum de flexion Mf en kil. par m/m carré.	Effort maximum résultant M des efforts de flexion et de tension en kil. par m/m carré.	Millions de tours avant la rupture.
—	—	—	—	—	—	—
15	Compound	Fer.	1,90		8,20	123
16	à	—	1,76		8	149 (1)
17	balancier.	—	1,80		6 à 6,5	102
18	Jumelles.	—	1,75		4	451 (2)
19	—	—	1,70		7,30	88 1/2 (3)
20	—	Acier Bessemer.	2		3,70 à 4,5	44 1/2
21	A balancier	Fer.	1,75		5,5 à 9,15	102
22	jumelles.	Fonte.	2,05		4,2	177
23	Compound	—	1,90		3,65	698
24	à	Fer.	2,15		8,7	
25	balancier.	—	1,60		7,6	
26	—	Acier Bessemer.	2,12		7,20 à 8,4	79 + 3 (4)
27	—	Fer.	2,10		6	186 1/2 (5)
28	—	—	2 »		9,10	38
29	—	—	2 »		4,20	52
30	—	—	2,30		6,8	123
31	—	—	2,22		7,1	46
31_a	—	—	»		7,1	46
32	—	—	2,25		7	130 1/2
33	—	Acier Whitworth.	2,25		80	141/2
34	A balancier.	Fer.	2 »		3 (6)	
35	—	—	1,62		6 (7)	
36	2 mach. horizontales	—	2,50	2,80 à 3,9	4 à 5,5	62 + 27 (8)
37	— accouplées	—	2,50	4	5,6	71 1/2
38	— en tandem.	Acier Bessemer.	1,90	4,6	7,10	36 1/2
39	— —	Fer.	2,50	5,5	5,6	124
40	— —	—	2,05	3,16	5	109 1/2
41	2 horizontales	Acier Bessemer.	2,20	4,9	7	101
42	accouplees.	Fer.	1,75	4,7	6,19	176
43	2 verticales	—	1,75	6,04	6	311 (9)
44	accouplees.	—	1,90	5,3	8,4	181 (10)
45	Horizontale	Acier.	3,65	3,3	6,2	24 1/2
46	tandem.	Fer.	2,50	3,7	6,4	138
47	—	—	3,65	3	5	
48	Horizontale	—	2,15	4,6	5,1	236 (11)
49	—	—	2,25	6,3	8	31
50	—	—	1,50	6,7	7,10	185 (12)
51	—	—	1,75	10,6	10,5	134

1 Non vérifié. — 2 Pas bien vérifié d'usure et de fatigue. — 3) Fatigue non vérifiée. — (4) 79 millions de tours à 7kg,20 et 3 à 8kg,4 — 5 Au moins 186 1/2 millions. — 6 Fracture non dessinée sur place. — 7 Pas de congé au collet. — (8) 62 millions à 4 kilog. et 27 — 9 31 millions approximativement. — 10 Fatigue peut-être parfois moindre. — (11) Fatigue moindre dans les premiers temps. 12 Fatigue irrégulière, parfois jusqu'à 8kg,44.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les 3 arbres du groupe A, rompus aux corps (fig. 52, 52_a, 53, 54), ont présenté les particularités suivantes. En figure 52 la rupture commencée au collet s'est graduellement étendue jusqu'à l'état 52_a, où l'on enleva l'arbre : cette crique était due certai-

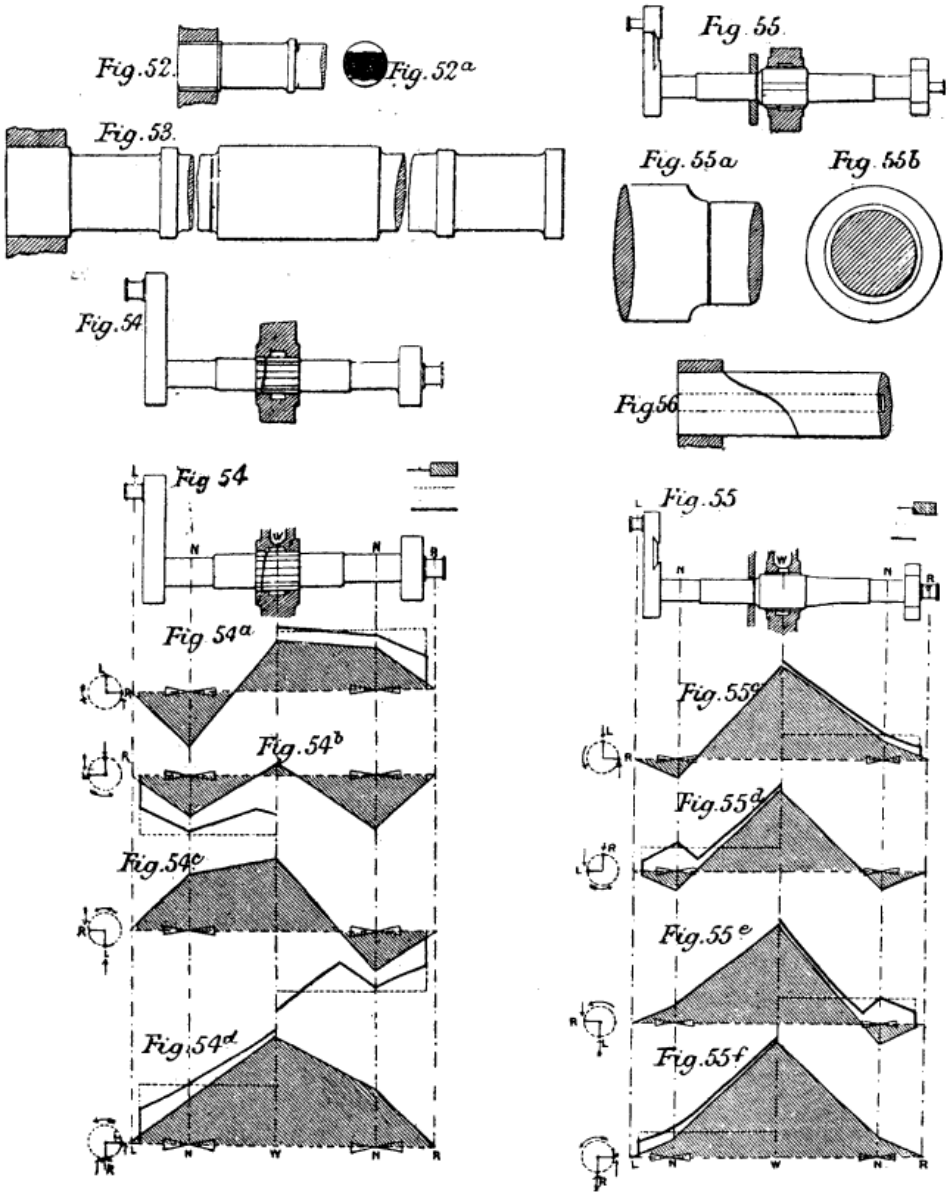


Fig. 52 à 55 *f*. — Ruptures d'arbres de couche. — Fig. 55 et 56. — Accidents C et D.

nement à une flexion trop considérable. En figure 53, la crique se manifesta sous un excentrique, tout près du congé du volant ; la machine à balancier avait, après 82 millions de tours, été transformée en Compound, puis fait 94 millions de tours avec des efforts

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

variant de ± 1^{kg},8 à 5^{kg},8 par millimètre carré chaque tour correspondant aux moments de flexions représentés par les figures 54$_a$ à 54$_d$.

L'accident C survint (fig. 55) à un arbre actionné par une paire de machines à balanciers Compound et portant un volant denté. On reconnut, en enlevant les excentriques, une saignée circulaire variant (fig. 55$_a$ à 55$_d$) de 15 à 25 millimètres en profondeur sur 3 à 6 millimètres de large. Cet arbre en fer avait marché nuit et jour sans interruption, excepté le dimanche, pendant vingt-sept ans, et fait 340 millions de tours. Après rupture, l'intérieur se montre parfaitement sain. L'effort maximum variait ± 5 à 7 kilogrammes par millimètre carré de la section entière primitive, et de 8 à 11^{kg},30 de la section rompue. Le volant et l'excentrique étaient en fonte et fixés par des cales en fer : on ignore la cause de la saignée. L'accident D survint à un arbre creux en acier Whitworth comprimé, qui se rompit, après 61 500 000 tours, sous une fatigue très faible, de 3^{kg},2 par millimètre carré ; la crique (fig. 56) s'est propagée de l'intérieur à l'extérieur et doit être attribuée à des tensions moléculaires internes.

Bielles. — Les accidents survenus aux bielles peuvent se diviser comme il suit :

A. Ruptures des clavettes ou aux étriers de bielles ouvertes, dont 10 aux grosses têtes et 6 aux petites	16
B. Ruptures des étriers, 11 aux grosses têtes, 2 aux petites	13
C. Bielles à fourches, 5 en fer, 1 en fonte	6
D. Grosses têtes de bielles en fonte	2
E. Menottes en fer au bout des bielles en fonte	2
F. Boulons de têtes de bielle type marin rompus au filet	1
G. Soudure imparfaite, bielle en fer	1
Total	46

On voit que, de ces 46 ruptures 29 sont survenues aux têtes de bielles ouvertes où à leurs clavettes, presque toujours par faiblesse. On calcule ordinairement ces pièces comme si elles ne pouvaient céder qu'au cisaillement, tandis que, la plupart du temps, elles périssent par flexion sous une charge trop forte : le bâillement fréquent des étriers tend aussi à détruire les clavettes. Les étriers se fendent presque toujours au trou de graissage ou à la partie plate entre la cale et la partie courbe, rarement au milieu de cette partie courbe, et toujours sous des efforts comparativement faibles. En général les criques commencent à l'intérieur, sans qu'on en puisse suivre le développement. Les étriers des bielles ouvertes doivent être fixés par des clavettes et des boulons ou par de forts boulons seulement, comme sur les locomotives, mais il vaut mieux n'employer que des têtes formées d'une seule pièce, comme on le peut toujours pour les boutons de manivelle. Quant aux bielles à fourche, il vaut mieux, quand on ne peut pas les éviter, fixer leur tourillon dans la fourche même que dans son croisillon de manière à assurer une égale répartition des efforts dans les deux bras de la fourche.

Cylindres et boîtes de tiroirs. — Les 35 accidents survenus à ces pièces se divisent comme il suit :

A. Accidents par faiblesse :		
Plateaux des boîtes à tiroir	9	
Couvercles des cylindres	6	
Portes des boîtes à tiroir	3	18
B. Coups d'eau aux cylindres		5
C. Ruptures de cylindres par excès de pression		3
D. Ruptures de cylindres par corrosion		2
E. Rupture des pieds de cylindres		4
F. Enveloppe fendue par dilatation inégale		1
G. Chapelle du robinet d'étranglement rompue par coup d'eau		3
Total		35

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Presque tous les accidents du groupe A sont survenus à des cylindres coulés d'une seule pièce avec leur boîte à tiroir, ce qui ne devrait jamais se faire pour les grands cylindres en raison des efforts développés par les dilatations et contractions inégales. L'une des ruptures par coup d'eau est survenue sur un cylindre pourvu de soupapes de sûreté souvent insuffisantes, comme nous l'avons dit plus haut. Deux des accidents du groupe C sont arrivés aux grands cylindres de machines Compound, dont le tiroir de détente, immobilisé au milieu de sa course par un décalage de l'excentrique, avait laissé la pression de la vapeur s'accumuler dans sa boîte par suite de la marche de la machine entraînée par le petit cylindre; de là, la nécessité d'avoir une grande soupape de sûreté sur le tuyau qui relie la boite de distribution du petit cylindre à celle du grand dans les machines Compound.

Parallélogrammes. — Sur leurs 35 ruptures, il y en a 25 aux tourillons des croisillons, par le fait de changement brusque de leur section en général trop faible en passant de la forme prismatique à la forme ronde, 6 aux rayons ou bras du parallélogramme, et 4 à leurs supports, dont l'une ruina toute la machine.

A. Ruptures de régulateurs, 5 bras, 4 axes et boulons, 3 tiges, 1 levier. . . .	13
B. Ruptures de transmission, 9 aux pignons, 2 aux arbres.	11
C. Accidents à l'attirail, 2 tiges de valve d'étranglement, 2 au mécanisme d'arrêt.	4
Total	28

Régulateurs et leur attirail. — 28 accidents, dont plusieurs déterminèrent un emportement désastreux de la machine. Le régulateur doit être commandé par pignons ou par 3 cordes, surveillé soigneusement et pourvu d'un mécanisme arrêtant la machine non seulement quand elle s'emporte, mais aussi quand elle se ralentit trop de manière à couper la vapeur en cas de rupture du régulateur ou de sa transmission.

Tiges de pistons. — 27 accidents se groupant comme il suit:

A. Tiges brisées aux clavettes.			15	Tiges rompues au piston :	
B. Clavettes brisées ou relâchées . . .				D. Au filet.	2
— par faiblesse ou usure . .	2			E. Au clavetage par corrosion. . .	1
— coup d'eau du cylindre. .	2			Tiges rompues au corps :	
— puis perdues.	2	6		F. Causes indéterminées	2
C. Rupture par arrachement des filets.		1		Total.	27

Les détails des 15 accidents du groupe A sont donnés au tableau ci-dessous et par les figures 57 à 71.

Numéros des figures.	Charge en kil. par m².	Millions de tours.	Observations.
57	4	111	Fer.
58	7.7	44	
59	4.7	117	
60	5.6	46	Acier, probablement Siemens Martin.
61	6.8	104	Acier Bessemer.
62	3.8	138	Fer.
63	6	31/2	Fer. La clavette avait été souvent posée et déposée pour avaries au piston.
64	1.5	59	Fer. Travaillant seulement à 1k,5 pendant les 59 premiers millions de tours.
	2.2	59	
65	1.9		Fer.
66	3.1		Fer.
67	4.6	247	Fer probablement moins chargé à l'origine.
68	3.6	68	Fer.
69	2.8	25	Fer. Extrémité pas saine.
70	3.4	144	Acier, probablement Siemens Martin.
71	3.3	88 1/2	— — —

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Sur les figures 57 à 71, on a représenté le trou de clavette horizontal ou vertical suivant qu'il était perpendiculaire ou parallèle au plan de rotation de la manivelle. Les efforts ont été calculés en tenant compte des forces d'inertie mises en jeu par la masse du piston et de sa tige, mais sans tenir compte des efforts dus à l'enfoncement des clavettes, et qui ont été probablement très considérables en raison de la faiblesse des charges uniformément réparties ainsi calculées. La majorité de ces ruptures est due probablement à l'imperfection des clavetages. A signaler aussi la faiblesse introduite par des changements brusques de section, comme dans la figure 71, principalement pour l'acier qui s'y brise parfois comme s'il était coupé. Il faut aussi éviter le clavetage sur collets ou en partie conique, parce que la clavette trop enfoncée peut arracher alors la tige de ses portées. Le mieux est de faire l'emmanchement de la tige cylindrique avec butée sur le croisillon par un cône peu prononcé. Quand la tige traverse le croisillon, il vaut mieux employer un écrou sur filetage raccordé à la tige par une partie cylindrique de diamètre un peu inférieur au filet, puis par un cône allongé.

Crosses de tiges de pistons. — 27 ruptures se divisant en :

A. Par faiblesse ou usure :			B. Accidentelles.	4
Ruptures des bras.	9		C. Diverses	8
— des moyeux.	6	15	Total.	27

Les principales circonstances des 15 accidents du groupe A sont données par le tableau ci-dessous et les figures 72 à 86 :

Numéros des figures.	Fatigue maxima en kil. par mill. carré.	Millions de tours.	
72	3,7 et 4,5	117	Fatigue augmentée de $1^k,5$ à $4^k,5$. A fait probablement 234 millions de double course sous une fatigue inconnue.
73	4,7 et 6	148 et 55 1/2	148 millions à $4^k,7$ et 55 1/2 à 6 kilos.
74	4 et 23	88 1/2	Fatigue excessive due en partie à une augmentation de la charge et en partie à la diminution du diamètre du tourillon par usure de 50 à 287.
75	6,2 et 8,4	73 1/2	Augmentation graduelle de la charge.
76	6,3 et 10	288	Charge très variable.
77	6,3	64 1/2	282 millions de tours en tout, dont 216 1/2 sous une charge inconnue. On a tenu compte des forces d'inertie du piston et de la tige.
78	9 et 12	76 1/2	Augmentation graduelle de la charge, fatigue remarquable.
79	10 et 14	96 et 70	166 millions de tours en tout, dont 96 à 10 kilos.
80	3,8		
81	12	49	Vitesse du piston 4m par seconde. En tenant compte des forces d'inertie, la fatigue se serait élevée à $8^k,5$.
82	5,6	24	
83	3,5		
84	3,5 et 7	155	Rupture du balancier de la pompe à air; la fatigue de $3^k,5$ correspond à une pression de $0^k,7$ sur le piston de la pompe et celle de 7 kilos à une pression de $1^k,4$.
85	3,6 et 4,3		Augmentation graduelle de la fatigue : machine construite en 1839. Charge inconnue dans les premiers temps.
86	7,1		

Avec les faibles charges (fig. 83) comme avec les grandes (fig. 78) la rupture commençait presque toujours, dans les machines à balancier et horizontales, par une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

crique au droit des sections les plus faibles, et qui s'étendait ensuite graduellement dans le sens des efforts.

Trois des accidents du groupe B sont dus à des chutes de boulons ou de graisseurs entre les glissières. Trois des accidents C se produisirent aux trous de clavettes (fig. 87) probablement par le refoulement trop brutal de la clavette.

Pistons. — Des 22 ruptures de pistons, 10 sont dues au relâchement et au bris des segments ou de leurs boulons, 3 à des ruptures des segments trop amincis, 2 à la

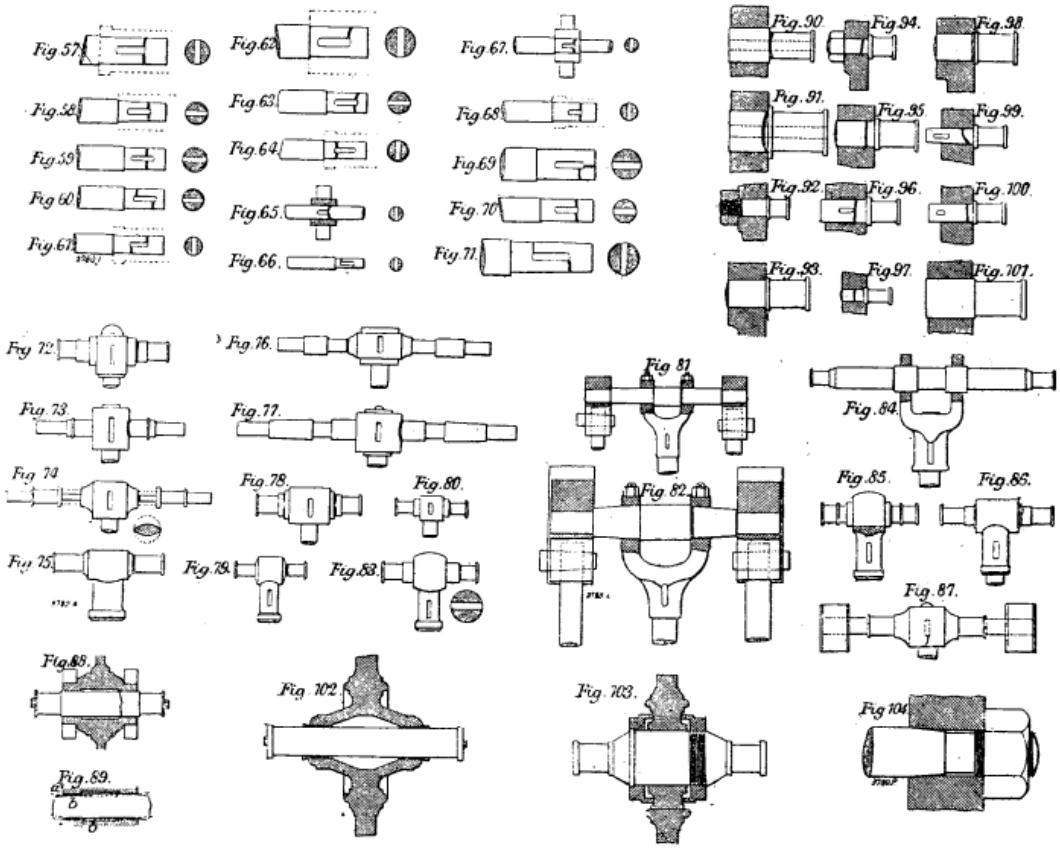


Fig. 57 à 104. — Ruptures de tiges de pistons (57 à 71). Crosses de pistons (72 à 87). Tourillons de balanciers (87 à 89). Boutons de manivelles (90 à 100) et balanciers (101 à 104).

présence d'eau dans le cylindre et 7 à des causes non vérifiées. On peut éviter ces ruptures par un examen fréquent et leur nombre a beaucoup diminué depuis l'introduction du graissage au pétrole.

Compoundage des machines à balancier. — Presque tous ces accidents, au nombre de 21, sont dus à la faiblesse des pièces de la machine calculées pour sa marche à basse pression.

Volants. — Des 19 accidents aux volants, 10 sont des ruptures des bras par efforts internes ou mauvais ajustage; une rupture de frette du moyeu par mauvaise soudure ou serrage excessif; 8 criques dans les moyeux, dont 3 dans des moyeux à bras fixés par des boulons, les criques se propageant d'un boulon à l'autre par fatigue exces-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sive. Les cinq autres criques sont dues à l'enfoncement des clavettes d'assemblage, partant, pour quatre d'entre elles, des coins des trous de clavettes rectangulaires, et pour l'autre, d'entre ces trous. Dans ce dernier cas, les deux cales du volant très gros, de $4^{m},50$ de diamètre, se relâchèrent, et le moyeu se fendit pendant le recalage. Ces gros volants ne peuvent être fixés que par 4 ou 5 grosses cales plates, à arêtes arrondies chassées deux par deux en opposition de chaque côté du moyeu : on achèvera de caler le volant, s'il persiste à jouer, par l'insertion de coins en bois dur et en acier entre les cales.

Pompes à air et condenseurs. — Les 13 accidents survenus aux pompes à air et condenseurs peuvent se classer comme il suit :

A. Ruptures des plateaux des pompes à air horizontales.	4
B. — des plateaux de condenseurs à surface.	1
C. — des plateaux des chapelles de pompes de circulation. . .	1
D. Corrosions.	3
E. Ruptures des boulons de fondation	2
F. — — —	2
G. Pompe à air brisée sans cause apparente.	1
Total.	13

Il faut proscrire les grands plateaux des pompes à air horizontales, surtout si leur marche est rapide ou la décharge embarrassée; quand le piston va plus vite que l'eau ne peut le suivre, il se produit des à-coups qui défoncent ce plateau. Pour parer à l'engorgement de la bâche, il faut la pourvoir d'un tube vertical ouvert de sûreté. Quant aux pompes à air verticales, il faut les rendre asséchables très accessibles et claires.

Manivelles. — Des 12 manivelles rompues, il y en a une en fer et 11 en fonte, métal qu'il faut évidemment proscrire.

Tourillons des balanciers. — Le moyeu du tourillon fig. 88 était trop faible; il y prit du jeu et se rompit sous une fatigue de probablement 11 kilogrammes par millimètre carré après 136 millions de tours. Sous cet effort, il se courbait, portant tantôt en ab, tantôt en $a'b'$: l'arête b, agissant comme une lime, détermina une crique qui s'étendit peu à peu : On évite cette action en faisant les portées du tourillon dans le balancier de 6 millimètres plus grosses que le reste du tourillon. Les autres tourillons se brisèrent par faiblesse ou par le fait de brusques changements de section.

Boutons de manivelles. — Les 11 boutons rompus étaient en acier ou en fer, deux en acier comprimé Whitworth. L'un de ces derniers se rompit comme en fig. 90, après 131 2 millions de tours, sous une charge maxima de $8^{kg},40$ par millimètre carré ; cassure, comme d'habitude, convexe sur le tourillon concave sur la manivelle. Le second, de 178 millimètres de diamètre à la portée sur 186 millimètres à l'encastrement, avec frette de 16 millimètres de large sur 25 millimètres d'épaisseur, serrée sur la partie de l'encastrement en saillie de 16 millimètres, se rompit entre cette frette et la manivelle après 6 millions de tours, sous un effort de 6 kilogrammes par millimètre carré, probablement par une crique formée pendant le serrage de la manivelle à la sortie même de l'encastrement, effet que l'on évite en formant un congé en ce point comme en fig. 101.

Les boutons fig. 92 à 100, sauf ceux des fig. 96 et 97, étaient d'un diamètre uniforme ou plus faible dans la manivelle. Tous ou se brisèrent dans la manivelle ou se relâchèrent en rompant soit leur écrou, soit leur rivure (fig. 93). Pour les cas fig. 94 et 100,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le bouton se rompit en deux pièces, en endommageant gravement la machine, dans les conditions indiquées au tableau ci-dessous :

Numéros des figures.	Fatigue en kil. par mill. carré à l'encastrement.	Fatigue en kil. par mill. carré à la section de rupture.	Millions de tours.	Métal.
94	4,4	10	164	Acier Bessemer.
95	4,5	8	200	Fer.
96	3,5	6,2	88	»
97	5,7	11,3		»
98	6	7,2	22 1/2	Acier Siemens.
99	6,7	12	87	Fer.
100	7	11,5	8	»

Cette fixation n'est pas sûre : il faut l'établir comme en figure 101, avec forçage du tourillon dans la manivelle par la presse hydraulique.

Balanciers. — Les 6 balanciers rompus étaient en fonte ; quatre se brisèrent entre le tourillon et la tige du piston, probablement par un coup d'eau, le cinquième par faiblesse (fig. 102) après compoundage ; la fixation fig. 103 est bien préférable. La sixième rupture survint sur une machine construite en 1847, dont le travail fut doublé en 1872, fatigue 4 kil. par millimètre carré, puis qui fut compoundée en 1880. En 1892, après 62 1/2 millions de tours, sous une charge de 3 kilogrammes, des criques se déclarèrent au point d'obliger de changer le balancier en 3 mois. Cette rupture est due à une fatigue très longue mais modérée, car elle atteint souvent, pour les balanciers, $3^{kg},5$ et même 5 kilogrammes, ce qui est trop élevé.

Glissières. — 5 ruptures, dont quatre dues au chauffage, ou du moins accompagnées de chauffage.

Cordes. — Il faut éviter qu'une corde rompue n'enlève la transmission. Le moyen le plus simple consiste à disposer sur le parcours des cordes un treillis que le brin rompu vient frapper et qui ferme alors la valve d'arrêt du moteur, en même temps qu'une sonnerie avertisseuse.

G. R.

PERTES DE CHALEUR DANS LES MACHINES A VAPEUR D'APRÈS **M. Dwelshauvers Dery** (1).

Désignons par R_a calories l'ensemble des pertes de chaleur que la vapeur a éprouvées durant l'admission. Une partie a servi à faire le travail nécessaire pour comprimer la vapeur qui était dans l'espace mort et lui donner la pression d'admission. Ce travail ne paraît nullement négligeable ; si on ne l'estime pas, c'est que l'on ne connaît pas la loi de cette compression. L'autre partie a servi à réchauffer le métal des parois qui renferment la vapeur et qui était tombé à la température de la vapeur de décharge à peu près, savoir : le fond ou couvercle, une face de piston, une portion de tige, la paroi cylindrique de l'espace mort et toute la surface des conduits jusqu'à l'obturateur. La vapeur, en cédant de sa chaleur pour ces deux fins, n'a pas baissé sensiblement de température, mais elle s'est partiellement condensée C'est de sa chaleur latente qu'elle a cédé. C'est pour cette raison que le phénomène porte le nom de *condensation initiale*, et ce que nous appelons R^a est constitué en majeure partie par

(1) Extraits d'un important travail publié par M. Dwelshauvers Dery dans la *Revue universelle des Mines* en novembre 1896, et intitulé *Étude de huit essais de machine à vapeur* exécutés au *laboratoire de mécanique appliquée de l'université de Liège.*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cette perte de chaleur éprouvée par la vapeur pendant l'admission et causée par la condensation initiale.

Depuis le moment où l'obturateur d'émission a été fermé du côté du piston que nous considérons jusqu'au moment où il s'ouvre de nouveau, le cylindre a été le théâtre de trois opérations successives :

Compression dans l'espace mort de M_c kg. de vapeur qui était à la pression P_2 et à la température de saturation t_2, pour lui donner la pression P_3 et une température au moins égale à celle de saturation t_3, et trouvée supérieure dans cinq des huit essais. Pendant cette phase, dans tous les essais avec enveloppe, c'est la vapeur qui a fourni de la chaleur aux parois et R_c est positif; dans tous les essais sans enveloppe, c'est le contraire : R_c est négatif, Nous devons dire toutefois que nous ne pouvons avec certitude tirer de ces faits aucune conclusion, parce que les chiffres mêmes qui les caractérisent sont comparables aux erreurs probables.

Dans les huit essais en question, l'échange de chaleur R_d, pendant la détente, a toujours eu lieu dans le sens du métal à la vapeur, de manière que R_d est trouvé négatif. Il est des cas où cet échange se fait en sens contraire, c'est pourquoi nous conservons à R_d le signe positif dans les formules. Mais lorsque la détente est assez grande, une partie de l'eau provenant de la condensation initiale sur les parois est revaporisée par la chaleur cédée par les parois. En effet, l'eau sur les parois est à l'état de saturation comme la vapeur en contact; par suite de la baisse de pression due à la détente, la température de saturation de la vapeur et de l'eau va en diminuant : ainsi la paroi devient plus chaude que l'eau en contact, elle lui cède donc de la chaleur qui vaporise cette eau sans augmenter de température. A la fin de la détente, une partie notable de la vapeur condensée pendant l'admission est réévaporée; et ainsi une partie notable de la chaleur R_a emmagasinée dans le métal est restituée à la vapeur utilement pendant la détente. Le reste doit être restitué en pure perte pendant l'émission. On en conclut que la perte totale de chaleur due à la présence des parois métalliques est représentée par la somme algébrique :

$$R_c + R_a + R_d$$

que nous appellerons R_f. En outre, que *la perte due aux parois est réduite à son minimum quand*

$$R_f = R_c + R_a + R_d,$$

est nul, c'est-à-dire quand toute l'eau provenant de la condensation initiale a été réévaporée pendant la détente ou que les parois sont sèches au moment de l'ouverture de l'obturateur d'émission.

Tel est le principe d'économie que nous avons énoncé pour la première fois en 1888[1].

Les *diagrammes d'échange* mettent en relief plusieurs phénomènes importants.

D'abord, on voit combien est grande la quantité de chaleur échangée entre le métal et la vapeur, comparativement à la quantité de chaleur correspondante au travail.

Ensuite, en comparant les diagrammes, on voit combien la purge de la chapelle dans les essais à vapeur non surchauffée diminue la grandeur de la condensation initiale ou de R; pour les deux premiers de 232 à 201; pour les deux autres de 131 à 84. Au contraire, quand la vapeur arrive surchauffée dans la chapelle, la purge de la chapelle provoque une augmentation de la condensation initiale de 189 à 196 pour les essais V et VI et de 77 à 80 pour les essais VII et VIII. L'avantage de purger la chapelle quand la vapeur employée n'est pas surchauffée devient évident, de même que la perte quand la vapeur est surchauffée.

En comparant les effets dans le même ordre que nous venons de dire, on voit par les tableaux et les diagrammes que la purge de la chapelle a augmenté le titre x de la vapeur à

[1] Voir le *Bulletin*, octobre 1890, p. 672.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'entrée de 0,947 à 0,981 sans enveloppe et de 0,915 à 0,985 avec enveloppes ; le titre x_0 de la vapeur à la fin de l'admission, de 0,403 à 0,502 sans enveloppe et de 0,604 à 0,787 avec enveloppes; enfin le titre x_1 à la fin de la détente, de 0,629 à 0,731 sans enveloppe et de 0,798 à 0,904 avec enveloppes. Le tout lorsque la vapeur n'est pas surchauffée.

Dans le cas où la vapeur est surchauffée dans la chapelle, la purge fait baisser le titre x_0 à la fin de l'admission, de 0,566 à 0,547 sans enveloppe ; et de 0,847 et 0,845 avec enveloppes et, le titre x_1 à la fin de la détente, varie de 0,742 à 0,730 sans enveloppe et de 0,900 à 0,915 avec enveloppes.

L'emploi de l'enveloppe à vapeur n'est, en définitive, qu'un palliatif, mais non un remède radical. Si l'on fait fonctionner la machine dans les mêmes conditions une fois sans enveloppe, une fois avec enveloppes, on réalise par le second fonctionnement une économie sur l'action nuisible totale des parois, représentée par $R_f + Q_1$. Ainsi si l'on compare les essais I et III, on trouve, en rapportant toutes les quantités à l'unité de dépense, que les valeurs de $R_f + Q_1$ sont respectivement 0,2748 et 0,1643, donnant un avantage de 0,1105 pour l'enveloppe. Mais le travail, dans l'essai I, est 0,0662 et dans l'essai III, 0,910 ; le travail n'a donc profité que de 0,0258, c'est-à-dire de moins d'un quart de l'économie faite sur l'action des parois; le reste est allé surtout augmenter la valeur de U_1, c'est-à-dire la chaleur de la vapeur au moment où elle va être expulsée et rejetée dans le condenseur. La comparaison des essais II et IV conduit à la même conclusion.

La différence des valeurs de $R_f + Q_1$ est 0,0863; celle des valeurs de $A\mathfrak{T}$, seulement 0,0270, soit moins d'un tiers; les deux autres tiers sont allés grossir la valeur de U_1.

Les conclusions sont naturellement les mêmes pour le cas où la vapeur est surchauffée. En comparant les essais V et VII, on voit que l'enveloppe fait gagner 0,1011, et il n'en revient au travail que 0,0278, soit environ 27 pour 100; et pour les essais VI et VIII, le bénéfice sur l'action des parois est de 0,1160, tandis que le travail ne bénéficie que de 0,0305, soit environ 26 pour 109.

On remarquera l'importance de ces conclusions au point de vue des espérances que peut donner l'enveloppe de vapeur.

Le bénéfice occasionné *par la surchauffe* est régi par la même loi. Seulement la purge de la chapelle a visiblement contrarié l'action économique de la surchauffe ; le rendement en travail est, en effet, à peu près le même dans les essais II et VI, soit 0,0791 et 0,0793 ; et dans les essais IV et VIII, soit 0,1061 et 0,1098. Au contraire, dans les essais I et V et III et VII, alors que la chapelle n'était pas purgée, la surchauffe a donné respectivement un bénéfice de 0,0163 et 0,0193 sur le travail, alors que l'action définitive des parois était diminuée de 0,0528 et 0,0421 respectivement.

Nombre de calories transmises par heure et par mètre carré à travers des parois métalliques — On est peu renseigné en général, par des expériences précises, sur les quantités de chaleur réellement transmises à travers des parois métalliques. Aussi croyons-nous utile de donner des chiffres précis à ce sujet pour ce qui concerne nos huit essais. Ces chiffres renferment parfois des choses surprenantes, inattendues et bien peu d'accord avec les hypothèses qui ont obtenu plus ou moins de crédit.

Condenseur par surface. — L'eau de circulation passe à travers un faisceau de tubes qui présentent une section de $0^{m2},012903$ à son passage, et une surface totale de réchauffement de $S = 15^{m2}760208$. Les données d'expérience font connaître : le nombre total de coups de piston pendant l'essai, N; la durée τ secondes de l'essai ; le poids de vapeur condensée par coup de piston, M_a ; le poids d'eau de circulation M_e, réchauffée de t_i à t''_f à chaque coup de piston, et, par suite, la quantité C calories de chaleur transmise par coup de piston, à travers la surface des tubes, de la vapeur à l'eau de circulation. De là on peut déduire : le nombre de calories soustraites à chaque kilogramme de vapeur à condenser, soit $\frac{C}{M_a}$; la chaleur transmise

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à l'eau par heure, 3600 $\frac{N}{\tau}$ C; et cette même quantité par heure et par mètre carré de surface; le poids de vapeur condensée par heure par mètre carré de surface soit 3 600 $\frac{NM_a}{\tau S}$; enfin la vitesse de l'eau dans les tuyaux, qui peut avoir une influence, sera consignée comme renseignement dans le tableau suivant, sans toutefois les données nécessaires à son calcul.

La moyenne des poids de vapeur condensée par heure et par mètre carré est de 13 kilogr., le maximum 16, le minimum 11,1. Ces chiffres s'écartent assez bien de ceux des formulaires.

La moyenne des poids de vapeur condensée par heure et par mètre carré est de 13 kilogrammes, le maximum 16, le minimum 11,1. Ces chiffres s'écartent assez bien de ceux des formulaires.

	1	2	3	4	5	6	7	8
N coups de piston.	3292	2716	4934	4026	4572	4410	6434	6490
τ sec., durée de l'essai. . . .	2624,57	1836,82	2447,07	1945,78	3279,01	3388,96	3476,71	3545,41
M_a kg. vap. par coup	0,043565	0,036819	0,030401	0,024838	0,032808	0,034014	0,023314	0,023112
M kg. eau froide	1,696123	1,344981	1,101459	1,134116	1,667039	1,761931	1,265414	1,231710
C calories. . .	24,8350	20,3048	17,0374	14,0803	18,8852	19,6993	13,4832	13,5185
$\frac{C}{M_a}$ cal. par kg. vapeur . . .	545,0	551,5	560,4	566,9	575,6	579,2	578,3	584,9
$3600\frac{N}{\tau}$ C cal. par heure. .	112142	108085	123668	101880	94795	92284	89827	89087
$3600\frac{N}{\tau}$ C cal. par m² . . .	8150	7855	8987	7622	6889	6707	6528	6474
$3600\frac{N}{\tau}\cdot\frac{M_a}{S}$ kg. cond. par h. et par m².	15,0	14,2	16,0	13,4	12,0	11,6	11,3	11,1
Vitesse de l'eau par seconde.	0m,165	0m,155	0m,173	0m,182	0m,181	0m,178	0m,182	0m,175

La moyenne de la chaleur à soustraire par kilogramme de vapeur à condenser est de 567,7 calories ; le maximum, 584,9 calories et le minimum 545 calories.

La moyenne des quantités de chaleur transmise à l'eau par heure et par mètre carré de surface tubulaire est de 7402 calories; le maximum, 8987 calories, et le minimum 6474 calories.

Transmission de chaleur par les enveloppes. — L'enveloppe du couvercle de droite est munie de deux drainages séparés, l'un qui recueille l'eau, provenant de la vapeur qui s'est condensée contre la paroi interne dont la surface est de 0m²,070827; l'autre contre la paroi externe dont la surface est de 0m²,079483.

L'enveloppe du couvercle de gauche a les mêmes surfaces condensantes, mais n'a qu'un drainage unique.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'enveloppe cylindrique, munie d'un seul drainage, a, vers l'intérieur, une surface condensante de $0^{mq},594385$, et vers l'extérieur, de $0^{mq},69806$.

Les quantités de chaleur données au tableau suivant se rapportent à une heure d'essai.

MOYENNES.	DES 2 ESSAIS A VAPEUR non SURCHAUFFÉE.	DES 4 ESSAIS A VAPEUR SURCHAUFFÉE.
Rayonnement extérieur par heure.		
Couvercle de droite	1652,5	1477,5
— de gauche	1710,2	1473,8
Enveloppe cylindrique	2069,4	1294,8
TOTAL	15405,	4246,1
Rayonnement extérieur par heure par m^2.		
Couvercle de droite	20450	18590
— de gauche	21517	16048
Enveloppe cylindrique	2963	1855
Chaleur transmise à l'intérieur par heure.		
Couvercle de droite	1205,5	963,5
— de gauche	1249,8	859,4
Enveloppe cylindrique	1533,0	847,8
TOTAL	3988,3	2670,7
Chaleur transmise à l'intérieur p. h. p. m^2.		
Couvercle de droite	17020	13603
— de gauche	17645	12136
Enveloppe cylindrique	2579	1427

La différence entre les coefficients de transmission des surfaces planes des couvercles et des surfaces cylindriques, est très considérable et mériterait explication.

De la rapidité de la condensation initiale. — Nous connaissons le nombre de calories R_a — A $\mathfrak{S}k$ corespondant à la chaleur cédée aux parois pendant l'admission, ainsi que le poids de vapeur condensée $(M_a + M)(x - x_0)$. Pour chaque essai, nous pouvons déterminer la durée de l'admission, en supposant le mouvement uniforme. Pour la course directe, celle où le piston s'écarte de l'arbre, un dixième d'admission correspond à $40°,787$ parcouru par la manivelle, soit à 0,1133 du tour; pour la course rétrograde, à $33°,795$ ou 0,0939 du tour; moyenne 0,1036. Si τ est la durée du coup de piston en secondes, on peut donc compter que la durée de l'admission est moyennement de $0{,}2072\,\tau$, ou approximativement de $0{,}2\,\tau$. La surface influencée est représentée par $0^{m2},563448 + 1{,}121126\,y$, où y représente en mètres le chemin décrit par le piston. Nous prendrons comme surface moyenne celle qui correspond à $\frac{y}{2} = \frac{0^m06}{2} = 0^m03$, soit $0^{m2},596812$ ou $0^{m2},6$ approximativement.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le tableau suivant présente les données et les résultats.

	1	2	3	4	5	6	7	8
$(R_0 - A T_1 \ldots$	13,1398	9,4332	0,009670	2,8283	8,2816	88,698	2,5120	2,6029
$M_0 - y$, $x - x_0$	0,025195	0,017968	5,2257	0,003039	0,015508	0,015672	0,003678	0,003667
τ.	0,7973	0,6763	0,4960	0,4833	0,7172	0,7685	0,5404	0,5463
Cal. par heure.	296640	251070	189640	105340	207920	207750	83670	85760
— et par m².	494690	418450	316070	755701	346530	346250	139450	142930
Kg. par heure	569	478	351	188	390	367	123	121
— et par m².	948	797	585	313	650	612	205	202

Ce chiffre de 494 600 calories par heure, ou 137 calories par seconde et par mètre carré, paraîtra sans doute énorme; mais il représente le phénomène réel, contre lequel les plus beaux rêves de l'imagination ne peuvent prévaloir.

Un fait digne de remarque est constaté par ces expériences.

Avec de la vapeur *surchauffée* à 160° à son entrée dans le cylindre, et de la vapeur *saturée* à la pression de la chaudière, 155°, stagnante dans l'enveloppe, *l'emploi de l'enveloppe a procuré une économie de plus de* 20 *p.* 100 *en diminuant notablement la condensation initiale.*

Ce fait, qui semble difficile à expliquer au premier abord, devient clair dès qu'on remarque que le fluide évoluant dans le cylindre n'est jamais homogène dans toute sa masse; la température, la pression, la composition en eau et vapeur, sont différentes aux différents points et varient constamment, parce que le fluide est en mouvement dans des conduits tortueux, où se présentent des remous de toutes sortes, où se produisent des projections de gouttelettes liquides par l'effet de la force centrifuge; le phénomène ressemble assez à un ouragan accompagné de pluie. Même dans les moments d'apaisement comme la détente et la compression, le fluide ne peut pas être et rester homogène dans toute sa masse, à cause du contact froid du métal qui va se découvrant continuellement à mesure que le piston avance. Si, dans nos calculs, nous traitons ce fluide comme homogène, c'est simplement faute de savoir mieux. Mais il peut fort bien arriver, comme Hirn l'a remarqué, que le calcul indique que la vapeur soit surchauffée, que, par suite, elle soit certainement surchauffée au centre de la masse, tandis que l'observation prouve qu'il y a, sur la surface métallique des parois encaissantes, une rosée d'eau saturée qui peut être même abondante. C'est, notamment, le phénomène qui se passe pendant l'admission. Les parois froides localisent leur action condensante à la couche de vapeur en contact avec leur surface, exactement comme le font les vitres froides d'un appartement où l'air est humide.

On imagine parfois que le froid des parois produit un brouillard répandu dans toute la masse, comme cela se passerait dans une détente adiabatique, idéale, où le fluide est supposé rester homogène et où son *son refroidissement, utile en ce cas, est dû non pas au contact d'un corps froid, mais uniquement à la diminution de la pression.* Un brouillard daus la masse serait peu pernicieux au point de vue de la consommation, parce qu'il serait emporté mécaniquement avec le reste; tandis que l'eau cantonnée en gouttelettes sur les parois ne passe pas mécaniquement au condenseur; elle n'y est ni entraînée ni balayée; pour s'y rendre, elle doit être vaporisée au détriment de la chaleur du métal qui, ainsi, est refroidi d'autant et prêt à produire une forte condensation à l'admission suivante. Là est le mangeur de vapeur; pendant l'admission, de la chaleur est fournie par la vapeur au métal des parois et cette chaleur est entièrement restituée, en partie utilement pendant la détente, mais aussi en partie

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pendant l'émission, c'est-à-dire en pure perte; ainsi, au lieu d'avoir travaillé, une certaine partie de la chaleur de la vapeur n'a fait que passer de la chaudière au condenseur, à la faveur du métal du cylindre.

L'effet de l'enveloppe est de diminuer la condensation initiale et d'augmenter la proportion d'eau réévaporée utilement, c'est-à-dire pendant la détente. Mais dans ce but, il faut que la vapeur dans l'enveloppe soit à une température plus élevée que celle qui évolue dans le cylindre, même pendant l'admission, et il semble paradoxal que, dans nos expériences, la vapeur dans l'enveloppe n'eût que 155° environ, tandis que la vapeur, à son entrée dans le cylindre, avait 165° de température. C'est que, sur les parois internes, malgré la possibilité d'une surchauffe de la masse dans le cylindre, il y a de l'eau en rosée à la température de saturation correspondante à la pression pendant l'admission, et cette température, d'environ 153°, est inférieure à celle de la vapeur dans l'enveloppe. Donc l'enveloppe doit fonctionner même pendant l'admission et diminuer la condensation initiale.

Les chiffres exacts sont les suivants :

	7	8
Dans l'essai		
La température de saturation à la pression de la chaudière est	154°865	154°918
La pression moyenne pendant l'admission	52950	52860
La température correspondante égale à celle de l'eau sur les parois	153°141	153°076
Différence	1°724	1°842

Cette différence est amplement suffisante pour assurer le sens de la transmission de la chaleur à travers la paroi métallique qui sépare la vapeur de l'enveloppe de la vapeur évoluant dans le cylindre.

LES MACHINES A VAPEUR A TRÈS HAUTES PRESSIONS D'APRÈS **M. Thurston** (1).

A la suite d'une longue étude des principaux résultats donnés en pratique par les machines actuelles de différents types, à simple, double, triple et quadruple expansions, et d'essais exécutés sur une machine expérimentale de Silbley College, à triple expansion, de 10 chevaux environ, et marchant à 35 atmosphères, *M. Thurston* arrive aux conclusions suivantes, cette machine ayant, à 35 atmosphères, dépensé $4^{kg},40$ de vapeur par cheval indiqué et 5 kilogrammes par cheval effectif.

On peut, toutes choses égales, — bonne construction, rendement organique, etc., — admettre que le rendement de la machine augmente à peu près comme le logarithme de la pression initiale

On peut espérer, qu'aux très hautes pressions, le rendement thermique restera le même que celui des bonnes machines à haute pression actuelles, c'est-à-dire égal à 70 p. 100 environ du rendement de son cycle avec parois adiabatiques.

L'économie réelle augmenterait lentement avec la pression, et d'autant plus lentement que les pressions s'élèvent davantage, de sorte que l'on atteindrait probablement assez vite la pression limite profitable en pratique.

Pour une pression de 70 atmosphères, l'on devra dépenser par cheval-heure indiqué au moins $2^{kg},70$ de vapeur 1 500 calories), et probablement, en pratique, $3^{kg},25$.

A 35 atmosphères, la petite machine expérimentale a dépensé $4^{kg},40$ environ par cheval indiqué, et cette dépense pourrait évidemment se réduire beaucoup dans les grandes machines avec les mêmes conditions thermiques. (Les machines à triple

(1) *The. Promise and Potency of High Pressure Steam*, par R. H. Thurston. Mémoire lu à la réunion des *Mechanical Engineers* Américains, à New-York, en décembre 1896.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

expansion dépensent $5^{kg},30$ avec une pression initiale de $11^{kg},5$: machine *Allis* de 575 chevaux[1].

Les principaux moyens d'augmenter le rendement de la machine à vapeur sont la

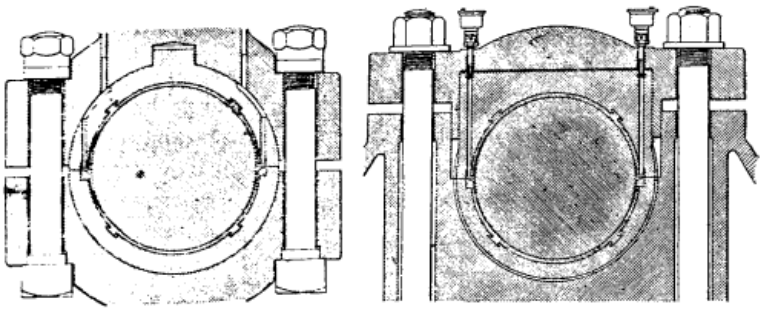


Fig. 105 et 106. — Coussinets *Dewrance* pour têtes de bielles et paliers.

diminution des pertes internes, — influence des parois et du condenseur, — et l'emploi de la vapeur surchauffée. (Une machine *Schmidt* à vapeur surchauffée à $12^{kg},60$ et de 76 chevaux a dépensé $4^{kg},50$ de vapeur par cheval-heure indiqué.)

COUSSINETS *Dewrance* POUR MACHINES MARINES (1)

A la suite d'expériences exécutées sur des modèles, et après avoir constaté que la pression supportée par la couche d'huile qui, dans un graissage parfait, doit séparer partout l'arbre de

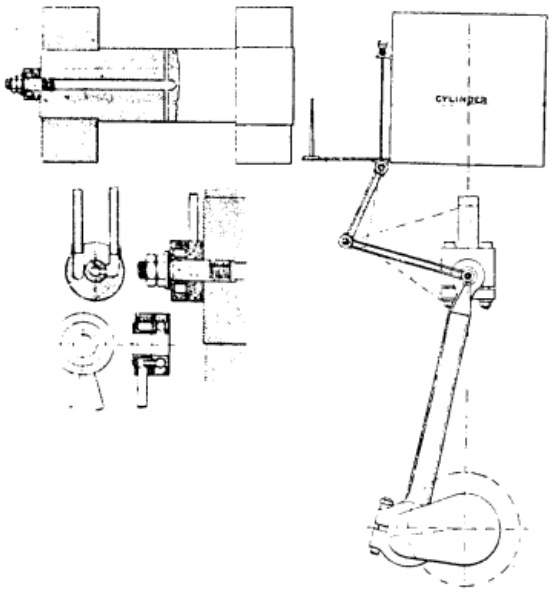


Fig. 107 à 111. — Graissage *Dewrance* pour petites têtes de bielles.

son coussinet, varie considérablement d'un point à l'autre du coussinet, M. Dewrance conclut qu'il faut, pour assurer un bon graissage, amener l'huile au coussinet par le point où la pression est la plus faible, et éviter certains dispositifs qui, comme les pattes d'araignées

1 *Institute of marine Engineers* et *Engineering*, 1er janv. 1897, p. 29.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

creusées perpendiculairement aux génératrices du coussinet, ont pour effet d'empêcher l'huile de se maintenir aux points où la pression est élevée, en même temps qu'elles risquent de servir de réceptacle aux poussières métalliques, crasses, etc., provenant de l'attaque du métal. Les coussinets de machines marines représentés par les figures 105 et 106 satisfont à ces conditions. L'huile y arrive latéralement, aux deux points diamétralement opposés et de pression minima, dans des évidements elliptiques qui l'amènent graduellement aux points des pressions maxima. Le graissage des petites têtes de bielle se fait (fig. 107 à 111), conformément à ce même principe, par le centre du tourillon. Quant aux paliers de butée, on a (fig. 112), pour y occasionner des points de pression minima, creusé sur leurs faces des évidements elliptiques

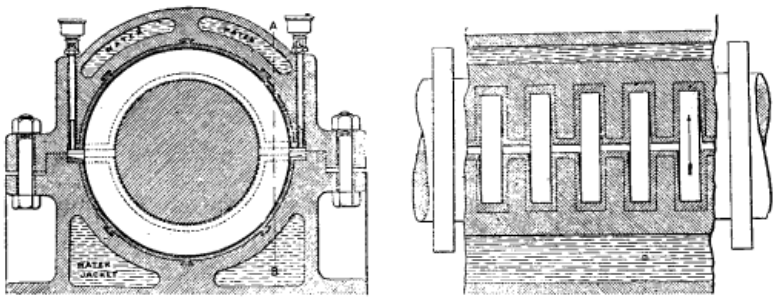


Fig. 112 et 113. — Palier de butée *Dewrance*. Coupes transversale et A A.

par où se fait l'entrée d'huile et séparé les circulations d'eau (*water jackuets*) du corps et du chapeau, de manière à éviter à coup sûr tout mélange de l'huile avec cette eau. Quant aux garnitures antifriction, il faut les choisir de préférence riches en étain (88 p. 100) et pas en zinc ni en plomb, métaux attaqués par les impuretés des huiles souvent inévitables, principalement l'acide oléique, et ils doivent pouvoir supporter des pressions d'environ : ces derniers alliages supportent difficilement sans se criquer le martelage que l'on fait ordinairement subir aux alliages antifriction plus doux quand on les enfonce dans leurs coussinets.

ROULEMENTS SUR BILLES

Les roulements sur billes viennent de trouver une heureuse application dans l'ingénieux changement de vitesse continu de M. *Archereau*, dont le principe est le suivant : l'arbre moteur C entraîne (fig. 114 et 115) par un bras D le pignon E, à mouvement gêné par le roulement d'un galet F dans une coulisse H, excentrique à C, et en prise avec le pignon G, calé sur

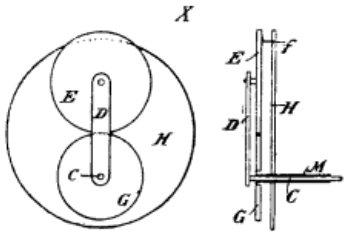


Fig. 113 et 114. — Changement de vitesse *Archereau*. Schéma du mécanisme.

la douille M, concentrique à C, de sorte que la vitesse de M variera de celle même de C à une rotation de plus en plus rapide suivant l'excentricité de H.

Dans l'application aux vélocipèdes représentée par les figures 115 à 118, la roue de chaîne

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

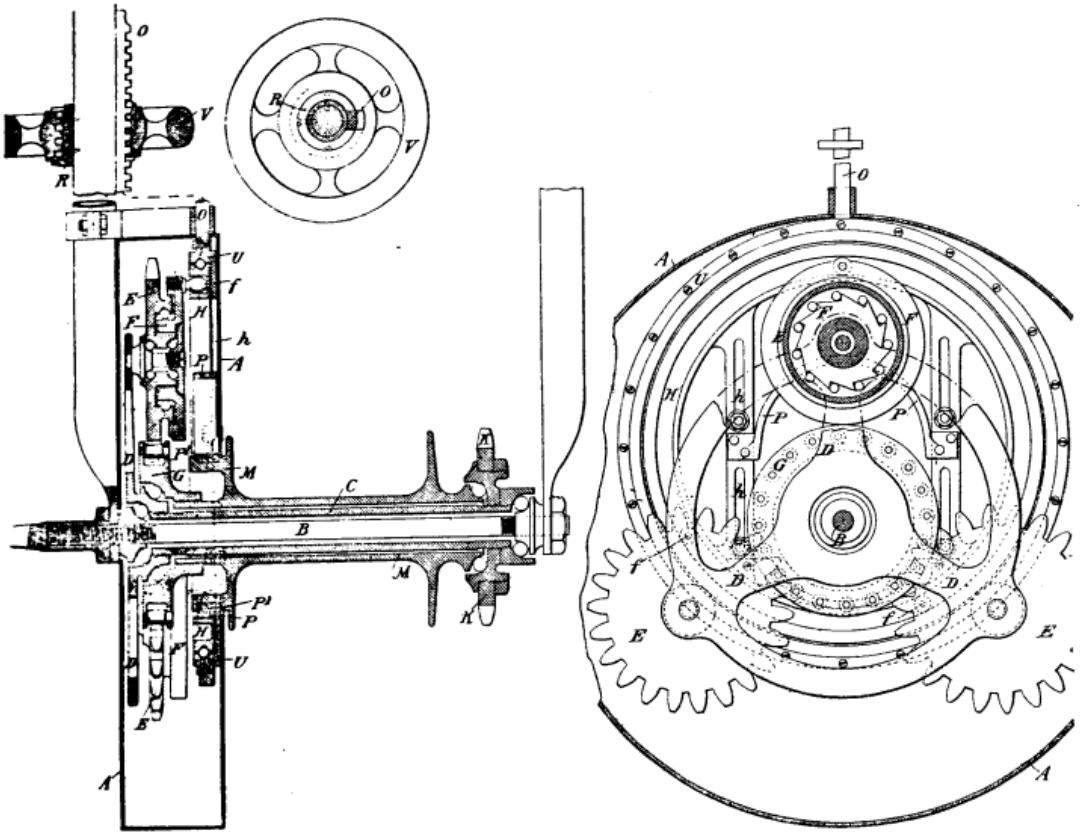


Fig. 115 à 118. — Changement de vitesse *Archereau*. Application au pédalier d'un vélocipède.

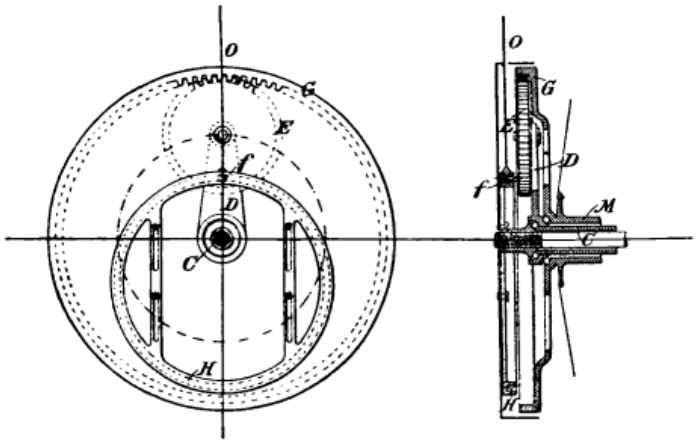


Fig. 119 et 120. — Changement de vitesse *Archereau*. Type ralentisseur.

K fait tourner autour de l'axe fixe B la douille C, dont l'étoile D entraîne les trois pignons E, en prise d'une part avec les galets du pignon H, calé sur la douille M de la roue, et, d'autre

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

part, avec les rochets F, à galets *f*, engagés dans la coulisse circulaire H, excentrique à C et roulant sur le chemin U, dont le train V.R O permet de varier l'excentricité de H. La pièce PP, guidée dans les glissières *hh*, solidaires de H et à bandes P, sert de frein.

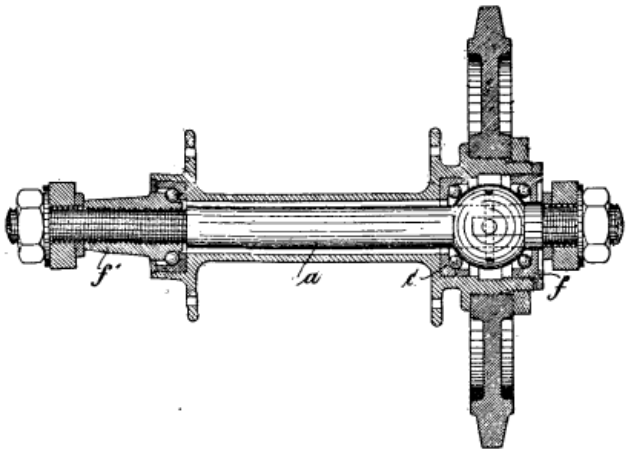


Fig. 121. — Roulement égalisateur *Sachs*.

Si l'on fait, comme en fig. 119 et 120 engrener les roues E à l'intérieur du pignon G, ce dernier tourne d'autant moins vite par rapport à C que H est plus excentré.

Dans le roulement pour vélocipèdes de *Sachs* les pressions sur l'axe fixe *a* (fig. 121) sont uniformément réparties par trois cercles de billes, dont deux *c* au droit de la roue de chaine, et réglables en *f* et *f'*.

BÉLIER *Rife* (1)

La caractéristique du bélier Rife est (fig. 122) la soupape d'arrêt B, à laquelle on donne souvent un poids assez lourd pour vaincre la charge de l'eau motrice A, et qui, ici, est, au contraire, extrêmement légère : 23 kilos pour un diamètre de 460 millimètres avec charge réglée par contrepoids ou un ressort de manière qu'elle soit presque équilibrée. La soupape B se rouvre sous l'action du vide qui succède momentanément à la fermeture de la soupape de refoulement C; ses battements faciles à régler, rapides et d'une faible amplitude, ne provoquent pas de chocs. On peut admettre par I de l'eau pure à une pression inférieure à celle de l'eau impure A, qui en reste, comme l'indique la figure, suffisamment séparée et la refoule en D. Cette disposition trouve souvent son application dans les petites distributions d'eau.

On installe actuellement à West Reding une batterie de trois grands béliers qui recevra son eau motrice d'un lac à 60 mètres des machines, par des tuyaux de 200 millimètres de diamètre, sous une charge de $2^m,40$, et de l'eau de source, par des tuyaux de 150 millimètres, sous une charge de $0^m,40$, pour s'assurer qu'elle ne se mêle pas à l'eau du lac. Comme cette eau, amenée d'une source à 300 mètres des machines, a naturellement une charge de $4^m,85$, on l'a employée, pour réduire cette charge à $0^m,40$, à faire marcher, sous une charge de $3^m,90$, deux petits béliers, qui refoulent directement, dans les réservoirs de distribution d'eau distants de 800 mètres, et sous une charge de 53 mètres, un demi-litre par seconde. La perte de ces petits béliers, de 32 litres par seconde, est reprise sous la charge de $0^m,40$, par les grands béliers,

(1) *Engineering News*, 13 déc., 1896 p. 429.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qui en refoulent 3 litres au château d'eau, avec une dépense de 60 litres de l'eau du lac. Prix

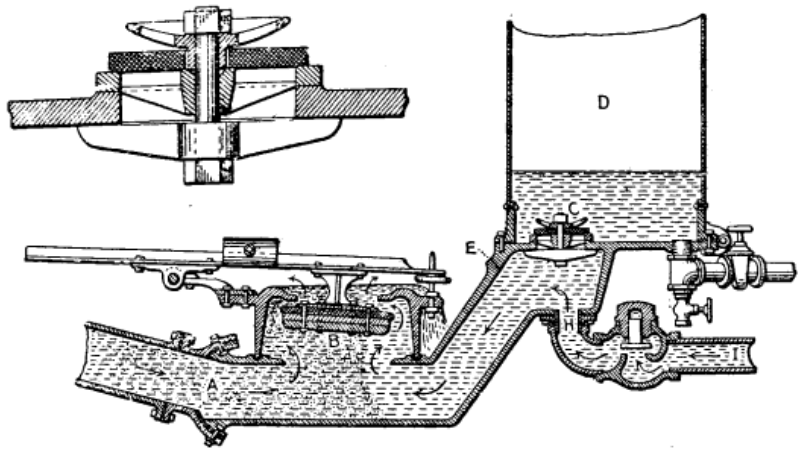


Fig. 122 et 123. — Bélier *Rife*. Ensemble et détail de la soupape C.

de l'installation 15 000 francs ; dépense d'entretien des clapets : 160 francs par an ; aucun frais de personnel.

PRESSES A PLIER ET A COURBER LES TOLES DE *Fielding et Platt*

La presse à plier représentée par les figures 124 et 125 est spécialement destinée au pliage des tôles de quilles. La tôle, solidement pincée entre deux mâchoires de 9 mètres de long par un serrage à genoux, que commandent les deux cylindres hydrauliques inclinés visibles sur la figure 126, est pliée par la poussée d'un long cylindre en acier porté, par quatre pistons

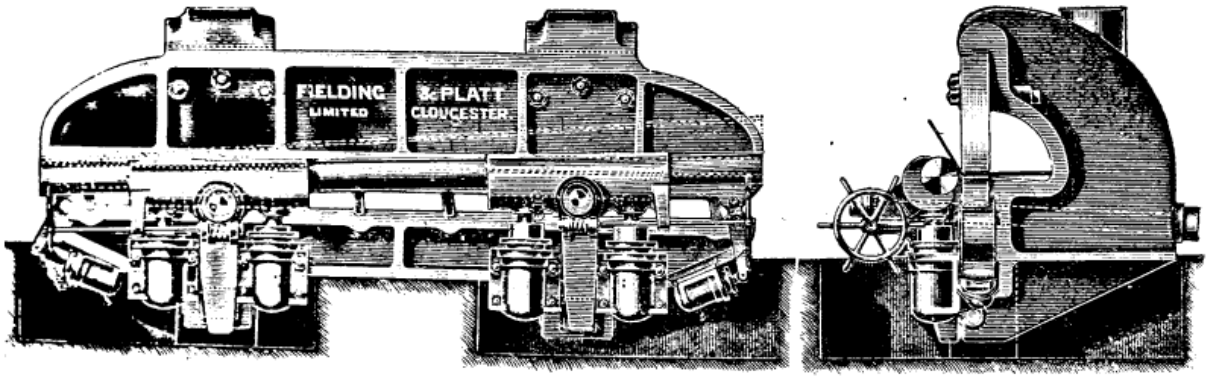


Fig. 124 et 125. — Machine à plier les tôles de *Fielding* et *Platt*. Élévation et vue par bout.

hydrauliques, sur deux berceaux articulés autour de leurs boulons de retenue, à appui sphérique de manière à permettre au cylindre plieur de prendre une position inclinée comme celle indiquée en pointillé. Des écrous manœuvrés par des vis sans fin permettent de régler la position des berceaux sur les boulons de retenue suivant l'épaisseur de la tôle, et ces berceaux portent chacun un bras vertical à butée sur galets équilibrant le porte-à-faux de la poussée horizontale de la tôle sur le cylindre.

L'ingénieuse presse à courber les tôles de *Fielding et Platt* (fig. 126 à 128) fonctionne comme

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

il suit, avec un bon rendement, grâce aux roulements sur billes F. et L. Quand on admet par K. J. I_2 l'eau en pression sous le plongeur I, G, les plans inclinés H serrent la tôle entre les faces courbées fixe C et mobile E ; en même temps, K déplace le tiroir T de façon que l'eau en pression, admise au-dessus et au-dessous du piston différentiel Q, abaisse le cliquet R. Quand I atteint le haut de sa course, la butée réglable J_3 J_4, solidaire de H, ramenant K à sa position

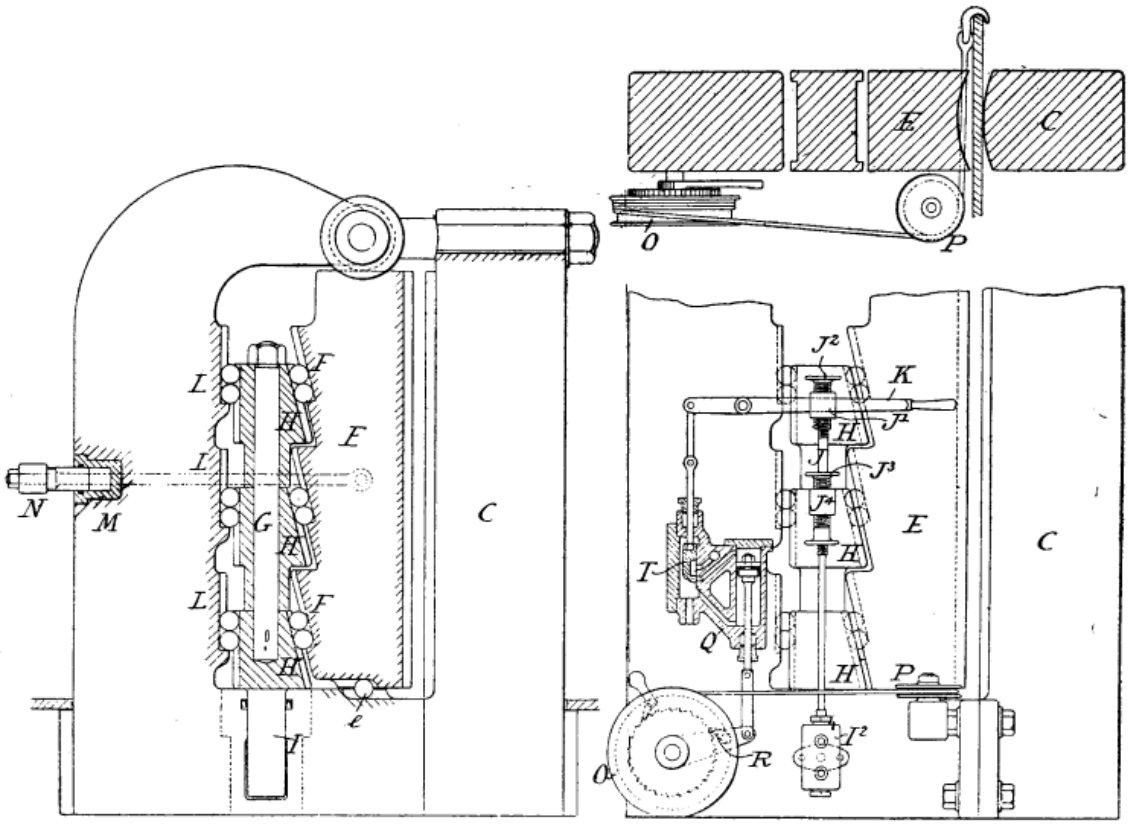


Fig. 126 à 128. — Presse *Fielding et Platt* à courber les tôles.

primitive, laisse retomber I ; la mâchoire E se rouvre, rappelée par le piston M N et l'eau en pression s'évacue du dessus du piston Q, lequel, relevant R, avance la tôle d'un cran par O P, puis la butée J_2, rabaissant K, provoque un nouveau serrage de la tôle.

Une machine de ce genre, installée chez W. Doxford à Sunderland, y remplace avantageusement les cintreuses verticales à cylindres. Elle peut cintrer en 20 minutes une tôle de 35 millimètres d'épaisseur sur $7^m,50$ de long et 3 mètres de large.

G. R.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

PROCÈS-VERBAUX

Séance du 11 décembre 1896.

Présidence de *M. Mascart*, président.

Correspondance. — *MM. Collignon* et *Aimé Girard*, secrétaires, dépouillent la correspondance.

MM. Donard, *Mengin* et *Brillié* remercient le Conseil de leurs nominations comme membres de la Société.

M. Michaud, 95, rue de Montreuil, demande une annuité de brevet pour un *piston de pompe*. (Arts mécaniques.)

M. de Loma, 6, quai de Bercy, présente un nouveau *système de fourches pour vélocipèdes*. (Arts mécaniques.)

M. de Marcillac présente un nouveau produit, *la Lactite*, obtenu avec le lait écrémé. (Arts économiques.)

Correspondance imprimée. — MM. les Secrétaires présentent au Conseil, avec remerciements aux donateurs, les ouvrages mentionnés à la page 1702 du numéro de décembre 1896.

Nominations de membres de la société. — Sont nommés membres de la Société :

M. Loubat, ingénieur de la maison Dunod et Vicq, présenté par *MM. Vicq* et *G. Richard*.

M. de Marcillac, agriculteur à Longpré, par Villers-Cotterets, présenté par *M. G. Richard*.

M. le baron de Diedrich, maître de forges, présenté par *M. Gruner*.

M. Grenet, ingénieur civil des mines, présenté par *MM. Haton de la Goupillière* et *H. Le Chatelier*.

M. P. Carel, manufacturier, 27, boulevard Lamartine, au Mans, présenté par *MM. Mascart* et *Suilliot*.

La maison Singrun frères, d'Épinal, présentée par *MM. Hirsch* et *G. Richard*.

Communication. — *M. Samain* présente à la Société un groupe d'appareils destinés à produire *la surélévation automatique des eaux à pression insuffisante* et l'*élévation économique des eaux communes sans pression*, principalement en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vue de résoudre le problème de la fourniture des eaux communes aux étages supérieurs des maisons parisiennes pour l'application du système d'assainissement dit « *le tout à l'égout* ».

La première de ses machines sert de type aux autres, qui n'en sont que des variétés.

Elle est du genre dit à colonne d'eau et se compose de deux parties principales : le *moteur* et la *pompe*. L'eau en pression arrive alternativement sur les deux faces d'un piston auquel elle donne un mouvement rectiligne alternatif directement transmis au piston de la pompe. Cette machine s'applique dans le cas où les pressions à utiliser et à produire sont constantes, car les dimensions des organes peuvent alors être bien déterminées pour produire le maximum de rendement; elle a été souvent appliquée par M. Samain en agriculture, pour l'utilisation de sources dont la pression était insuffisante pour l'irrigation de champs plus élevés que leur cours.

Dans le cas de l'application du tout à l'égout, M. Samain a eu l'idée d'utiliser comme force motrice les excès de pression de l'eau de source puisée aux étages inférieurs des maisons, pour pomper et refouler au sommet des immeubles l'eau commune : eau de rivière, de canal, de puits, dont la pression est insuffisante ou nulle.

Or, il est à remarquer que ces excès de pression, c'est-à-dire ces forces motrices, sont toujours variables, suivant que l'on en tire l'eau au rez-de-chaussée, au 1er étage ou au 2^{e}, etc. Afin de compenser ces différences, M. Samain a imaginé de se servir d'une pompe multiple à trois corps, desservie par un régulateur automatique qui permet d'annuler une ou deux des pompes suivant que la pression motrice diminue. On ne monte donc l'eau qu'en quantités proportionnelles aux débits de l'eau motrice.

Le service est toujours assuré, même si accidentellement l'on ne tirait pas assez d'eau de source.

Cependant, dans certains immeubles, ces puisages d'eau de source peuvent être moindres que les débits d'eau nécessaire, on est alors obligé de consommer spécialement de l'eau de source.

Pour obvier à cet inconvénient, dans le cas où l'on peut disposer d'une canalisation d'air comprimé, M. Samain a créé une pompe automatique mue par l'air comprimé, avec détente dans un deuxième corps de pompe. Ce système permettrait de réaliser de grandes économies relativement aux systèmes déjà employés.

M. Samain présente en outre *une bouteille rendue inremplissable* par l'adjonction d'un bouchon mécanique de son invention à fonctionnement automatique ; suivant la position qu'on donne à la bouteille, une soupape équillibrée contenue

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans le bouchon ouvre l'orifice de sortie quand il s'agit de vider le contenu de la bouteille, mais se ferme d'elle-même, et sans qu'on puisse l'ouvrir du dehors, lorsqu'il s'agit d'y faire rentrer un liquide quelconque.

Séance du 8 janvier 1897.

Présidence de *M. Mascart*, président.

CORRESPONDANCE. — En l'absence de M. Aimé Girard, retenu par une indisposition, *M. Collignon*, secrétaire, dépouille seul la correspondance.

M. W. de Blonay, chimiste à Genève, présente des échantillons d'*aluminium coloré* d'après un procédé qu'il fera connaître ultérieurement. (Arts chimiques.)

M. M. Lemale et C^ie^, éditeurs au Havre, demandent le concours de la Société pour un ouvrage intitulé *la Normandie monumentale*. (Comité des Beaux-Arts.)

M. W. Bishop, chimiste, présente un Mémoire sur l'*Essai des huiles par oxydation*. (Comité de Chimie.)

M. Mazel, instituteur à Lavenart, présente un Mémoire sur l'*Agriculture et la dépopulation des campagnes pauvres et montagneuses*. (Comité d'Agriculture.)

M. V. Germain, 239, boulevard Voltaire, demande une annuité de brevet pour un *signalement automatique d'arrêt des trains*. (Arts mécaniques.)

M. Jonquières présente un système de *propulseur pour bateaux*.) Arts mécaniques.)

M. A. Schlumberger, 55, rue Victor-Hugo, à Montreuil, présente un des échantillons de *cuir apprêté au moyen de l'aluminium*. (Arts chimiques.)

M. E. Henry, 38, rue de Chanzy, demande le concours de la Société pour l'exécution d'un *moteur à vapeur ou à air comprimé*. (Arts mécaniques.)

M. F. Griveaux, 42, boulevard Pasteur, *Moteur à vapeur régénérée*. (Comité des Arts mécaniques.)

M. O. Jenin, à Bulligny (Meurthe-et-Moselle), attire de nouveau l'attention de la Société sur sa *théorie de l'Électricité*. (Arts économiques.)

M. Beutier, 37, rue Sedaine, présente un système de *chauffe-bain intitulé le Minimus*. (Constructions et Beaux-Arts.)

M. C. Sabatou, 103, rue Vieille-du-Temple, demande une annuité de brevet pour une *cire artificielle*, et se présente au concours ouvert par la Société pour la *substitution, à l'acide sulfurique, dans la teinture, d'une liqueur donnant aux fibres l'apprêt voulu sans les détruire*. (Arts chimiques.)

M. G. Coutagne sollicite un encouragement de la Société en faveur de la *Station séricicole de Rousset*, dont il présente quelques travaux et publications.

M. le Ministre de l'Instruction publique invite la Société à se faire représenter

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

au *Congrès des Sociétés savantes*, qui se tiendra à la Sorbonne le 20 avril 1897. (Bureau.)

M. N. Seunier remercie la Société du concours qu'elle lui a prêté pour le brevet d'un moteur à pétrole.

M. de Marcillac remercie la Société de sa nomination comme membre.

M. Dandois, peintre verrier, 44, rue de la Prévoyance, à Vincennes, présente *ses vitraux* à l'appréciation de la Société. (Beaux-Arts.) — (Constructions et Beaux-Arts.)

M. Cacheux demande que la Société veuille bien insérer au *Bulletin* la lettre suivante:

Monsieur le Président,

J'ai l'honneur de vous informer que la Société *l'Enseignement professsionnel et technique des Pêches maritimes*, 25, quai Saint-Michel, met au concours la question suivante :

Étudier, pour un port français, les conditions de l'une de ses pêches maritimes, indiquer la marche à suivre pour augmenter la quantité de poisson pêché et la manière d'en tirer le meilleur parti possible en vue d'améliorer la situation matérielle des marins pêcheurs.

Divers prix, dont l'un offert par M. le Président de la République, seront décernés aux auteurs des meilleurs Mémoires, qui devront être remis au siège de l'association avant le 1er juillet prochain.

Présentations de mémoires pour les prix. — Se présentent pour le *prix des maladies du cidre* (Agriculture):

M. E. Rigaux, professeur d'agriculture à Mende;

M. G. F. de Champville, 78, rue Taitbout;

M. A. Diennert, ingénieur agronome;

M. F. Doislaine, à Leris, canton de Torcy (Yonne);

Un anonyme avec la devise: « En avant la Normandie. »

Pour les *prix des ferments alcooliques* (Agriculture) :

M. E. Kayser, avec un Mémoire intitulé: *Application des levures sélectionnées en vinification et en cidrerie.*

Pour le *prix des insectes de la vigne, M. Mazel*, instituteur à Lavenant. (Ardèche).

Pour les *prix du Commerce :*

Un Mémoire sur l'*industrie salicole en France,* avec la devise: « Le sel est un des corps les plus utiles à la conformation humaine et à l'industrie »;

Un Mémoire sur l'*assurance contre le chômage involontaire,* avec la devise: « L'Assurance est une des formes de la prévoyance sociale. »

Correspondance imprimée. — M. le Secrétaire présente au Conseil, avec remerciements aux donateurs, les ouvrages mentionnés à la page 146 du présent Bulletin.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

NOMINATIONS DE MEMBRES DU CONSEIL. — Sont nommés :

Membre du Conseil au Comité d'Agriculture: M. Grandeau, inspecteur général des stations agronomiques, en remplacement de *M. Demontzey*.

Membre du Conseil au Comité du Commerce: M. Buquet, directeur de l'École centrale des arts et manufactures, en remplacement de *M. Léon Say*.

Censeur honoraire: M. Legrand, membre de la Commission des Fonds.

Membres honoraires au Comité du Commerce: MM. Christofle, Magnier et *Natalis Rondot*.

DÉCLARATION D'UNE VACANCE. — *M. Collignon* déclare, au nom du *Comité de Mécanique*, une vacance ouverte par suite du décès de notre regretté collègue *M. A. Tresca*.

RAPPORTS DES COMITÉS. — *M. Lindet* présente, *au nom du Comité d'Agriculture*, un rapport sur *l'acidimètre de M. Dornic*.

COMMUNICATION. — *M. Paul Renaud* présente une communication sur *les applications de l'électricité comme force motrice dans l'agriculture*.

M. le Président félicite M. P. Renaud de sa très intéressante communication, vivement applaudie, et dont l'examen est renvoyé au *Comité d'Agriculture*.

ÉLECTION DU BUREAU. — *M. le président*, assisté de *MM. Collignon* et *Hirsch*, annonce le résultat du scrutin, et proclame la composition du bureau pour 1897, qui est la même que celle du bureau de 1896, à l'exception du remplacement de *M. Legrand*, nommé censeur honoraire, par *M. E. Simon*, nommé *censeur*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

BIBLIOGRAPHIE

Traité pratique du chauffage et de la ventilation, par M. P. Picard (1).

Comme le dit l'auteur dans sa préface, ce livre n'a pas pour objet de remplacer les traités classiques sur son sujet, mais d'en mettre les principes à portée de tous. « Afin que chacun puisse se rendre compte de ce qu'il est possible de réaliser actuellement, comme chauffage et ventilation, et que, par suite de la comparaison avec ce qui se fait, allant enfin de l'avant, ingénieurs, architectes, constructeurs et propriétaires se liguent pour faire disparaître, comme appareils de chauffage dans les locaux habitables, les cheminées à foyer ouvert, la série des poêles en fonte, les calorifères à air chaud, et pour munir ces locaux d'appareils de ventilation autres que les fissures de portes et de fenêtres mal ajustées. »

Sans prétendre formuler à cet égard une règle absolue, l'auteur se déclare partisan du chauffage, toutes les fois que c'est possible, par la vapeur à basse pression, détendue soit directement, soit, comme dans le système Grouvelle, facultativement par son passage dans le cylindre d'un moteur *ad hoc* employé à fournir une force motrice quelconque. En matière de ventilation il préconise la percée de nombreux trous d'arrivée et de sortie d'air permettant de réaliser une ventilation uniforme et hygiénique. On sait que ces conditions sont considérées depuis longtemps comme fondamentales en Amérique et en Angleterre, où le chauffage par vapeur à basse pression est, de beau coup, le plus employé, et il est à souhaiter que le succès du livre de M. Picard contribue à le propager en France.

On trouvera, dans cet ouvrage, la description très claire et critique des principaux appareils de chauffage : poêles, cheminées, calorifères, à l'exception toutefois du chauffage électrique, avec de nombreuses applications, et celle des méthodes usuelles de ventilation physique et mécanique, des tables usuelles, etc. ; sa lecture est, même dans sa partie théorique, des plus faciles, de sorte qu'il a, croyons-nous, toute chance d'atteindre auprès des hommes de bonne volonté le but que s'est proposé son auteur.

Locomotive et matériel roulant, par M. Demoulin (2).

Cet ouvrage, qui tient une place honorable dans une collection que nous avons déjà eu l'occasion de signaler favorablement à nos lecteurs, a pour objet de condenser, sous un format compact et peu coûteux, les renseignements nécessaires pour mettre les conducteurs des Ponts et Chaussées à même de ne point se trouver embarrassés, au point de vue technique, dans les nombreuses relations qui les mettent presque journellement en rapport avec les administrations de nos chemins de fer. Il vise un

(1) 1 vol. in-8°, 500 p., 498 fig. Paris, Baudry.

(2) 1 vol. in-18, 402 p., 214 fig., 41 pl., de la *Bibliothèque du conducteur de travaux publics*. Paris, Vicq et Dunod.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

but des plus utiles, et nous pensons, qu'écrit avec la compétence et la clarté qui caractérisent les ouvrages de M. Demoulin, il a toute chance de répondre à son programme.

L'Acétylène. *Historique, Propriétés, Fabrication, Applications*, par Georges DUMONT, ingénieur des Arts et Manufactures, et Ernest HUBOU, ingénieur civil des Mines. 1 volume in-8°, 124 p., 41 fig. — Édité par le GÉNIE CIVIL.

On trouvera décrits dans ce volume :

1° Les procédés de préparation du carbure de calcium avec le prix de revient actuel;

2° Les propriétés physiques et chimiques de l'acétylène, et en particulier l'étude de sa combustion et de son pouvoir éclairant, ainsi que son mode d'utilisation comme agent d'éclairage comparé aux autres sources de lumière;

3° Ses autres applications diverses, notamment pour le chauffage et la force motrice, ainsi que ses applications chimiques;

4° Un grand nombre d'appareils proposés pour la préparation de ce nouveau gaz.

Un chapitre spécial est consacré à l'examen des dangers que peut présenter l'acétylène.

Enfin, dans leurs conclusions, les auteurs résument d'une façon critique les faits actuellement connus et en dégagent les conditions pratiques dans lesquelles on doit se placer pour éviter des accidents.

Guide pour le soufflage du Verre, par le Dr H. EBERT, professeur de physique à l'Université de Kiel Traduit de l'allemand sur la deuxième édition et annoté par P. LUGOL, professeur de physique au lycée de Clermont-Ferrand. In-18, 63 fig. Paris, Gauthier-Villars.

Le soufflage du verre est un des travaux d'adresse manuelle les plus faciles et les plus utiles pour le physicien, surtout depuis l'importance que prennent les travaux d'électrochimie et les phénomènes produits par la décharge dans les gaz raréfiés.

Cet ouvrage constitue un cours gradué de soufflage du verre, divisé en cinq séries d'exercices, allant des plus simples aux plus difficiles, en embrassant tout ce qui, en fait de travail du verre, est d'un emploi journalier dans le laboratoire.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LIVRES ET OUVRAGES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE

EN JANVIER 1897

Codes et lois pour la France et ses colonies, par M. A. Carpentier, agrégé des Facultés de droit. 1re partie. Codes, 1 vol. in-8°. Paris, Marchal Billard.

Du Ministère de l'Intérieur. **Situation financière des départements en 1894**, présentée par M. Mastier. 1 vol. in-4°, 319 p. Melun, imprimerie administrative.

Chauffage et ventilation, par M. P. Picard, 1 vol., 571 p. Paris, Baudry.

De *M. Marié*, membre de la Société. **Étude expérimentale de la vaporisation dans les chaudières locomotives. Étude sur la confection des outils d'ajustage. Mesure exacte des hautes pressions et frottement des cuirs emboutis des presses hydrauliques. Étude comparée des régulateurs de vitesse, de pression et de températures. Les régulateurs de vitesse. Les régulateurs dans les distributions d'électricité. Les progrès futurs de la locomotive. The Consumption of fuel in Locomotives. Recent Brakes experiments on the Lyons Ry.**

De *M. Daubrée fils*, legs de M. *Daubrée*, membre de l'Institut, les ouvrages suivants :

Ministère de l'Instruction publique. Collection de documents inédits sur l'histoire de France publiés par les soins du ministre de l'Instruction publique. — *Académie française.* Recueil des discours, rapports et pièces diverses lus dans les séances publiques et particulières de l'Académie française. — *Berthier.* Analyses des cendres des végétaux. — *De Lapparent.* Abrégé de géologie. — *Alloury.* Canal de Suez. — *A. Etex.* Beaux-Arts. — Cours public à l'Association polytechnique. — *S. Jordan.* Cours de métallurgie. — *D. May.* Comte de Chambrun (biographie). — Cabinet du curieux. — Description de quelques livres rares. — *De Lesseps.* Canal de Suez. — *Périssé.* Comptabilité. — *Gurguet.* Fabrication des couleurs. — *H. de la Goupillière.* Verhütung der Explosion Schlagender Vetter. — *Mallard.* Explosifs en présence du grisou. — *H. de la Goupillière.* On explosions of Firedamp. — *Lamé.* Programme des sciences exactes. Cours de physique mathématique. — *Vignet.* Le fond du sac d'un vieux touriste. — *Verstræten.* Hydrologie de la Belgique. — *H. Fischer.* Clavis des Silicates. — *J. Barré.* Comptabilité. — *Lamé-Fleury.* Législation minérale. — *Combes.* Traité d'exploitation des mines. — *Marquis de Laplace.* Exposition du système du monde. — *F. Besnard.* Die Mineralien Bayerns. — *Jervis.* Mineral resources of Central Italy. — *F. Maréchal.* Maladies endémiques, épidémiques et contagieuses à Metz. — *Rankine.* Mécanique appliquée. — *Glépin.* Établissement des puits de mines. — *De Lapparent.* Jaugeage des barriques. — Panorama de l'Histoire du siècle. — *Leprieur.* Répertoire de l'École polytechnique. — Éclaircissements sur la théorie de la Terre. Catalogue Bibliothèque de *M. Chasles.* Catalogue Bibliothèque d'*Archac de Saint-Simon.* Catalogue de la Bibliothèque d'histoire naturelle de *G.-P. Deshayes.* Catalogue de la Bibliothèque d'histoire naturelle de *A. Brongniart.* Catalogue de la Bibliothèque du Bibliophile Jacob. — *De Morveau, Lavoisier, etc.* Nomenclature chimique. — *Lefébure de Fourcy.* Géométrie descriptive. — *Breton.* La Houille dans le bassin franco-belge. — Catalogue de la Bibliothèque géologique de feu de Verneuil. — Catalogus der Bibliothek van der K. Natuurkundige Vereeniging. — *Lamé.* Élasticité des corps solides. — *De La Guéronnière.* Napoléon III. — *Wyse.* Canal de Panama. — *Frémy.* Génération des ferments. — *Von Dechen.* Die Nutzbaren Mineralien im deutschen Reiche. — *Lamé-Fleury.* Lois, décrets concernant les ingénieurs des Mines. — *A. Gurli.* Bergbau et Hüttenkunde. — *Degousée.* Le Sondeur et les Sondages. — *Feltz.* Embolies capillaires. — *E. Dickinson.* Vérité naturelle de l'Hexaméron. — *Rammelsberg.* Chemisches Mineralsystem. — *P. Bert.* La première année de l'enseignement scien-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tifique. — *Urbain* et *Meunier*. Métalloïdes. — *Pencati*. Rocce porfiritiche e granitose. — *Delambre*. Progrès des sciences mathématiques. — *Lefébure de Fourcy*. Géométrie analytique. — *D'Orbigny*. Cours de paléontologie. Tableaux. — *Regnault*. Machines à feu. — *Berthelot*. Alchimistes grecs. — *Boucheporn*. Philosophie naturelle. — *Lefébure de Fourcy*. Algèbre. — *Cornil*. Rapports sur l'utilisation des eaux d'égout. — *Serre*. Histoire militaire des Grecs et des Romains. — *Filachon*. La Mécanique de l'esprit. Philosophie naturelle. — *Duval Jouve*. Traité de logique. — *Bonneville*. Autour de la Révolution. — *Fortis*. Oryctographie de l'Italie. — *Turck*. La Vieillesse comme maladie. — *Mérimée, A. Lenoir*, etc. Architectures gallo-romaine et du moyen âge. Architecture militaire du moyen âge. — *Eudes Deslongchamps*. Étages jurassiques de Normandie. — *Botella (de) y de Hornos*. España. Historische Stellung des Hauses Radziwill. — *Januel*. Chemins de fer de l'Est. Études géologiques. — *Filachon*. Études de philosophie naturelle. — *Barrois*. Terrain crétacé des Ardennes. — *Nitze*. Gold mining in the Southern Appalachian States. — *Muséum d'histoire naturelle*. Instructions pour les voyageurs. — *Lampadius*. Lehre von den Mineralischen Düngmitteln. — *Lefébure de Fourcy*. Géométrie analytique. — *Rammelsberg*. Mineralogisch und Metallurgisch Analytische Chemie — *Le comte de Chambrun, Lehmann*. Art des mines. Formation des métaux. — *Meunier*. Météorites. — *Hofmann*. Moderne Chemie. — *Reiset*. Agronomie. — *Burat*. Gites métallifères de l'Algérie. — *De Chambrun*. Guizot, Tocqueville, Thiers. Aux montagnes d'Auvergne. — *Lefébure de Fourcy*. Algèbre. — *Dujardin-Beaumetz*. Industrie houillère en Angleterre. Industrie houillère en France. — *Usquin*. Cours de fortification. — *Raulin*. Géologie. — *Gros*. Histoire de France. — *Selwyn*. Economic Minerals of Canada. — Fortschritte der Berg und Hütten mannischen Wissenschaften. — *Nibaut, Gomel, De Sancy, Dejardin-Verkinder, Comité des houillères du Nord, Courrot, Gruner, Dujardin-Beaumetz*. Législation des Mines. — *Bouquet de la Grye*. Étude hydrographique de la baie de la Rochelle. — *Ministère des Travaux publics*. Notice sur l'exploitation des métaux autres que le fer. — *Le Verrier*. Cours de métallurgie. — *Kokscharow*. Ueber den Olivin aus dem Pallas-Eisen. — *Paris* (amiral). Les peintres et dessinateurs de la mer. — *Eug. de Fourcy*. Herborisations parisiennes. — *Leonhard*. Handwörterbuch der topographischen mineralogie. — *Chaubard*. Éléments de géologie. — *Chompré*. Dictionnaire abrégé de la Fable. — *Descartes*. Les passions de l'âme, le Monde ou Traité de la lumière et la géométrie. — *L. Double*. L'Empereur Claude. — Jardin des racines grecques. — *De Marles*. Abrégé de l'histoire d'Angleterre. — *D'Aubuisson des Voisins*. Traité de géognosie. — *Dalmas*. La Cosmogonie et la Géologie. — *Franqueville*. Souvenirs intimes de la vie de mon père. — *Dupont*. Cours de législation des mines. — *Legendre*. Géométrie, revue par Blanchet. — *Ministère de Fomento*. Exposition nationale des mines 1883. — *Naudier*. Traité de législation des mines. — *Breton*. Étude stratigraphique du terrain houiller d'Auchy-au-Bois. — *Lamé* et *Clapeyron*. Vues politiques sur les travaux publics de la France. — *Hauy*. Traité de minéralogie. — *H. Meunier*. Méthodes de synthèse en minéralogie. — *Ollier*. Résections des grandes articulations. — *Hermite*. Calcul intégral. — *J. Percy*. Metallurgy. — *J. Delarbre*. Répertoire de la Légion d'honneur. — *Richeraud*. Éléments de physiologie. — *De Dartein*. Léonce Reynaud, sa vie et ses œuvres. — *Boussingault*. Économie rurale. — *Jacqmin*. De Franqueville, notice biographique. — *Perrin*. Étude de la mise en scène. — *Prudhomme*. Cours de construction. — *Carnot*. École des mines. Programmes et enseignement. — *Lehmann*. Histoire naturelle des couches de la terre. — *Serret*. Calcul différentiel et intégral. — Transactions of the American Institute of Mining Engineers, tomes XVI (1888) à XXIV (1895), table, tomes I à XV. — *Dupont*. Jurisprudence des mines. — *Couche*. Voie, matériel roulant, et exploitation technique des chemins de fer. — Annual Reports of the Muted States Geological Sturvey (1889-1893). — *Gruner*. Traité de métallurgie. — *Resal*. Mécanique générale. — *Milne-Edwards*. Zoologie. — *Cahours*. Chimie générale. — *Élie de Beaumont*. Coup d'œil sur les mines. — *Bruckmann*. Puits artésiens. — *Dorlhac*. Méthodes d'exploitation des mines. — *Bossut*. Histoire des mathématiques. — *Dumas*. Philosophie chimique. — *Chatin*. La truffe. — *Dana*. Geology. — *Serret*. Algèbre supérieure. — *Double*. Les Césars de Palmyre. L'Empereur Titus. — *Schnitzler*. Littérature française.

De *M. L.-A. Barbet*. **Traction des tramways avec moteurs à gaz et par l'air comprimé. Construction et calcul de presses hydrauliques ou à air. Étude sur le moyen de franchir les chutes des canaux.** 1 vol. in-8°, 193 p. et atlas de 28 pl.

De *M. L. Béguin*. Le Journal : **La Locomotion automobile**, années 1895 et 1896.

Manuel du fondeur-mouleur en fer, par M. E. Molerat. 1 vol. in-8°, 150 p. et 80 pl. Imprimerie Klein, à Épinal.

Lois du rayonnement solaire, par M. Ch. Honoré, 1 vol. in-8°, 350 p. Imprimerie de La Maccon, à Montevideo.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Lehrbuch der mechanisch metallurgischen, par M. A. Ledebur. 2 fascicules, chez Wieweg à Brunswick.

Katalog matematisches und mathematisch physikatisches. Modelle Apparate und instrumente de W. Dick, 1892-1893. 2 vol. in-8°, 430 et 135 p., chez le Dr Wolff. Munic.

Mémoires de la Société nationale d'Agriculture de France. Vol. CXXXVII (1896) et table générale des matières de 1837 à 1894.

Onoranze al professore Stanislas Cannizaro. 1 vol. in-8°, 125 p. Rome, Typographie du Sénat.

La Ménagère agricole, à l'usage des Écoles primaires, par M. V. Barillot, in-18, 240 p. Paris, E. Belin.

Annuaire de l'Observatoire de Montsouris pour 1897. 1 vol. in-18, 664 p. Paris, Gauthier-Villars.

Le Vignole des mécaniciens, par Armengaud aîné. 3e édition entièrement refondue. 1re fascicule. Paris, Bernard.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LITTÉRATURE

DES

PÉRIODIQUES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE DE LA SOCIETÉ

Du 15 Décembre 1896 au 15 Janvier 1897

DÉSIGNATIONS ABRÉGÉES DES PUBLICATIONS CITÉES

Ag. . . . Journal de l'Agriculture.
Ac.. . . . Annales de la Construction.
Acp. . . . Annales de Chimie et de Physique.
AM. . . . Annales des Mines.
Ap. . . . Journal d'Agriculture pratique.
APC . . . Annales des Ponts et Chaussées.
At. . . . Annales télégraphiques.
Bam . . . Bulletin technologique des anciens élèves des écoles des arts et métiers.
Btp. . . . Bulletin du ministère des Travaux publics (statistiques).
BMA. . . Bulletin du ministère de l'Agriculture.
Ci. . . . Chronique industrielle.
Co.. . . . Cosmos.
CN. . . . Chimical News (London).
Cs.. . . . Journal of the Society of Chemical Industry (London).
DoL. . . . Comptes rendus de l'Académie des Sciences.
CR. . . . Bulletin of the Department of Labor des États-Unis.
Dp. . . . Dingler's Polytechnisches Journal.
E. . . . . Engineering.
E'.. . . . The Engineer.
Eam. . . . Engineering and Mining Journal.
EE.. . . . Eclairage Électrique.
El.. . . Electrician (London).
Elé. . . . L'Électricien.
Ef.. . . . Économiste français.
Es.. . . . Engineers and Shipbuilders in Scotland (Proceedings).
Fi . . . . Journal of the Franklin Institute (Philadelphie).
Gc. . . . Génie civil.
Gm. . . . Revue du Génie militaire.
IC.. . . . Ingénieurs civils de France (Bulletin.).
Ie. . . . Industrie électrique.
Im.. . . . Industrie minérale de Saint-Étienne.
IME . . . Institution of Mechanical Engineers (Proceedings).
IoB . . . Institution of Brewing (Journal).
La. . . . La Locomotion automobile.
Ln. . . . La Nature.
Ms. . . . Moniteur scientifique.
N. . . . Nature (anglais).
Pc. . . . Journal de Pharmacie et de Chimie.
Pm . . . *Portefeuille* économ. des *machines*.
Rgc.. . . Revue générale des chemins de fer.
Rgds. . . Revue générale des Sciences.
Ri. . . . Revue industrielle.
Rme. . . Revue maritime et coloniale.
Rs . . . . Revue Scientifique.
Rso . . . Réforme Sociale.
RSL. . . Royal Society London (Proceedings).
Rt. . . . Revue technique.
Ru. . . . Revue universelle des mines et de la métallurgie.
SA. . . . Society of Arts (Journal of the).
ScP.. . . Société chimique de Paris (Bulletin).
Sfp . . . Société française de photographie (Bulletin).
Sg. . . . Bulletin de la Société de géographie.
Sgc . . . Bulletin de la Société de géographie commerciale.
Sie. . . . Société internationale des Électriciens (Bulletin).
SiM. . . Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse.
SiN. . . Société industrielle du Nord de la France (Bulletin).
SL. . . . Bull. de statistique et de législation.
SNA. . . Société nationale d'agriculture de France (Bulletin).
SuE. . . Stahl und Eisen.
USR. . . Consular Reports to the United States Government.
VDI.. . . Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure.
ZOI.. . . Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieure und Architekten-Vereins.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

AGRICULTURE

Associations coopératives agricoles en Luxembourg *Ap.* 24 *Déc.*, 947.

Betteraves. Culture betteravière dans le nord de la France et le marché des sucres. *Rso.* 1er *Janv.*, 95.

Beurres (Reconnaître la pureté des). *SiN.* (n° 95), 153.

Blés étrangers (Lutte contre les). *Ap.* 19 *Déc.*, 917.

— (Observation sur les). (Balland). *CR.* 28 *Déc.*, 1303.

— d'hiver et de printemps (Heuzé). *Ap.* 24 *Déc.*, 938.

— Culture dans l'ouest. *Ag.* 2 *Janv.*, 14.

— principaux consommés en France (Balland). *CR.* 4 *Janv.*, 40.

Caroubier (Le). *Ap.* 24 *Déc.*, 933, 969.

Choux fourragers (Les). *Ag.* 2 *Fév.*, 24.

Engrais. Salpêtre du Chili. *SiN.* (n° 95), 137.

— Divers. *SiN.* (n° 95), 137-142.

— Gadoues. Transport par voies ferrées. *Ap.* 14 *Janv.*, 45.

— Nitragine. *Ri.* 1er *Janv.*, 7.

— Semoir à engrais Rigault. *Ag.* 2 *Fév.*, 31, le Simplex. *Ap.* 14 *Janv.*, 58.

— Utilisation des ordures ménagères de Paris. *Ap.* 17 *Déc.*, 900.

— Réduction des azotates et formation des matières azotées.

— Phosphates de Carentan. *Gc.* 26 *Déc.*, 118. du bassin de Paris et Londres. *CR.* 28 *Déc.*, 1329. quaternaires dans les plantes (Black). *Ms. Janv.*, 3. fossiles en Normandie. *Ag.* 9 *Janv.*, 55.

— Enrichissement des craies phosphatées (Roux). *Bulletin de la Société industrielle d'Amiens. Sept.*, 261.

Forêts et l'impôt foncier. *Ap.* 24 *Déc.*. 939.

— de teck de la Bosnie. *SA.* 15 *Janv.*, 129.

Fourrages. Culture dans l'Ariège. *Ap.* 14 *Janv.*, 57.

Lait. Vacherie pour 40 laitières (Ringelmann). *Ap.* 19 *Déc.*, 907.

— Point de congélation (Wintel). *CR.* 28 *Déc.*, 1298.

— Fabrication des fromages du Cantal. *Ln.* 16 *Janv.*, 107.

Lathyrus sylvestris (Les). (Bonnet). *Ap.* 7 *Janv.*, 18.

Mécanique agricole à l'Exposition de Cologne. *VID.* 19 *Déc.*, 1479.

— Machines de la ferme au Manitoba. *E.* 8 *Janv.*, 25.

Métayage dans le Bourbonnais. *Ap.* 24 *Déc.*, 940.

Orge pour alimentation du bétail. *Ap.*, 973.

Petite culture (La) et la crise agricole. *Ag.* 2 *Fév.*, 15.

Plantations en mauvaises terres. *Ag.* 19-26 *Déc.*, 990, 1029.

Pluie (La) et les sources. *Co.* 2 *Janv.*, 20.

Race bovine bretonne. *Ap.* 7 *Janv.*, 19.

Russie (Agriculture en). *Ag.* 2 *Janv.*, 13.

Sériciculture en France. *Ef.* 19 *Déc.*, 810.

Sève (Note sur la). (Hébert). *ScP.* 5 *Janv.*, 88.

Topinambour (Le). *Ap.* 7 *Janv.*, 17.

Vignes. Oïdium et les traitements liquides. *Ag.* 19 *Déc.*, 992.

— Casse des vins. *Ap.* 31 *Déc.*, 975.

— Raisins précoces. Études de V. Pulliat. *Ag.* 19 *Déc.*, 996.

— Black-Root (Germination du). (Knudsen). *CR.* 14 *Déc.*, 1091. (Congrès du). *Ap.* 24 *Déc.*, 944.

— hybrides Seybel. *Ag.* 26 *Déc.*, 1017.

— Production des vins en Italie. *SL.* *Déc.*, 711.

— (Emploi du cuivre dans les maladies des *Ag.* 9 *Janv.*, 51.

CHEMINS DE FER

Accidents en Angleterre en 1895. *E.* 25 *Déc.*, 808. *Rgc. Déc.*, 358.

Chemins de fer indiens. *E.* 25 *Déc.*, 810.

— Français et allemands. *Ef.* 2, 16 *Janv.*, 5, 68. *Rgc. Déc.*, 370.

— Beyrouth-Damas. *E'.* 8, 15 *Janv.*, 31, 58.

— Transsibérien. *Rgc. Déc.*, 372.

— économiques. *E'.* 8 *Janv.*, 38.

— japonais. *Rgc. Déc.*, 373.

— de la Jungfrau. *Rgc. Déc.*, 374.

— métropolitain de Vienne. 201. 1er *Janv.*, 1.

Dynamomètre hydraulique de traction. *Rgc. Déc.*, 374.

Funiculaire de Glascow. *E.* 8 *Janv.*, 37.

Gares (Engins des) actionnés par l'électricité. *Gc.* 2, 16 *Janv.*, 133, 162.

Locomotives chauffées au pétrole en Russie. *Ri.* 2, 9 *Janv.*, 4, 18.

— à l'Exposition de Budapest. *VDI.* 8 *Janv.*, 40.

— (express 4) couplées du North-Eastern Ry. *E'.* 18 *Déc.*, 616.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

— — à roues libres du London and North-Western. *E'.* 25 *Déc.*, 662.
— *Compound* à 2 cylindres aux États-Unis. *Fi. Janv.*, 26. 4 cylindres des chemins hongrois. *VDI.* 8 *Janv.*, 40.
— à crémaillère du chemin de Beyrouth-Damas. *E'.* 15 *Janv.*, 58.
— à tiroir Allen (Rendement du) sur les locomotives. *IC. Nov.*, 705.
— (Consommation d'eau des). (Vicaire) *CR.* 4 *Janv.*, 23.
— Construction de la locomotive moderne (Hughes). *Rgc. Déc.*, 340.
Matériel roulant. Tampons et attelages Jones. *E.* 18 *Déc.*, 492.
— peinture des voitures à panneaux de tôle de la Compagnie de l'Est. *Rgc. Déc.*, 291.
— *Éclairage* électrique Moscowitz. *Rt.* 10 *Janv.*, 15. à l'acétylène. *Ri.* 16 *Janv.*, 24.
Trains express de l'East-Coast. *E'.* 18 *Déc.*, 637.
— des chemins de fer du Continent. *E.* 8 *Janv.*, 51.
Voies ensablées pour gares terminus. *Rt.* 25 *Déc.*, 569.
— Jonction de voie de 1 mètre. *Ac. Janv.*, 1.

TRANSPORTS DIVERS

Automobiles (Les). *E.* 18 *Déc.*, 779; *E'*, 15 *Janv.*, 60. Dans l'armée. *Rt.* 10 *Janv.*, 8. Gautier, Wehrle. *E.* 25 *Déc.*, 822. Roger. *E.* 1er *Fév.*, 34. Blot. *La.* 31 *Déc.*, 365.
— Mise en train par air comprimé. Clubb. *E.* 15 *Janv.*, 94.
— *électriques* Riker. *La.* 17 *Déc.*, 339. American Co. *E'.* 1er *Janv.*, 8.
— à pétrole, Gautier, David. *La.* 24 *Déc.*, 350. Wolseley. *E'.* 25 *Déc.*, 663. Roser. *Id.* 14 *Janv.*, 13. Daimler. *SiM. Nov.*, 368.
— *à vapeur*, train Scotte. *La.* 31 *Déc.*, 362. Le Blant. *Id. Janv.*, 6.
Électricité. La traction électrique (progrès de). *EE.* 9, 16 *Janv.*, 49-132.
Tramways, prix de la traction. *IC. Nov.*, 718. Douglas. *EE.* 19 *Déc.*, 569. — En Italie. *Id.* 574, de Paris. *Rt.* 25 *Déc.*, 567, de Rouen. *Gc.* 2 *Janv.*, 129, *EE.* 15 *Janv.*, 142. — De Lugnano. *Élé.* 9 *Janv.*, 17. — Berlin. *EE.* 7 *Janv.*, 89. Chicago, *Id.* 90. Varèse, *Id.* 94. Châlons-sur-Marne. *Rt.* 10 *Janv.*
— (Station centrale moderne pour). *EE.* 2 *Janv.*, 33.
— *à trolley*, attache de fils aériens. Manne. *Pm. Janv.*, 15. (pression des) sur les fils. *EE.* 26 *Déc.*, 599. Cope. *E.* 20 *Janv.*, 93. trolley Bassett. *E.* 8 *Janv.*, 63. *et accumulateurs* Dawson. *EE.* 7 *Janv.*, 78. Chicago. *Industria.* 10 *Janv.*, 26.
— *sans trolley*, Diatto. *Élé.* 19 *Déc.*, 392. Cirta. *EE.* 2 *Fév.*, 30. Claret, Vuillemier. *Ri.* 1,16 *Janv.*, 8, 28.
— (Perturbations dues aux canalisations des). *Élé.*, 2, 16 *Janv.*, 10, 44.
— Corrosions par le fil de retour. *EE.*, 16 *Janv.*, 113.
Tramways. Traction mécanique à Paris (Hillairet). *Sie. Déc.*, 427. à air comprimé. *Fi. Janv.*, 13.
— mécaniques prix de revient (Seguela). *Pm. Janv.*, 9.
— *à gaz* de la Compagnie des omnibus. *La* 7 *Janv.*, 2.
— Voies et joints des rails. *EE.* 16 *Janv.*, 130.
Vélocipèdes. Fabrication des. *SuE.* 1er, 15 *Janv.*, 5, 44.
— Divers. *Rs.* 9 *Janv.*, 60.
— Cycle d'appartement. *Ln.* 26 *Déc.*, 61.
— Roue Carlton. *E.* 25 *Déc.*, 822.
— Akatène Holt. *E.* 1er *Janv.*, 34. Chaîne à galets Rimmington. *E'.* 15 *Janv.*, 71.
— *Frein* Schmidt. *E.* 1er *Janv.*, 34. Rexworthy et King. *E.* 8 *Janv.*, 64.
— Détails de vélocipèdes. *Ln.* 9 *Janv.*, 82.
— Tricycle Drzievicki. *Co.* 9 *Janv.*, 49.
— Pneumatique cellulaire Escourou. *Co.* 9 *Janv.*, 49.
Voie mobile pour l'exposition de 1900. *Rt* 10 *Janv.*, 20.

CHIMIE ET PHYSIQUE

Acide carbonique des eaux, action sur le fer, (Petit). *CR.* 28 *Déc.*, 1278.
— chlorhydrique, action sur les sulfates alcalins (Colson). *CR.* 28 *Déc.*, 1285.
— Sulfurique. Détermination rapide. (Ackroyd). *CN.* 15 *Janv.*, 25.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Air dissous dans l'eau. *Cs.* 31 *Déc.*, 864.

Alcool, dosage. Richmond. *IoB. Déc.*, 529. Composition des eaux-de-vie. (Rocques). *Pc.* 15 *Janv.*, 55.

— secondaires. Action du chlore (Brochet). *Acp. Janv.*, 164.

— Action de l'amalgame d'aluminium (Diakonof). *SP.* 5 *Janv.*, 11.

Analyse spectrale. Spectres du cuivre, de l'argent et de l'or. *CN.* 1er *Janv.*, 2.

— quantitative. *CN.* 1er *Janv.*, 5.

Argon. Combinaison avec l'eau (Villard). *IcP.* 5 *Janv.*, 91. Spectres de (Trowbridge et Richards). *American Journal of. Science. Janv.*, 15.

Asphalte (Analyse de l'). (Endemann). *Cs.* 31 *Déc.*, 871.

Bismuth. Séparation du plomb. *CN.* 15 *Janv.*, 27.

Bornéols et leurs éthers (Minguin). *CR.* 28 *Déc.*, 1296.

Borures de nickel et de cobalt (Moissan). *ScP.* 20 *Déc.*, 1268.

Binitronaphtalines. Formation de (Gossmann). *SiN. Nov.*, 381.

Brasserie. Divers. *SiM.* (n° 95) 127. *Cs.* 31 *Déc.*, 913.

— Conservation des houblons, Sterne. *IoB. Déc.*, 537, 599.

— (Stations expérimentales de). *IoB. Déc.*, 563.

— Matières protéiques du malt. *Ms. Janv.*, 61.

— Levain lactique (Effront). *Ms. Janv.*, 78. — basses et hautes (Différence entre les). Petit. *CR.* 2 *Janv.*, 93.

Chlorates. Fabrication des (Hargreaves). *Ms. Janv.*, 37.

Chlore. Tour de Glover. *Cs.* 31 *Déc.*, 902.

Chlorure cyanurique (Lemoult). *CR.* 28 *Déc.*, 1276.

Carbure d'uranium. Moissan. *ScP.* 5 *Janv.*, 12.

Chaux et ciments. Application du ciment armé. *Le Ciment.* 25 *Déc.*, 207.

— Mortiers de sable fin (Feret). *Le Ciment.* 25 *Déc.*, 212.

— Industrie du ciment à Gand. *Le Ciment.* 25 *Déc.*, 215.

— Ciment de laitier, expériences de Zurich. *Rt.* 25 *Déc.*, 559.

— Essais des ciments (Le Chatelier). *Le Ciment.* 25 *Déc.*, 216. Industrie de la chaux dans les montagnes de Bober. *Société d'Encouragement de Berlin. Déc.*, 240.

Carbon noir du Brésil (Moissan). *ScP.* 20 *Déc.*, 1252.

Carbone. Solubilité dans le rhodium, l'iridium et le platine (Moissan). *ScP.* 20 *Déc.*, 1292. De lanthane. *Id.* 1293.

Carbures *de manganèse* (Moissan). *ScP.* 20 *Déc.*, 1267. — de vanadium. *Id.* 1278, d'yttrium et de thorium (Moissan et Etard). *Id.* 1271. De zirconium (Moissan et Lengfield). *Id.* 1275.

Columbium et Tantalum. Dérivés du Pennington. *CN.* 8 *Janv.*, 18.

Cobalt et nickel (Sulfures de) (Chesneau). *CR.* 21 *Déc.*, 1068.

Cyanures. Fabrication par l'ammoniaque des eaux du gaz d'éclairage. *Ms. Janv.*, 44.

— De zinc et de mercure. Action de l'ammoniaque (Varet). *Acp. Janv.*, 5.

Digesteur. Inond. *E.* 25 *Déc.*, 822.

Dissolutions (Théorie des) (Lord Rayleigh). *N. Janv.*, 253.

Essences diverses. *Cs.* 31 *Déc.*, 918.

Éthyle (Oxyde d'). Courbes adiabaliques, *RSL.* 24 *Déc.*, 336.

Explosifs (Les) (Guenez). *SiN.* (n° 96), 243.

— de sûreté, leur fabrication (Schmerber). *Gc.* 19, 26, *Déc.*, 100, 115.

— (Progrès récents des) (Merle). *Ms. Janv.*, 18.

Éthers de fruits (Production des). *IoB. Déc.*, 593.

Fusion (Variation du point de). Avec la fusion (Dumerliac). *CR.* 2 *Jauv.*, 75.

Féculerie. État actuel en France (Laze). *Rgds.* 30 *Déc.*, 1244.

Fer et Fontes attaqués par la soude en fusion. Scheurer-Kestner. *ScP.* 20 *Déc.*, 1250.

Ferment oxydant du champignon (Bourquelot). *Pc.* 1er *Janv.*, 8.

Froid. Pavillon Raoul Pictel à l'Exposition de Genève. *Im. X.* 601.

— Liquéfaction frigorifique de l'air (Linde). *Dp.* 8 *Janv.*, 40.

Gaz. Dissolution dans l'eau de la mer indépendante de la pression. *CR.* 14 *Déc.*, 1088.

Gaz d'éclairage. Canalisations en papier. *Gc.*. 19 *Déc.*, 111

— Action sur le fer, le nickel et le cobalt réduits. (Moissan et Moureu). 20 *Déc.*, 1296.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

— Emploi pour l'éclairage domestique (Lewes). *SA.* 25 *Déc.*, 89; 8 *Janv.*, 101, 113.
— Lampe Wenham-Robinson. *E.* 25 *Déc.*, 821.
— Brûleurs Bandsept. *Ri.* 26 *Déc.*, 518.
— Allumeurs divers. *Dp.* 1er 15 *Janv.*, 7, 52.
— *Acétylène.* Divers. *Cs.* 31 *Déc.*, 893.
— — (L'éclairage à). (Pélissier). *EE.* 26 *Déc.*, 577.
— — Explosivité avec moins de son poids d'oxygène. *Cs.* 31 *Déc.*, 889.
— — Lampe Bosque. *Co.* 19 *Déc.*, 649.
— — Gazogène Pintsh. *E.* 25 *Déc.*, 821. Julien. *Co.* 2 *Janv.*, 7.
— — Fabrication du carbure de calcium. *E'.* 15 *Janv.*, 51. — Morehead et Chalmot. *CN.* 15 *Janv.*, 29.
— — Éclairage des voitures de chemin de fer. *Ri.* 16 *Janv.*, 24.
Glycérine (dosage de la). *CR.* 14 *Déc.*, 1071.
Gomme ammoniaque. Composition. *Pc.* 15 *Déc.*, 530.
Graisses. Points de fusion. *SiN.* (N° 95), 149.
— Analyse des Lewkowitsch. *Cs.* 31 *Déc.*, 859.
Graphite extrait d'une pegmatite (Moissan). *ScP.* 20 *Déc.*, 1259.
— Variétés de. *Id.*, 1259.
Hydrate formé par le carbonate de potasse et sa dissociation (Lescœur). *ScP.*, 5 *Janv.*, 18.
Hydrogène sulfuré. Absorption par le soufre (Pilabon). *CR.* 4 *Janv.*, 35.
Laboratoire. Un laboratoire idéal (Ramsay). *CN.* 24 *Déc.*, 312.
— Réactions analytiques. *Pc.* 5 *Déc.*, 546.
— Choix des indicateurs dans les analyses volumétriques. *Pc.* 15 *Déc.*, 551. Neutralité des sels et les indicateurs colorés. *ScP.* 5 *Janv.*, 23.
— Détermination de l'alumine dans les phosphates. (Lasne). *CN.* 24 *Déc.*, 308.
— Dosage alcalimétrique des métaux. (Lescaux.) *ScP.* 5 *Janv.*, 26, 38, 41, 49.
— — du nickel et du zinc comme phosphates. *Cs.* 31 *Déc.*, 867.
— — de l'alumine et de l'oxyde de fer dans les phosphates. *Cs.* 31 *Déc.*, 868.
Lithium. Action sur le carbone (Guntz). *CR.* 28 *Déc.*, 1273.
Monazite (La). *Cs.* 31 *Déc.*, 889.
Morphine. Séparation de la codéine. *Pc.* 15 *Janv.*, 49.
Optique. Biréfringence du quartz, variation. avec la compression (Dongier). *CR.* 4 *Janv.*, 26.
— Jumelle stéréoscopique Zeiss. *Ln.* 9 *Janv.*, 87.
— Expression générale de la déviation dans le prisme. *Co.* 5 *Janv.*, 52.
— Lunette astronomique sans coupole de l'Exposition de Berlin. *Co.* 26 *Déc.*. 686.
— Phénomènes subjectifs accompagnant les changements brusques de coloration (Bidwell). *RsL.* 24 *Déc.*, 368.
— Photométrie (la). (Violle.) *Sie. Déc.*, 423.
— — des rayons ultra violets (Simon), *EE.* 19 *Déc.*, 565.
— Examen microscopique des corps opaques (Charpy). *Rgds.* 30 *Déc.*, 1260.
— Micromètre à double image pour les petits diamètres. (Bigourdan). *CR.* 14 *Déc.*, 1048.
— Le stéréocinématographe. *Ln.* 2 *Janv.*, 65.
— Spectroscopie (Progrès de la). *CN.* 24 *Déc.*, 307.
— *Rayons de Röntgen. EE.* 19 *Déc.*, 556, 563, 565; 2-16 *Janv.*, 42, 124. *CN.* 18 *Déc.*, 298. *CR.* 14 *Déc.*, 1042, 1057; 28 *Déc.*, 1234. *Rs.* 16 *Janv.*, 72.
Oxygène et air liquides. Constantes diélectriques. *RSL.* 24 *Déc.*, 358.
Oxydases et ferments solubles dans les végétaux (G. Bertrand). Actualités chimiques, *Sept.*, 193.
Ozone (Densité de l'). (Otto.) *CR.* 2 *Janv.*, 78
Papier. Choix pour livre. *N.* 14 *Janv.*, 241.
Parfums. L'Otto de roses. *Cs.* 31 *Déc.*, 924.
Pétrole. Industrie des huiles de schistes. *Rt.* 25 *Déc.*, 556.; *Ri.* 9 *Janv.*, 14.
— Évaluations du pouvoir gazogénique. (Helfers). *Cs.* 31 *Déc.*, 923.
— (Industrie du) en Roumanie. *E'.* 15 *Janv.*, 70.
Platine (Action du phosphore sur le). (Granger.) *CR.* 18 *Déc.*, 1284.
Poids atomiques. Argent, mercure, cadmium. Détermination électrolytique (Hardin). *CN.* 15 *Janv.*, 28.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Potasse. (Carbonate de) pur et raffiné. *Cs.* 31 *Déc.*, 876.

Résines et vernis. Divers. *Cs.* 31 *Déc.*, 920.

Sels haloïdes alcalins, action exercée sur leurs solutions par les bases qu'elles renferment. (Ditte.) *CR.* 4 *Janv.*, 29.

Solutions aqueuses étendues (Congélation des). (Ponsot.) *AcP. Janv.*, 79.

Séchage. Appareil rotatif Robinson. *E.* 8 *Janv.* 46.

Sélénium. Anhydride sélénique. (R. Metzner. *CR.* 13 *Déc.*, 1061.

Silicium. Action sur le fer, le chrome et l'argent. (Moissan.) *ScP.* 20 *Déc.*, 1261.

Soude. Procédé Leblanc en Angleterre. *Ri.* 19 *Déc.*, 507.

— (Fabrication de la). (B. Blount.) *E.* 24 *Déc.*, 819.

— à l'ammoniaque aux États-Unis. (Bradburn.) *Cs.* 31 *Déc.*, 877.

Sulfate de quinine. Essai. *Pc.* 15 *Déc.*, 534.

Sulfate de chaux. Solubilité dans l'eau pure et les liquides sucrés. (Weisberg). *ScP.* 20 *Déc.*, 1247.

Sucrerie. Divers. *SiN.* N° 95, 121. Sucre d'amidon du riz dans les divers pays. *USR. Déc.*, 505.

— (Progrès de la). *Cs.* 31 *Déc.*, 912.

— Fabrication du sucre de cannes. *Dp.* 1er *Janv.*, 18.

Sulfate d'ammoniaque. Situation de l'industrie du. *Cs.* 31 *Déc.*, 861.

Sulfures métalliques. Décomposition par l'acide chlorhydrique. (Colson.) *CR.* 2 *Janv.*, 81.

Tannerie. Préparation bactériologique. *Cs.* 31 *Déc.*, 911.

— Fermentation des liqueurs tanantes. *Id.*, 910.

Teinturerie. Divers. *Cs.* 34 *Déc.*, 894, 897, 901.,

— Explosion d'un digesteur. *E.* 18 *Déc.*, 785.

— Action de l'iodure de méthyle sur les solutions du violet cristallisé, du vert malachite et du bleu méthylène. (Rosentiehl). *ScP.* 20 *Déc.*, 1269.

— Les phtaléines. (Meyer.) *Cs.* 31 *Déc.*, 895.

— Les Rhodamines. *Id.*, 807.

— Jaune et rouge de chrome du commerce. (Amsel.) *Ms. Janv.*, 56.

— La mercérisation. (Perkin.) *Cs.* 31 *Déc.*, 865.

— Teinture du rouge turc (Baldenberger). *SiM. Nov.*, 382.

— des cuirs pour chaussures. *Cs.* 31 *Déc.*, 899.

— Enlevages sur bistre de manganèse. *SiM. Nov.*, 378, 380.

Thorium. Séparation par le trinitrate de potasse. (Dennis.) *CN.* 24 *Déc.*, 314.

Tungstène (Recherches sur le). (Moissan.) *ScP.* 20 *Déc.*, 1289.

— Réduction du Wolfram au four électrique. (Defacqz.) *CR.* 28 *Déc.*, 1288.

Urée. Dosage dans les urines. *Pc.* 1er *Janv.*, 30.

Verrerie. Four à bassins. Gobbe à Jemmappes. *E'.* 25 *Déc.*, 654.

Vanadium (Fonte de). (Moissan). *ScP.* 20 *Déc.*, 1278. Séparation de l'arsenic (Field et Smith). *CN.* 45 *Janv.*, 26.

Viscosité (la). C. Beadle. *Fi. Janv.*, 1.

COMMERCE ET ÉCONOMIE POLITIQUE

Angleterre (Activité économique en). *Rso.* 16 *Déc.*, 870.

Chômage (Assurance obligatoire contre le) à Saint-Gral. *Musée social.* 29 *Nov.*

Associations ouvrières (Les). *Ef.* 26 *Déc.*, 835.

Colonisations française et anglaise. *Ef.* 19 *Déc.*, 813.

Commerce français (État inorganique du). *Ef.* 19 *Déc.*, 801.

Communautés industrielles. *DoL. Nov.*, 694.

Coopératives (Les distributions des). *DoL. Sept.*, 610.

Enseignement social à l'École primaire (Delaire). *Rso.* 16 *Déc.*, 865.

Établissements pénitenciers pour l'enfance. *Ef.* 19 *Déc.*, 807.

États-Unis. Question des noirs. *Ef.* 26 *Déc.*, 839.

Question ouvrière. Pulmann City (Hecht). *C. Nov.*, 620.

Étatisme et l'alcool (Rostand). *Rso.* 16 *Déc.*, 845; 1er *Janv.*, 46.

Familistère de Guise. *DOL. Sept.*, 567.

Japon. Commerce en 1895. *E.* 25 *Déc.*, 807.

— (Main-d'œuvre au). *E'.* 15 *Janv.*, 51.

Monnaies. Question monétaire et baisse des prix (Bourgoin). *SiN.* (n° 95), 105.

— (Origine de la). *Ef.* 2, 15 *Janv.*, 7, 67.

— Production des métaux précieux. *Id.*, 10.

— Conversion monétaire au Chili. *Ef.* 9 *Janv.*, 47.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Monographie de la commune (Cheysson). *Rso.* 16 *Déc.*, 852.
Monts-de-Piété de Paris. *Ef.* 9 *Janv.*, 35.
Nouvelle-Calédonie. Colonisation agricole. *Ef.* 9 *Janv.*, 41.
Ouvriers (Éducation des). *E.* 18 *Déc.*, 775.
— des docks et entrepôts en Angleterre. *Musée social.* 30 *Nov.*
— des manufactures de l'État (Salaires des). 26 *Déc.*, 844.
Participation aux bénéfices. *E.* 15 *Janv.*, 81.
Patronage à l'Exposition de Lyon. *Rso.* 16 *Janv.*, 158.
Population de la France. *Rso.* 16 *Janv.*, 178.
Russie industrielle (La). *Ci.* 13 *Déc.*, 565.
— Exposition de Nijny-Novogorod. *IC. Nov.*, 632.
Salaires de l'État et des particuliers. *DoL. Nov.*, 721.
Sociologie et sociologues. *Rso.* 16 *Janv.*, 113.
Sucre. Production et consommation en Allemagne. *SL. Déc.* — en Autriche. *Ef.* 9 *Janv.*, 42.
Syndicat agricole de Belleville-sur-Saône. *Rso.* 16 *Déc.*, 907.
Transportation. Rôle social. *Ef.* 2 *Janv.*, 9.

CONSTRUCTIONS ET TRAVAUX PUBLICS

Briques et maçonneries. *E.* 1er *Janv.*, 20.
Ciment armé (Construction en). *Bam. Déc.*, 1513.
Combles métalliques. Application du cantaliver. *Gc.* 19 *Déc.*, 107.
Excavateur Newby. *E.* 18 *Déc.*, 791.
Fer et acier employés dans les constructions. *Gm. Déc.*. 525.
Hôtel de la Société des ingénieurs civils. *Gc.* 16 *Janv.*, 161.
Matériaux de construction divers. *Dp.* 26 *Déc.*, 272.
Palais de l'Exposition des Beaux-Arts à Dresde. *Gc.* 26 *Déc.*, 113.
Ponts sur le Rhin à Worms. *VDI.* 19 *Déc.*, 1469.
— Étude expérimentale des (Rabut). *APC. Oct.*, 374.
Sol (Détermination de la résistance du). *Rt.* 10 *Janv.*, 10.
Théâtres (Scènes de). *E.* 18, 25 *Déc.*, 755, 793; 8 *Janv.*, 35.
Tranchées argileuses (Consolidation des). *Ac. Janv.*, 6.
Tunnels. Percement en sables mouvants (Krause). *IC. Nov.*, 570.

ÉLECTRICITÉ

Accumulateurs (Les). *Elé.* 2 *Janv.*, 5.
— Gulcher. *Elé.* 9 *Janv.*, 22.
Aimantation naturelle des corps par l'action mécanique. *Elé.* 9 *Janv.*, 21.
Condensateurs (Les) Armagnat. *EE.* 19, 26 *Déc.*, 534, 588.
Courants oscillaires et quantités complexes. *EE.* 2 *Janv.*, 22.
Distribution et transport d'énergie électrique à distance. État actuel. *Elé.* 19 *Déc.*, 389.
— Matériel générateur de la Société d'éclairage et de force. *EE.* 7 *Janv.*, 55; *Ic.* 10 *Janv.*, 5.
Dynamos Jackson. *E.* 1er *Janv.*, 33.
— Muller pour distr. à 3 fils. *Elé.* 9 *Janv.*, 23.
— *Alternateurs* simples Westinghouse. *Ic.* 25 *Déc.*, 567. Blondel. *Elé.* 2 *Janv.*, 1. Ferranti de 200 K. W. *E.* 1er *Janv.*, 6. Steinmetz. *EE.* 2 *Janv.*, 31. diphasés de la Société d'éclairage et de force. *EE.* 7 *Janv.*, 55; *Ic.* 10 *Janv.*, 5.
— — décalage dans les circuits alternatifs. *Ic.* 10 *Janv.*, 21.
Éclairage. Montage des circuits. *Elé.* 19 *Déc.* 388.
— *à arc* (L') (Boistel). *EE.* 19-26 *Déc.*, 539. 584. Lampes Barnett, Andrews, Mougin, Klostermann, Pellet, Foote. *EE.* 2 *Janv.*, 9.
— arcs alternatifs en série. *Elé.* 16 *Janv.*, 37.
Électricité. Progrès en 1896 (Raveau). *EE.* 2-16 *Janv.*, 5, 27.
Électro-chimie (Progrès de l'). 201. 18 *Déc.*, 665; *E.* 25 *Déc.*, 807; *EE.* 7 *Janv.*, 49.
— Divers. *Cs.* 31 *Déc.*, 907.
— Applications électro-métallurgiques du chauffage électrique. *Ri.* 21 *Janv.*, 22.
Électrolyse du chlorure de sodium et du chlore Blount. *E.* 18 *Déc.*, 787.
— du chlorure de fer (Goodwin). *Technology Quarterly. Déc.*, 254.
— dissociation des ions, théorie *N.* 17 *Déc.*, 7 *Janv.*, 223.
— Électrolyseur pour laboratoires. *Elé* 16 *Janv.*, 40.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Interrupteurs électromagnétiques de la compagnie des compteurs. *EE.* 7 *Janv.*, 77.
Hystéresis magnétiques dans un champ tournant (Bealite et Clincker). *EE.* 19 *Déc.*, 529.
Installations électriques en Suisse. *EE.* 19 *Déc.*. 548.
Interrupteur périodique Henrion. *Elé.* 2 *Janv.*,8.
Mesures. Capacité de polarisation. *Elé.* 18 *Déc.*, 394.
— Appareils étalonés (Les) (Armagnat). *EE.* 7, 16 *Janv.*, 74, 115.
— Compteurs E. Thomson. *Ci.* 27 *Déc.*, 578. Kelvin. *EE.* 16 *Janv.*, 128.
— Compensation de la self induction d'un enroulement de wattmètre. *EE.* 26 *Déc.*, 593.
— Électromètre capillaire. Théorie de Hermann. *RsL.* 24 *Déc.*, 329.
— Indicateur de phases Derr. *Technology Quarterly. Déc.*, 251.
— Unités magnétiques et photométriques (Hanarte). *Ru. Déc.*, 245.
Phénomènes de Hall dans les liquides (Bagard). *CR.* 28 *Déc.*, 1270.
Piles Sicard et Falle. *EE.* 19 *Déc.*, 651. Mac Donald. *Elé.* 16 *Janv.*, 36.
Russie (Industrie électrique en). *Elé.* 16 *Janv.*, 34.
Soudure électrique. Ries, Thomson, Lemp, Mountain. *Ri.* 19 *Déc.*, 505.
Stations centrales. Berne. *EE.* 26 *Déc.*, 590.
— Paterson. *Id.*, 7 *Janv.*, 93.
— Buda-Pesth. *EE.* 16 *Janv.*, 103.
Télégraphie auxiliaire (Kitsee). *Fi. Janv.*, 68. Poste central de Paris. *Elé.* 19-26 *Déc.*, 385, 403.
— Siphon recorder Kelvin. *EE.* 16 *Janv.*, 129.
— lignes en bronze à longues portées. *Elé.* 16 *Janv.*, 46.
Téléphonie. Action mutuelle des lignes (Muller). *EE.* 19-26 *Déc.*, 553, 596.
— Poste central de Paris. *Elé.* 19 *Déc.*, 385.
— Difficulté des câbles sous-marins (Brylinsky). *EE.* 2 *Janv.*, 22; 7 *Janv.*, 67.
— de la Compagnie pour le transport de la force. *EE.* 7 *Jauv.*, 74.
Tesla. Appareils de démonstration. *Elé.* 2 *Janv.*, 7.
Transformateurs moteurs (Distribution par). *E'.* 25 *Déc.*, 651. Westinghouse. *Ic.* 10 *Janv.*, 11.
Transports de force à l'Exposition de Berlin. *VDI.* 19 *Déc.*, 1476.
— et distribution. État actuel. *Elé.* 26 *Déc.*, 406.
— par l'électricité et l'air comprimé. *Elé.* 16 *Janv.*, 38.

GÉOGRAPHIE

Bosnie et Herzégovine. *Ef.* 19 *Déc.*, 805.
Chili. *Tour du monde.* 19 *Déc.*
Explorations acétiques en 1896 (Robot). *Rs.* 16 *Janv.*, 65.
Guinée nouvelle. *N.* 17 *Déc.*, 157.
— française. Voie de communication vers le Niger (Salesses). *Cm. Déc.*, 481.
Somalis (Côte des). *Co.* 19 *Déc.*, 645.
Tunisie. *Rgds.* 15 *Déc.*

GUERRE

Artillerie allemande, transformation. *Ri.* 9 *Janv.*, 17.
— *Canons* de campagne Canet. *E.* 18 *Déc.*, 766. de marine Canet. *E.* 25 *Déc.* 801. Rapide Armstrong de 150 millimètres. *E'* 18 *Déc.*, 633; Vickers. *E.* 25 *Déc.*, 821.
— Culasse Noble et Murray. *E.* 18 *Déc.*, 79.
— Affût en barbette des Béthléem Iron Works. *E.* 15 *Janv.*, 93.
— Chargeur Lloyd et Brankston. *E.* 25 *Déc.*, 821.
— Mire Brankston. *E.* 1er *Janv.*, 33.
— Obus (Fabrication des) Hadfield. *E.* 18 *Déc.*, 792.
Fortification permanente appliquée à l'organisation des forteresses à grand développement (Deguise). *Cm. Déc.*, 547.
Fusils (Machine Devé à vérifier les canons de). *Ln.* 26 *Déc.*, 53.
— Mire rationnelle. *Co.* 9 *Janv.*, 41.
Mitrailleuses (Origine des). *E.* 18 *Déc.*, 776.
Suggestion à la guerre (F. Regnault). *Rs.* 19 *Déc.*, 779.

HYDRAULIQUE

Cours d'eau. Digues de défense. (Ronna.) *Ap.* 7 *Janv.*, 22.
Écoulement de l'eau dans les canaux ouverts. *E.* 1er *Janv.*, 21.
Pompes de la canalisation de Budapesth. *VDI.* 2 *Janv.*, 8.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

— diverses. *Dp.* 18 *Déc.*, 265.
— à triple expansion Nordberg. *E.* 18 *Nov.*, 766; 25 *Déc.*, 815.
— à pistons multiples Holst. *E'.* 8 *Janv.*, 29.
— à air comprimé Henry. *Ag.* 16 *Janv.*, 100.
— rotative Pittin. *E.* 18 *Déc.*, 784.
— *Éjecteurs.* Expériences du laboratoire. de mécanique de l'Institut des mines de Saint-Pétersbourg. *Ru. Déc.*, 300.

Puits artésiens au Sahara. (Lippmann.) *Ic. Nov.*, 683.

Réservoirs (Appareils de charge des). *Gc.* 2 *Fév.*, 137.

Roues Pelton. Ri. 2 *Janv.*, 1.
— Essai d'une —. *Technology Quarterly*, *Déc.*, 318.

Turbines à l'Exposition de Genève. *Industria*, 20-27 *Déc.*, 810, 826; 10 *Janv.*, 21.
— Régulateur électrique Replogle pour. *E'.* 1er *Janv.*, 3.

HYGIÈNE

Appareil pour pénétrer dans les atmosphères nuisibles (Carey). *Sc.* 31 *Déc.*, 851.

Chauffage à air chaud Leredde. *Ci.* 15 *Déc.*, 562.

Désinfecteur Lee. *Ri.* 16 *Janv.*, 29.

Eaux (Service des) à Paris en 1895. *Ri.* 26 *Déc.*, 317.
— (Examen microscopique des). Sedgevick Rafter et Whipple. (Jakson.) *Technology Quarterly. Déc.*, 271, 273.

Empoisonnement par l'oxyde de carbone. (Herman.) *Cs.* 31 *Déc.*, 855.

Égouts. Appareil de charge mobile pour égouts à faible section. *Gc.* 26 *Déc.*, 123.
— Filtration des eaux d' —. (Roscoe.) *Cs.* 31 *Déc.*, 916.
— Épuration à Richmond. *Ac. Janv.*, 15.
— de Blakenberghe. *E'.* 1-15 *Janv.*, 9, 32, 67.
— de Longhborough. *Gc.* 2 *Fév.*, 135.
— Ordures ménagères et gadoues de Paris. *Ap.* 7 *Janv.*, 15.
— Siphon Botting. *Ri.* 16 *Janv.*, 29.

Épuration des eaux usinières. *SiN.* N° 95, 119.

Hygiène des industries textiles. *Ef.* 15 *Fév.*, 73.

MARINE, NAVIGATION

Cale sèche à manœuvre hydraulique de San Francisco. *Ln.* 26 *Déc.*, 49; *Gc.* 2 *Fév.*, 140.

Canal de Chicago. *E.* 1er *Janv.*, 1, 41.

Constructions navales. Ventilation des navires. *VDI.* 2 *Janv.*, 1. Appareils à filtrer et à distiller. *Id.*, 9 *Janv.*, 34.

Descenseur de canots Abbott. *E'.* 18 *Déc.*, 642.

Fascinage des berges. *N.* 17 *Déc.*, 156.

Ferryboats à hélice. *E.* 25 *Déc.*, 797.

Gouvernail. Manœuvre hydraulique Brown. *E.* 18 *Déc.*, 628.

Machines marines à vapeur de pétrole pour canots Essh. *Pm. Janv.*, 1.
— triple expansion du *Kherson. E.* 25 *Déc.*, 800.
— de contre-torpilleurs. Thomson. *E.* 1er *Janv.*, 12. Belliss. *E.* 15 *Janv.*, 73.
— (Paliers des). Dewrance. *E.* 1er *Fév.*, 29.
— Essais du *Terrible. E.* 15 *Janv.*, 83; *E'.* 15 *Janv.*, 56, 63.

Marine marchande anglaise en 1896. *E.* 25 *Déc.*, 8 *Janv.*, 11, 55; *E'.* 1er *Janv.*, 4.

Marine de guerre anglaise en 1895. *E.* 18 *Déc.*, 758, 762.
— américaine. *E.* 18 *Déc.*, 762.
— Contre-torpilleurs *Furor* et *Tremor*, (Espagne). *E.* 1er *Janv.*, 12.
— *Cuirassés* anglais *Prince George. E'.* 18 *Déc.*, 629; américains. *Alabama. E.* 1er *Fév.*, 20. *Amphitrite. Gc.* 16 *Janv.*, 173. Essai sur un cuirassé américain. *E.* 18 *Déc.*, 765. Essai d'une plaque Carnegie. *E'.* 1er *Janv.*, 4; en cellulose. *E'.* 1er *Janv.*, 9.

Navires et canons. *E.* 18 *Déc.*, 639; 15 *Janv.*, 54. (Machinerie des). *E'.* 8 *Janv.*, 38.

Marine à vapeur (Développement de la). *Société d'Encouragement de Berlin*, *Déc.*, 322.

Navigation intérieure en France. Rs. 19 *Déc.*, 797.

Pilote (bateau) à vapeur pour la Mersey. *E.* 8 *Janv.*, 47.

Port de Dunkerque. *Gc.* 19 *Déc.*, 97.
— de Saint-Nazaire. *Co.* 26 *Déc.*, 678; 2 *Janv.*, 9.

Renflouement des navires. *Ac. Janv.*, 10.

MÉCANIQUE

Aérostation. Cerfs-volants cellulaires. (Hargrave.) *E.* 1er *Janv.*, 32.
— Machine à voler de Langley. *Rt.* 16 *Janv.*, 27.

Air comprimé. Emploi dans les ateliers. *E.* 18 *Déc.*, 777.
— Compresseur hydraulique Taylor. *Eam.* 26 *Déc.*, 606.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Cales-galets pour poulies. *E.* 8 *Janv.*, 45.
Chaudières (Inspection obligatoire des) en Angleterre. *E.* 18 *Déc.*, 773, 784; *E'.* 18 *Déc.*, 640.
— Batterie de l'exposition de Stutgard. *VDI.* 19 *Déc.*, 1474.
— *tubulées.* Patrick. *E.* 18 *Déc.*, 792. Belleville à bord du *Kherson. E.* 25 *Déc.*, 799. Fleming. *E.* 1er *Janv.*, 12. Cummins. *E.* 15 *Janv.*, 94. Campbell et Zell. *E.* 25 *Déc.*, 815. Romaine à Pompéi. *E.* 8 *Janv.*, 42. (Circulation dans les). (Solignac.) *Ln.* 19 *Déc.*, 47.
— Verticales tubulaires. Rollo. *E.* 18 *Déc.*, 792.
— *Alimentation* (Clapet d') et de purge. Anderson. *E,* 1er *Janv.*, 25.
— — Injecteur Hancock (essai d'un). *Technology Quarterly. Déc.*, 517.
— — Appareils à distiller et désincruster. *VDI.* 9 *Janv.*, 34.
— — Purificateur Carroll. *E'.* 15 *Janv.*, 55.
— *Foyers* ondulés Fox. *E.* 18 *Déc.*, 792. Klette. *Industria.* 3 *Janv.*, 3.
— — Fumivores Makin. *E.* 25 *Déc.*, 822. Hawley. *Rt.* 25 *Déc.*, 569.
— — à poussières de charbon Borsig. *E.* 15 *Janv.*, 72.
— (Corrosions des). S. Cowper. *Es. Déc.*, 15.
— Niveau d'eau Robinson-Bailey. *E'.* 25 *Déc.*, 663.
— Soupape d'arrêt de vapeur Altmayer. *Ri.* 26 *Déc.*, 514.
— — de sûreté Ginard. *Rt.* 10 *Janv.*, 19
Coussinets en verre (Essais de). Rice. *Ri.* 26 *Déc*, 515.
— Machine à essayer le métal des —. *Gc.* 26 *Déc.*, 127.
Drague dérocheuse du Rhin. *E'.* 8 *Janv.*, 41.
Embrayage de friction Bliss. *Elé.* 2 *Janv.*, 3.
Froid. Théorie et histoire des machines frigorifiques. (Lorentz.) *VDI.* 8 *Janv.*, 47.
Graisseur de cylindres Bourdon. *La.* 17 *Déc.*, 346.
— Ottewell. *E'.* 8 *Janv.*, 31; *Gc.* 16 *Janv.*, 175.
— Machine à essayer les huiles. Thomas, *Ri. Déc.*, 515.
— Écoulement des huiles dans les tubes capillaires (Decley et Wolf). *E'.* 1er *Janv.*, 1.
Horlogerie. Chronomètre de poche (Le). *Co.* 19-26 *Déc.*, 658, 688; 2 *Janv.*, 16. Montres magnétisées. *Fi. Janv.*, 60.
— Clepsydres diverses. *Ln.* 26 *Déc.*, 55.
Levage. Chèvres de 125 tonnes à Baltimore. *E.* 25 *Déc.*, 778.
— Déchargeur de charbons Carter. *E.* 25 *Déc.*, 821.
— Arrêt de sûreté pour ascenseurs Stevens. *E.* 25 *Déc.*, 821.
— Divers (Arquembourg). *SiN.* (N° 96), 229.
— Basculeur de wagons Everett. *E.* 25 *Déc.*, 652.
— Chaîne de convoyeur-Giles. *E.* 8 *Janv.*, 63.
— Élévateur roulant. Ganz. *ZOI.* 1er *Janv.*, 11.
— Tube transbordeur rotatif. *Ru. Déc.*, 284.
Robinetterie. Soupape à libre dilatation Churchell. *E.* 18 *Déc.*, 792.
Machines-outils au salon du Cycle. *Rt.* 25 *Déc.*, 553.
— Américaines. *E.* 18 *Nov.*, 774.
— Diverses. *VDI.* 2 *Janv.*, 17; *Dp.* 8 *Janv.*, 33.
— de Lœwe à Berlin. *VDI.* 26 *Déc.*, 1502.
— Ateliers du North-Eastern. *Rg. E'.* 18 *Déc.*, 607.
— Presse hydraulique à caler les roues. Fairbairn. *E'.* 18 *Déc.*, 642.
— Perceuse triple. Wilkinson. *E'.* 8 *Janv.*, 44.
— Raboteuse-mortaiseuse triple Fairbairn. *E'.* 18 *Déc.*, 609.
— Tourne-tubes Brown. *E.* 18 *Déc.*, 791.
— Mandrineur dresseur Potter. *E.* 25 *Déc.*, 821. Divers. *Dp.* 18 *Déc.*, 269.
— à forger, dresser, planir, emboîter, repousser. (Codron.) *Bam. Déc.*, 1452.
— à fabriquer les vélocipèdes. Pratt Whitney. *E.* 18 *Déc.*, 781. Les vis Fairbairn. *Dp.* 8 *Janv.*, 35.
— à dresser les plaques de garde. *E'.* 18 *Déc.*, 609.
— à clouer les boîtes Ductor. *Gc.* 16 *Janv.*, 175.
— à quarterer Craven. *E'.* 18 *Déc.*, 613.
— à fabriquer les treillis en métal déployé. *Rt.* 25 *Déc.*, 564.
— à tarauder les trous d'entretoises dans les chaudières Parkes. *E'.* 18 *Déc.*,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

613. Les tire-fonds à chaud, Levant. *Pm. Janv.*, 5.
— à tailler les engrenages Colmant. *Bam. Déc.*, 1507.
— *Meules* Dispositif pour éviter les accidents. *VDI.* 19 *Déc.*, 1484. Rhabillage Bright. *E.* 8 *Janv.*, 63.
— Porte-outil Setig Sonnenthal. *Ri.* 19 *Déc.*, 506.
— Toc pour tour le Climax. *Bam. Déc.*, 1511.
— Tour à revolver Herbert. *Ri.* 16 *Janv.*, 21.
Cisaille de la Britannia. *Co. Ri.* 26 *Déc.*, 519. A tôles Buckton. *E.* 15 *Janv.*, 68.
— Marteaux à ressorts divers. *Dp.* 1er *Janv.*, 11. A planche Bliss. *Dp.*. 8 *Janv.*, 33.
— Riveuse hydraulique Stewart. *E.* 8 *Janv.*, 63.
— Étampeuse Farrel. *Dp.* 8 *Janv.*, 38.

Machines à vapeur à l'exposition de Genève. *Ic. Nov.*, 711. de Berlin. *Dp.* 2-8 *Janv.*, 1, 27.
— surchauffée Smith. *Industria.* 20 *Déc.*, 807; 3 *Janv.*, 2.
— *Compound.* Grande vitesse Demerliac. *Ri.* 19 *Déc.*, 501.
— — Allen. *E.* 15 *Janv.*, 69.
— — quadruple expansion, à bielle triangulaire Fleening Fergusson. *E.* 1er *Janv.*, 12.
— Locomobile tender, 15 chevaux. Hocker. *Pm. Janv.*, 6.
— Densité et force élastique de la vapeur. (Morton.) *Es. Déc.*, 1.
— Rendement des (Thurston). *Fi. Janv.*, 37.
Coups d'eau; moyens de les éviter. *Gc.* 26 *Déc.*, 125.
— *Condenseur* Nordberg. *E.* 25 *Déc.*, 803.
— — Browett et Lindley. *E'.* 8 *Janv.*, 44.
— — Blake. *E.* 8 *Janv.*, 44.
— *Distributions* Nordberg à soupapes. *E.* 18 *Déc.*, 766.
— — Bollinckx. *Ri.* 26 *Déc.*, 513.
— — Duvergier. *Im.* 3 *Oct.*, 128.
— *Freins de sûreté* Jacob. *Dp.* 15 *Janv.*, 50.
— *Régulateurs et volants* (Calcul des). (Marié.) *AM. Nov.*, 497. Divers. *Dp.* 15 *Janv.*, 50.
— *Transmission de la chaleur par les parois des cylindres.* (English et Donkin.) *E.* 18 *Déc.*, 788.
— Garniture de Stuffing box Grimsby. *E.* 8 *Janv.*, 64.
— *à vapeur de pétrole.* Essh. *Pm. Janv.*, 1.
— *à ammoniaque.* Delsol (Pellat). *CR.* 2 *Janv.*, 73.
— **à gaz.** Le Gnome. *Ci.* 13 *Déc.*, 558.
— — Lair Delay. *Ri.* 8 *Janv.*, 13.
— — Aux Expositions de Genève et de Berlin 1896. *VDI.* 2 *Janv.*, 12.
— — Emploi comme force motrice. *Elé.* 9 *Janv.*, 26.
— *à pétrole* Hornsby. Millot. *Ap.* 31 *Déc.*, 980.
— — Grob. *Ci.* 9 *Janv.*, 4.
— — Divers. *Ap.* 14 *Janv.*, 53.
— — Daimler. *SiM. Nov.*, 368.

Machine thermique (Sur une). Delsol. *CR.* 28 *Déc.*, 1256.
Poulie en bois Syer. *Ri.* 19 *Déc.*, 506.
Presse hydraulique Wallis. *E.* 15 *Janv.*, 94.
Résistance des matériaux. Lignes de Luders (Frémont). *Gc.* 26 *Déc.* 117.
Textiles. Carde Porter. *E.* 25 *Déc.*, 822.
— Jacquard. Bambridge. *E.* 1er *Janv.*, 33.
— Métier à grande vitesse. Poyser. *Industria.* 3 *Janv.*, 5.
— Garde-navettes. *Gc.* 16 *Janv.*, 170.
Tuyauterie. Vanne Barr. *E.* 15 *Janv.*, 94.

MÉTALLURGIE

Alliages. Cadmium argent et cuivre. (Senderens). *ScP.* 20 *Déc.*, 1241.
— (Nouvelle méthode de préparation des) (Moissan). *ScP.* 20 *Déc.*, 1282.
Aluminium. Séparation du fer. *CN.* 18 *Déc.*, 296 (Moissan). Oxydation spontanée en présence du mercure. (Hunt et Steele). *Cs.* 31 *Déc.*, 849.
— (Présence du sodium dans l') préparé par électrolyse. *ScP.* 5 *Janv.*, 4.
— (Analyse de l') et de ses alliages. Moissan. *ScP.* 5 *Janv.*, 7.
Argent. (Oxydation de l') (Wait). *CN.* 24 *Déc.*, 310.
— Extraction électrolytique directe. Hocpfner. *Eam.* 19 *Déc.*, 584. *Rc.* 16 *Janv.*, 27.
Antimoine. Formation du cinabre (Long). *CN.* 8 *Fév.*, 20.
Coke. Progrès de la fabrication. *SuE.* 1er *Janv.* 15.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Fer et acier. Théorie allotropique (Howe). *Eam.* 12 *Déc.*, 557.
— (Diffusion des sulfures dans l'). *Cs.* 31 *Déc.*, 906.
— Bessemer. Origine du procédé. *Gc.* 26 *Déc.*, 119.
— Acier sur sole, procédé Bertrand Thiel. *Ru. Déc.*, 289. *E'.* 8 *Janv.*, 28.
— Fabrication au Japon. *E.* 8 *Janv.*, 53.
— Four à réverbère. Giers. *E.* 8 *Janv.*, 63.
— Lingotière Muxlow et Windez. *E.* 18 *Déc.*, 791.
— *Spiegels*. Estimation du manganèse. Brearly. *CN.* 8 *Janv.*, 13.
— *Fontes*. Défauts dans les pièces de fonderie. *E.* 25 *Déc.*, 118.
(Déformation des) (Keep). *E.* 15 *Janv.*, 71.
— *Fonderie*. Machines à mouler les roues. *E.* 15 *Janv.*, 65.
Four à retour de flammes. Rousseau. *Bam. Déc.*, 1503.
Mercure. Détermination électrolytique dans le Cinabre. *CN.* 24 *Déc.*, 310.
Or. Précipitation électrolytique des dissolutions cyanurées. *Eam.* 12 *Déc.*, 557.
— Traitement à Ballarat (Wingate). *Cs.* 31 *Déc.*, 869.
Zinc. Applications diverses. *Cs.* 31 *Déc.*, 906.

MINES

Angleterre. Industrie minérale en 1896. *E'.* 1er *Janv.*, 11, en 1895. *E.* 8 *Janv.*, 52.
Cheval de mines (Le). Boissier. *Im. X.*, 485.
Cuivre. Mines d'Anaconda. *Eam.* 26 *Déc.*, 603, 605.
Étain. Mines de Mont-Bishop. Australie. *Gc.* 16 *Janv.*, 167.
Dommages causés par les mouvements du sol (Règlement des). *Im. X.*, 563.
Électricité. Traction aux États-Unis. *EE.* 19 *Déc.*, 570. Emploi au percement d'une galerie. *Gc.* 16 *Janv.*, 165.
— Rapport sur les conditions d'emploi dans les mines (Ministère Belge). *Im. X.*, 653.
États-Unis. Industrie minérale en 1896. *Eam.* 2 *Janv.*, 2.
Fer. (Production des minerais de), en divers pays, de 1871 à 1894. *Ru. Déc.*, 322.
— Mines du Nord d'Espagne. *Société d'Encouragement de Berlin. Déc.*, 295.
Hartz. (Le mineur du). *Rso*, 1er *Janv.*, 73.
Haveuse pour couches minces Sperry. *Eam.* 12 *Déc.*, 562.
Grisou et poussières. Règlement autrichien. *Im. X.*, 623.
Or. Mine de Pitkin. Colorado. *Eam.* 12 *Déc.*, 559.
Pegmatites (Origines des) (Crosly et Fuller). *Technology Quarterly. Déc.*, 326.
Préparation mécanique. Lavoir à piston et à feldspath. (Théorie des) (Maurice). *Im.* 3 *Oct.*, 7 *Nov.*, 113, 137.
Suède. Industrie minérale en 1895. *E'.* 25 *Déc.*, 649 en 1894. *Ru. Déc.*, 300.

PHOTOGRAPHIE

Aldéhydes et acétones. Emploi en présence du sulfate de soude dans le développement de l'image latente (*Lumière*). *Sfp.* 1er *Déc.*, 558.
Cartes de visite photographiques. *Ln.* 2 *Fév.*, 77.
Détective. Bellieni. *Sfp.* 15 *Déc.*, 580.
— Développement au métol, *id.*, 592.
Halo photographique (Le). Vidal. *Sfp.* 15 *Déc.*, 588.
Photographie aérienne, par cerfs-volants. *Ln.* 2 *Fév.*, 69.
— Mécanique. *Dp.* 1er *Janv.*, 13.
Photogravure. Mise en place de la trame. *Sfp.* 15 *Déc.* 585.
— Planchette Mackenstein. *Sfp.* 15 *Déc.*, 582.
Union internationale de photographie. Session de Liège. *Sfp.* 1er *Déc.*, 543.
Vitesse des obturateurs. Appareil à mesurer la —. Aubra. *Sfp.* 15 *Déc.*, 582.

Le Gérant : Gustave Richard.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

96e ANNÉE. Sixième Série, Tome II. FÉVRIER 1897

BULLETIN

DE

LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT

POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

ARTS CHIMIQUES

RAPPORT présenté, au nom du *Comité des Arts chimiques*, par **M. de Luynes**, sur les procédés de **MM. Donard et Boulet** pour le *traitement économique des sous-produits de la distillation des matières amylacées*.

Depuis l'année 1889, MM. Donard et Boulet se sont occupés du traitement économique et rationnel des sous-produits de la distillation des matières amylacées par le procédé de Dubrunfaut, c'est-à-dire au moyen de la cuisson des grains par les acides.

L'utilisation de ces résidus avait été déjà tentée depuis quelques années ; mais les méthodes employées permettaient aux huiles de se résinifier, fournissaient des produits visqueux et laissaient encore 10 à 12 p. 100 d'huile dans les tourteaux. MM. Donard et Boulet ont évité ces inconvénients en opérant la dessiccation des tourteaux dans un vide de 40 millimètres à basse température, ce qui empêche l'oxydation de l'huile et lui conserve ses qualités naturelles. De plus ils opèrent l'extraction de l'huile au moyen des dissolvants; ce qui leur permet d'extraire l'huile complètement, et d'obtenir des tourteaux épuisés qui ne présentent aucun danger d'incendie.

Depuis un an, la distillerie de M. Boulet, à Bapeaume-lès-Rouen, abandonnant le procédé de Dubrunfaut, a adopté le travail par le malt, perfectionné par l'emploi du formol comme antiseptique. Mais à part quelques détails dans le traitement préparatoire de la matière, MM. Donard et Boulet ont appliqué aux drêches provenant de ce traitement les mêmes procédés

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qu'aux résidus résultant de la cuisson des grains par les acides. Ils obtiennent alors des drèches comestibles, ne rancissant plus et d'une conservation pour ainsi dire indéfinie, et des huiles de très belle qualité, propres à la savonnerie et au graissage. L'huile qui restait dans les drèches et n'en augmentait pas la valeur d'une manière sensible, a ainsi atteint son maximum de valeur, tandis que le prix de la drèche n'a pas changé.

Les liquides provenant de la filtration des drèches dans les filtres-presses, et qui contiennent une assez grande quantité de matières azotées et de matières minérales, sont concentrés dans un appareil spécial au moyen de la chaleur perdue des foyers. Ils fournissent un liquide concentré, riche en azote et en acide phosphorique, représentant en produits assimilables plusieurs fois son volume de fumier de ferme, et qui entre dans diverses compositions d'engrais.

Les procédés de MM. Donard et Boulet reposent essentiellement sur l'emploi de deux appareils;

1° Un appareil rotatoire à dessécher les matières solides dans le vide;

2° Un appareil jumeau à déplacement pour l'extraction des matières grasses.

Les vinasses, à la sortie des colonnes à distiller, sont distribuées dans des filtres-presses. La matière solide obtenue qui renferme environ 55 p. 100 d'eau est amenée au moyen d'une vis dans une filière, à la sortie de laquelle un couteau mis en mouvement la divise en petits grains de la grosseur voulue qui tombent dans une trémie placée au-dessus de l'appareil à dessécher.

L'*appareil à dessécher* se compose (fig. 1) d'un cylindre horizontal en fonte de $2^m, 50$ de diamètre sur $2^m, 50$ de longueur, représentant à l'intérieur un volume de 12 mètres cubes environ. Il repose sur deux paliers par des tourillons creux qui permettent l'accès de la vapeur de chauffe et l'évacuation de la vapeur d'évaporation. La vapeur de chauffe est reçue dans une chambre à vapeur circulaire verticale que forme la paroi gauche (fig. 1) du cylindre. Sur cette paroi sont sertis une série de tubes horizontaux, bouchés à l'autre extrémité, et qui constituent une surface de chauffe de 59 mètres carrés environ. L'appareil est muni des dispositions nécessaires à l'évacuation de l'eau de condensation.

Le tourillon placé à l'autre extrémité du cylindre communique par un tube de fort diamètre avec une pompe à vide à condenseur et à double effet, où se rend la vapeur d'évaporation.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Deux trous d'homme permettent de charger et de vider le cylindre. La charge de drêches humides contenant 55 p. 100 d'eau est de 2 500 kilos.

La vitesse de rotation est de trois tours par minute.

En trois heures et demie, l'humidité des drêches est ramenée à 15 p. 100 Ce qui représente un poids de 1 200 kilos d'eau évaporée pendant ce temps.

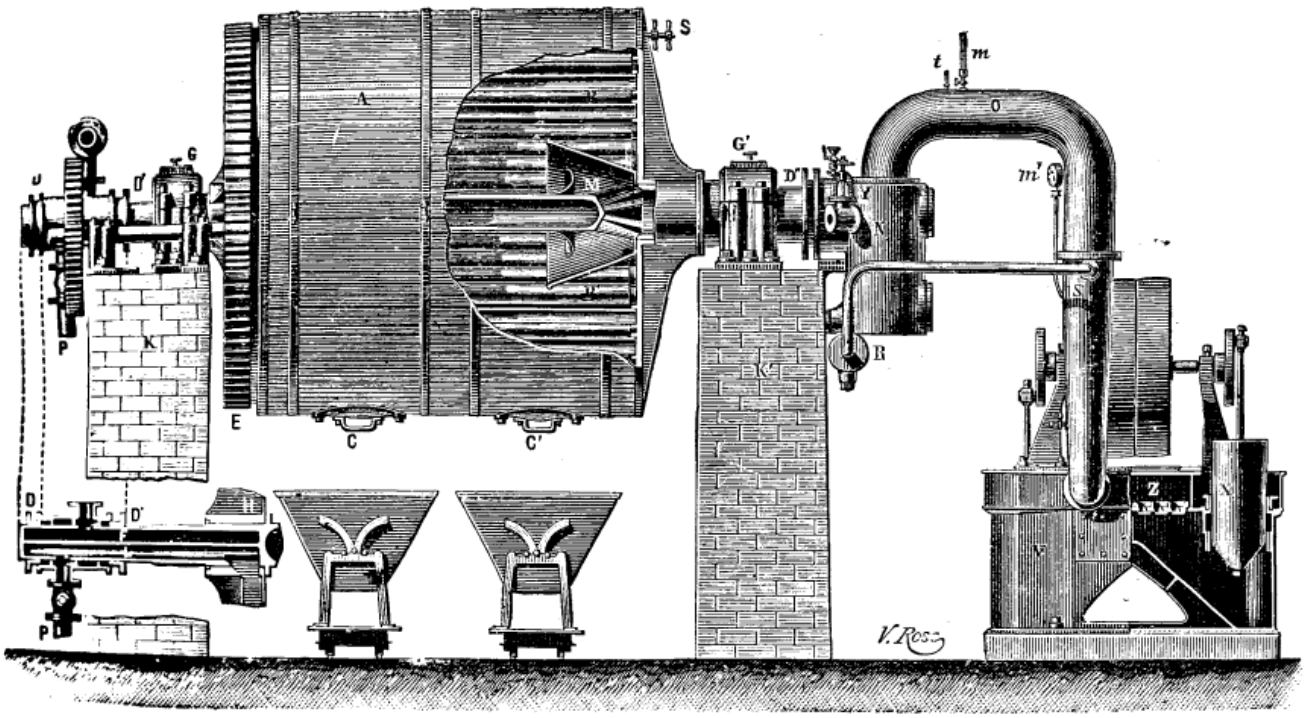


Fig. 1. — Séchoir *Donard et Boulet.*

A, enveloppe cylindrique; B, tubes de chauffe; CC, trous de charge et de vidange; DD', presse-étoupe d'entrée et de sortie de vapeur de chauffe; D'', presse-étoupe de sortie des vapeurs extraites de la matière à traiter; H, chambre d'entrée de la vapeur de chauffe et de sortie de cette vapeur condensée, munie d'une denture pour la rotation E; P sortie de la vapeur de chauffe condensée; GG' paliers; M, chicane arrêtant les entraînements; N, boite à poussière; O, tuyau conduisant au condenseur; R, tuyau d'injection; S, condenseur; V, pompe à air; X, piston de la pompe; Z, clapets; Y, robinet de rentrée d'air; *t*, thermomètre; *mm'*, manomètres; *s*, sonde pour prélever des échantillons.

La pression pendant le travail est maintenue à 40 millimètres de mercure.

La dépense en charbon est de 156 kilos par charge.

Cet appareil permet de dessécher, outre les drêches de distillerie par le malt, les drêches de brasserie, les résidus d'amidonnerie, les cossettes de betteraves, de pommes de terre, les tourteaux provenant de l'épuration des

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

eaux d'égout, du lavage des laines, de l'alumine hydratée, des maïs et des blés mouillés après lavage à l'eau, la dessiccation du sang.

L'hygiène des établissements insalubres trouvera dans cet appareil un auxiliaire pratique et économique dans la dessiccation des matières qui dégagent des odeurs malsaines pendant cette opération.

L'appareil jumeau se compose de deux chaudières de $2^m,50$ de diamètre sur $2^m,50$ de hauteur. Chacune d'elles est surmontée d'un appareil de déplacement ou extracteur de $1^m,20$ de diamètre sur $3^m,10$ de hauteur, dans lequel on place la matière à épuiser. Chaque chaudière est reliée aux extracteurs par un système complet de tuyaux et de robinets qui permettent d'établir ou d'interrompre à volonté l'arrivée de la vapeur ou du dissolvant dans les différentes parties de l'appareil, et de réaliser ainsi l'épuisement méthodique de la matière. Le liquide employé est l'essence de pétrole bouillante de 60° à 100°. Les extracteurs sont munis à leur partie supérieure de puissants serpentins plats qui peuvent recevoir à volonté de l'eau ou de la vapeur.

La chaudière qui contient l'huile et l'essence d'une opération précédente étant chauffée, l'essence distille en abandonnant l'huile, sa vapeur se rend par la colonne montante dans l'extracteur où elle se condense sur le serpentin supérieur pour retomber, sous forme d'une pluie chaude, sur la matière à épuiser. Cette essence chargée d'huile est alors recueillie dans l'autre chaudière.

La matière épuisée retient de l'essence dont il faut la débarrasser. Dans ce but, on introduit préalablement dans le fond de la chaudière une couche d'eau qui, tout en épurant l'huile, permet de produire de la vapeur qui traverse la matière épurée et la débarrasse de l'essence. Cette vapeur et l'essence qu'elle entraîne, condensées par leur passage dans un réfrigérant intermédiaire, vont rejoindre dans l'autre chaudière l'huile et l'essence du début de l'opération.

Au moyen de thermomètres, on peut suivre la distillation de l'essence et régler la vapeur de manière que le déplacement des huiles se fasse méthodiquement. On obtient à la fin de l'opération la matière épurée dans l'extracteur et l'eau recouverte d'une couche d'huile dans la chaudière inférieure. La perte en essence ne dépasse pas 1 millième du poids de la matière traitée, soit 43 à 75 grammes par 100 kilogrammes d'essence distillée. Des tronçons de déflegmateurs installés sur les chaudières s'opposent à l'entraînement de l'eau qui pourrait se produire pendant la distillation de l'essence et qui mouillerait la matière à épuiser.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

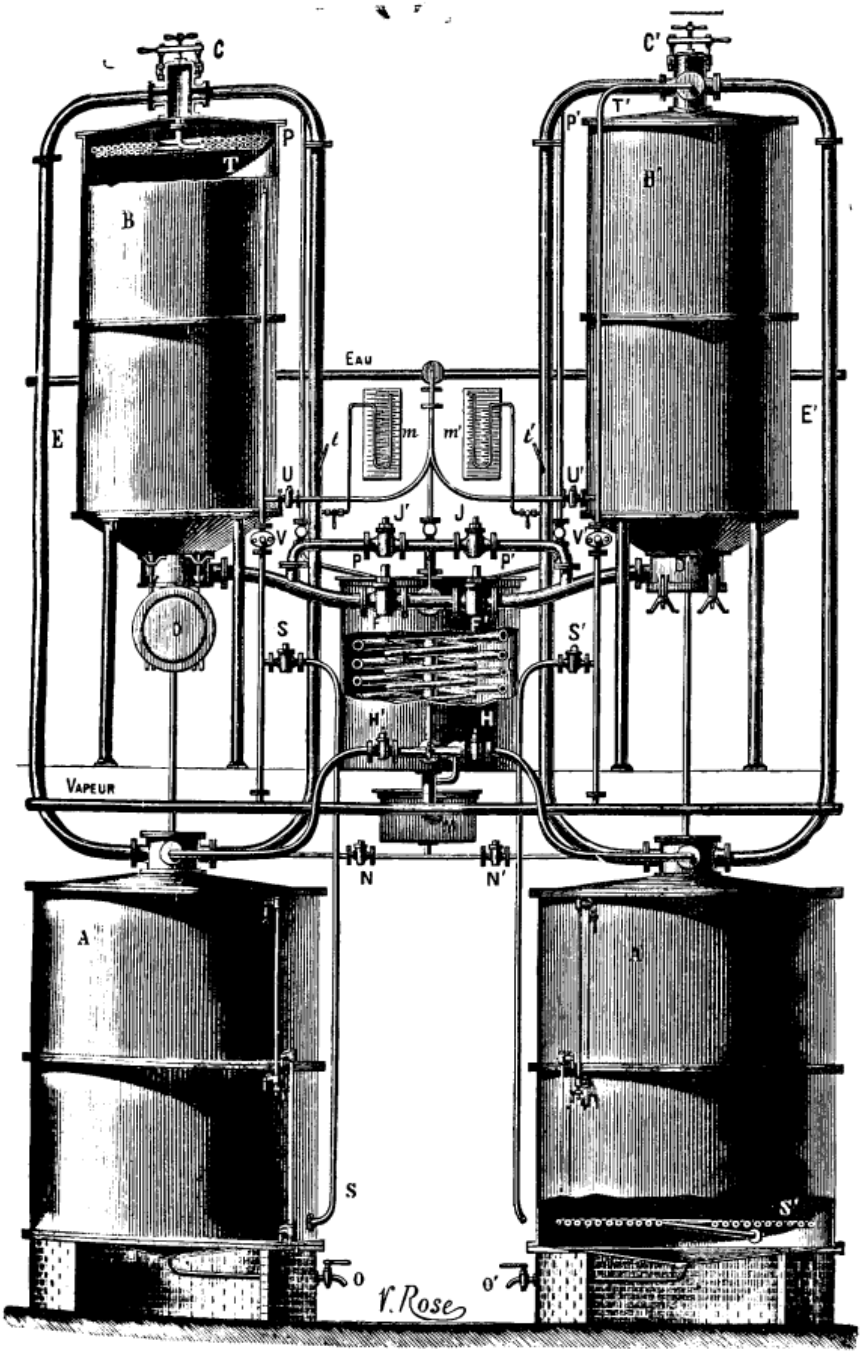


Fig. 2. — Appareil jumeau à déplacement *Donard et Boulet* pour l'extraction des matières grasses.

AA, deux chaudières BB, appareils à déplacement proprement dits, ou extracteurs. Chaque extracteur est relié à la chaudière, située au-dessous, par une grosse tuyauterie double EE'; à la partie supérieure sont disposés de puissants serpentins plats TT', qui peuvent recevoir à volonté de l'eau par les robinets UU' ou de la vapeur par VV', les parties inférieures des extracteurs BB' sont reliées aux chaudières A et A' par les deux tuyaux FF', qui aboutissent au même serpentin G, lequel communique avec les chaudières par les tuyauteries H et H'. Au milieu de la bâche se trouve un second serpentin K, relié par la partie supérieure aux tuyauteries FF' par les conduits JJ; il aboutit, de là, au réservoir M. Les chaudières AA' sont chauffées par des serpentins de vapeur commandés par les robinets SS', et peuvent recevoir de l'eau par une tuyauterie spéciale, la vidange se fait par les tuyauteries OO'. Les extracteurs étant chargés, on a dans A provenant d'une opération précédente, de l'eau, et au-dessus de l'huile et de l'essence; A' est vide; on ouvre les robinets FHJ et on ferme F'H'J', on ouvre le robinet de vapeur S, et bientôt l'essence distille et monte par E pour venir se condenser sur T, dans lequel on a mis l'eau. Elle tombe *en pluie chaude* sur la matière, à quelques degrés au-dessous du point de condensation, et entraîne l'huile dans A', après s'être refroidie dans le serpentin G. Des thermomètres placés sur EE' et à l'entrée de G, permettent de suivre la distillation de l'essence et de régler ainsi la vapeur, pour que le déplacement des huiles se fasse méthodiquement. Quand on arrive à 85° dans la colonne E, il ne reste plus que des traces d'essence dans l'huile de A, et l'huile de la matière est déplacée. On chauffe alors plus rapidement, et la température monte à 100°; on a eu soin, avant ce moment, de remplacer l'eau dans le serpentin T par de la vapeur. La vapeur d'eau provenant de A se sèche alors au passage, entraînant les dernières traces d'essence restant dans l'huile de la chaudière, et va rejoindre, après s'être condensée dans G, l'huile et l'essence dans A'. Quand le thermomètre placé à l'entrée du serpentin G marque 100°, l'opération est alors terminée, et on a dans A de l'huile surnageant la couche d'eau et dans B de la matière épuisée. L'air entraîné dans A' remonte par E', rencontre le serpentin T', traverse la matière non épuisée de B', où il abandonne l'essence qui ne serait pas condensée, puis traverse par J. le serpentin de sûreté K et le réservoir M.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La matière après épuisement ne contient plus que des traces d'huile variant de 0 à 0,5 p. 100. La charge d'un extracteur est de 2200 kilos. La quantité d'essence employée varie entre 2800 et 3 000 kilos. L'opération dure neuf heures.

Ces procédés permettent d'extraire des matières grasses de toutes provenances.

MM. Donard et Boulet ont traité dans les sept dernières années depuis 1890, environ 13 millions de kilogrammes de tourteaux de maïs, dont ils ont retiré 3 500 000 kilogrammes d'huile; accidentellement, ils ont pu produire dans une année 20 000 kilos d'huile de blé, 7000 kilos d'huile de seigle et plus de 200 000 kilos d'huile de riz. Ces chiffres montrent l'importance des résultats obtenus.

En résumé, MM. Donard et Boulet, en traitant les résidus de distillerie par la méthode qui vient d'être décrite, les utilisent pour la production d'huiles et de matières propres à l'alimentation du bétail. Ils ont ainsi résolu un des problèmes très intéressants qui se rapportent à l'utilisation des résidus de fabrique. Nous avons donc l'honneur de vous proposer, Messieurs, de remercier MM. Donard et Boulet de leur intéressante communication et de voter l'insertion du présent rapport au Bulletin de la Société avec les dessins des appareils et la légende explicative.

Signé : De Luynes, *rapporteur.*

Lu et approuvé en séance, le 12 février 1897.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS ÉCONOMIQUES

RAPPORT présenté, au nom du *Comité des Arts économiques*, par **M. Carpentier**, sur le compteur de **M. Cadot**.

M. Cadot a adressé à la Société d'Encouragement une note concernant un système combiné par lui et destiné à totaliser le temps pendant lequel un circuit électrique est fermé.

M. Cadot a pris un brevet d'invention pour son système et il désigne ses appareils sous le nom de *compteurs de lumière électrique*.

Le compteur de M. Cadot est un simple *compteur horaire*. Il se compose de deux parties bien distinctes : une horloge et un coupe-circuit Entre ces deux parties, est établie une liaison mécanique telle que l'horloge est arrêtée quand le circuit est ouvert et marche quand le circuit est fermé. On voit que le courant n'exerce aucune action sur le mécanisme totalisateur. Il peut même ne pas passer dans le circuit, alors même que ce circuit est fermé, sans que la fonction du totalisateur soit suspendue.

Bien qu'un compteur horaire ne soit pas, à proprement parler, un compteur électrique, ce genre d'appareils est susceptible de rendre des services ; en effet, *il suffit* dans le cas où il est installé sur un circuit généralement traversé par un courant uniforme, et *il coûte relativement bon marché*.

Dans le compteur de M. Cadot, ni l'horloge, ni la clef de circuit ne présentent rien de particulier. Au contraire, le petit organe dont la fonction est d'arrêter l'horloge ou de la laisser repartir, suivant la position de la clef de circuit, a été l'objet d'une recherche toute spéciale. Il est constitué par une petite pièce que déplace la clef de circuit en tournant, et qui met en prise ou écarte de petites goupilles, dont l'une est fixée sur le balancier circulaire de l'horloge et dont les autres sont portées par la pièce mobile elle-même. Le dispositif des goupilles est essentiel dans le système ; c'est grâce à lui que l'arrêt et le départ de l'horloge ont lieu de façon sûre ; il est étudié de manière à ne pouvoir jamais détériorer le balancier circulaire de l'horloge, malgré sa délicatesse.

M. Cadot s'est longtemps occupé de la direction de stations électriques. Il connaît les nécessités auxquelles doivent répondre les appareils employés

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans la distribution des courants et a réalisé le sien d'une manière vraiment pratique.

L'auteur de ce rapport a pu examiner deux modèles de compteur Cadot, et il a constaté que ces modèles, convenablement installés, pouvaient fonctionner d'une manière satisfaisante.

Bien que M. Cadot ait eu principalement en vue les applications électriques, son compteur horaire, ainsi qu'il l'a fait remarquer, convient évidemment à l'enregistrement du temps que dure tout phénomène dont la production est déterminée ou suspendue par le changement de position d'une pièce quelconque.

Le Comité des Arts économiques propose de remercier M. Cadot de sa communication et d'insérer le présent rapport au *Bulletin*.

Signé : CARPENTIER, *rapporteur*.

Lu et approuvé en séance, le 12 février 1897.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

AGRICULTURE

RAPPORT présenté, au nom du *Comité d'Agriculture*, par M. A. MUNTZ, sur un travail de **M. A. Livache**, intitulé : PROCÉDÉS DE TRAITEMENT DES ORDURES MÉNAGÈRES A PHILADELPHIE ET A NEW-YORK. LEUR APPLICATION AU TRAITEMENT DES ORDURES MÉNAGÈRES DE LA VILLE DE PARIS.

L'enlèvement des gadoues des grandes villes a soulevé de tout temps des problèmes qui ont reçu leur solution suivant les besoins et les moyens du moment.

A l'heure qu'il est, où l'agglomération urbaine tend à prendre des proportions de plus en plus grandes, la question de l'enlèvement de ces résidus se présente avec plus d'acuité.

Les progrès de l'hygiène ont fait d'ailleurs considérer leur évacuation rapide comme une des conditions de la salubrité publique.

Mais il ne s'agit pas seulement d'enlever ces matières éminemment putrescibles et fétides, il faut encore savoir comment on doit les rendre inoffensives pour les populations suburbaines.

Il y a là une première question qui intéresse particulièrement l'hygiène.

Il en est une seconde qui ne doit pas être négligée, c'est celle de l'*utilisation agricole*.

Ces produits, en effet, encombrants et nauséabonds, renferment des quantités très appréciables de matières fertilisantes, dont l'agriculture peut tirer parti, et qui ont permis aux cultivateurs des environs des grandes villes de donner à leurs terres une grande fertilité.

Le problème se présente donc sous deux faces : celle de l'enlèvement et de l'immunisation des gadoues, c'est-à-dire le côté hygiénique, et celle de l'utilisation de ces produits comme engrais, c'est-à-dire le côté agricole.

Ces questions sont à l'ordre du jour, et, suivant les tendances des uns et des autres, tantôt c'est le côté hygiénique qui est sacrifié, tantôt le côté agricole.

Peu de personnes, en effet, conçoivent la possibilité de sauvegarder simultanément ces deux intérêts différents, qu'on regarde généralement comme incompatibles.

Dans l'état où se trouve actuellement l'étude de l'enlèvement et de l'uti-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lisation des gadoues de la Ville de Paris, nous devons savoir grand gré à M. Livache de nous avoir rapporté, d'un voyage aux États-Unis d'Amérique, un procédé qui n'est plus à l'état de projet, mais qui a déjà reçu une vaste application et qui tend à se répandre de plus en plus.

Ce procédé, qui doit satisfaire entièrement les hygiénistes, donne également satisfaction aux intérêts agricoles, puisque les principes fertilisants ne sont pas perdus et font retour à la terre.

Les observations de M. Livache sont exposées avec une très grande clarté et une sûreté de jugement qui montre combien l'auteur possède son sujet. Son travail sera consulté avec fruit par tous ceux que l'étude de l'enlèvement des gadoues intéresse.

M. Livache s'attache d'abord à établir la statistique de l'utilisation des gadoues aux États-Unis.

Il montre que, parmi les 16 villes de plus de 200000 habitants, 2 seulement traitent les gadoues par l'incinération et perdent ainsi presque la totalité des principes utiles qu'elles renferment. L'incinération, comme on sait, est un des procédés actuellement proposés pour les gadoues de Paris.

C'est surtout à Philadelphie que M. Livache a étudié le traitement des ordures ménagères. C'est là, en effet, qu'il a observé l'application du procédé le plus rationnel, et qui tend à se généraliser.

Ce procédé consiste à soumettre les gadoues à l'action de la vapeur d'eau, sous pression; l'eau condensée entraîne, sous forme d'émulsion, toute la matière grasse contenue dans ces matières. Cette graisse est recueillie et utilisée; on en obtient de 2,5 à 5 p. 100, et sa valeur paye en grande partie les frais de traitement.

Quant au résidu, il est exprimé et desséché et se présente alors sous la forme d'une matière très friable, qu'on tamise pour en séparer les parties grossières.

Les matières fertilisantes sont concentrées dans les parties fines, qui forment un engrais riche en azote et en acide phosphorique, désigné sous le nom de *tankage*, et qu'en raison de sa richesse on peut expédier à une assez grande distance.

Dans cette opération, il n'y a eu de perte sensible que pour les produits solubles, c'est-à-dire pour la potasse.

Ce procédé a en outre l'avantage d'éliminer par le tamisage non seulement des produits inertes, tels que morceaux de bois, bouchons, etc., mais encore des matières coupantes, telles que tessons de bouteilles, porcelaine.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fer-blanc, etc., qui peuvent blesser les pieds des animaux lorsqu'on les répand dans les champs.

L'utilisation agricole des gadoues se trouve ainsi presque complète et, en même temps, la cuisson par la vapeur sous pression fait disparaître toute crainte d'infection par les matières putrescibles, qui se trouvent entièrement stérilisées, c'est-à-dire dans lesquelles les micro-organismes sont tués.

Ce procédé si simple et si pratique porte le nom de *procédé Arnold*.

Il sert à traiter journellement à Philadelphie 400 à 450 tonnes de gadoues.

Il tend à se généraliser dans les grandes villes des États-Unis. A New-York, pendant, longtemps on se contentait de jeter à la mer la gadoue collectée chaque jour; mais, ramenée sur la plage, elle donnait naissance à de mauvaises odeurs. Un concours a été établi pour choisir entre les divers procédés de traitement des gadoues, et c'est le procédé Arnold, employé avec tant de succès à Philadelphie, qui a été adopté : 500 tonnes de gadoues sont, à l'heure qu'il est, traitées journellement par ce procédé.

Ces constatations intéressantes ont porté M. Livache à étudier les conditions de l'application du procédé Arnold aux gadoues de la Ville de Paris.

On sait quelles difficultés se présentent pour le transport et l'emploi des gadoues, et quelles causes d'infection en résultent pour le voisinage immédiat de la capitale.

Aussi l'incinération de ces matières, qui supprime ces causes d'infection, est-elle actuellement regardée comme la véritable solution de la question. Mais alors, ainsi que l'a fait remarquer M. Vincey, dans ses observations si judicieuses et si documentées, le côté agricole est entièrement sacrifié : l'humus et la matière azotée ont été complètement enlevés par la combustion, et les cendres des gadoues ne contiennent plus que les principes dont les terres des environs des grandes villes sont déjà abondamment pourvues : les phosphates et la potasse. Ces cendres ne seraient plus en réalité des engrais, puisqu'elles n'apporteraient à la terre que les principes dont elle n'a pas besoin. Si, au contraire, comme le conseille M. Livache, on applique aux gadoues de Paris le traitement qui fonctionne avec tant d'avantages à Philadelphie et à New-York, on sauvegarde du même coup la salubrité publique et l'intérêt agricole.

L'intéressant rapport de M. Livache donne les renseignements les plus

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

complets sur l'application qui pourrait être faite à Paris du procédé Arnold, et il nous semble convenable d'attirer l'attention de l'Administration municipale sur ce travail important et consciencieux, qui pourra modifier avantageusement les idées qu'on se fait aujourd'hui sur cette question de voirie.

Votre rapporteur a l'honneur de vous proposer de remercier M. Livache de sa communication si pleine d'intérêt et d'actualité et d'ordonner l'insertion du présent rapport au *Bulletin*.

Signé : le rapporteur, ACHILLE MUNTZ.

Lu et approuvé en séance le 12 février 1897.

MÉMOIRE DE M. LIVACHE

PROCÉDÉS DE TRAITEMENT DES ORDURES MÉNAGÈRES A PHILADELPHIE ET A NEW-YORK. LEUR APPLICATION AU TRAITEMENT DES ORDURES MÉNAGÈRES DE LA VILLE DE PARIS, par **M. Ach. Livache**, *ingénieur civil des Mines*.

Au cours d'un voyage effectué aux États-Unis, j'ai eu l'occasion de voir les nombreuses tentatives faites, par des villes d'importance fort différente, pour se débarrasser rapidement des ordures ménagères, le plus souvent sans chercher l'utilisation des produits utiles qu'elles peuvent contenir.

Le système le plus habituellement adopté consiste à brûler ces ordures ; mais, en général, la combustion est incomplète et il se produit des odeurs infectes qui provoquent les plaintes du voisinage.

A Atlantic City, afin d'arriver à une combustion plus complète, on mélangeait ces ordures avec une petite quantité de houille et l'on faisait arriver l'air nécessaire à la combustion après l'avoir chauffé au travers de récupérateurs de chaleur ; les résultats étaient médiocres. Depuis quelque temps, on a supprimé cette addition de charbon, et on fournit la chaleur nécessaire à une combustion complète par l'envoi de gaz combustibles produits dans un appareil spécial, en adoptant les dispositions d'une usine de Philadelphie que nous étudierons plus loin. Grâce à ce procédé, on traite 50 tonnes par jour, et l'on ne signale plus d'inconvénients pour les voisins.

Dans certaines villes, au contraire, on cherche aujourd'hui à utiliser les ordures ménagères en récupérant leurs principes utiles (1).

(1) D'après l'*Engineering News* du 8 octobre 1896, si l'on recherche ce que l'on fait des ordures ménagères dans les seize villes des États-Unis comptant, en 1890, une population supé-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TRAITEMENT DES ORDURES MÉNAGÈRES A PHILADELPHIE

C'est à Philadelphie que j'ai pu voir traiter la *totalité* des ordures ménagères, ne s'élevant pas à moins de 800 tonnes par jour pour une population de 1046964 habitants (recensement de 1890). Cette ville, dont les maisons sont anciennes et petites, couvre 130 milles carrés; la population y est peu dense, car on ne compte que 5,79 habitants par maison, tandis qu'à New-York, par exemple, on compte 16,37 habitants. L'enlèvement des ordures y est donc assez coûteux.

Grâce à l'obligeance du chef du service de l'entretien des rues, M. Sylvester H. Martin, j'ai pu obtenir un certain nombre de renseignements intéressants, et être mis en rapport avec les deux sociétés qui sont chargées du traitement des ordures ménagères et qui emploient deux procédés très différents.

Je me propose d'exposer ici les dispositions prises à Philadelphie pour l'enlèvement des ordures ménagères et leur traitement, et de voir, en terminant, si la ville de Paris n'aurait pas avantage à suivre l'exemple des Américains, en abandonnant l'idée si peu pratique de l'utilisation agricole de la *totalité* de ses ordures ménagères *telles qu'elles sont collectées.*

La ville de Philadelphie est divisée en 5 secteurs : les secteurs 1, 2, 3, fournissent 400 tonnes environ d'ordures ménagères, ou *garbage;* les secteurs 4 et 5 en fournissent une égale quantité, d'où 800 tonnes par jour pour toute la ville. On transporte également, dans une des usines, les animaux morts soit dans les

rieure à 200000 habitants, on constate que l'utilisation est faite dans neuf de ces villes et la crémation dans deux :

	Population en 1890.	Système.
New-York	1515301	Utilisation (partielle).
Chicago	1099850	Rien.
Philadelphie	1046964	Utilisation et crémation.
Brooklin	806343	Rien.
Saint-Louis	451570	Utilisation.
Boston	448477	Rien.
Baltimore	434439	Rien.
San Francisco	298997	Rien.
Cincinnati	296908	Utilisation.
Cleveland	261353	Rien.
Buffalo	255664	Utilisation.
Nouvelle-Orléans	242039	Utilisation.
Pittsburg	238617	Utilisation.
Washington	230392	Crémation.
Détroit	205876	Utilisation.
Milwaukee	204468	Utilisation.

Les ordures ménagères sont utilisées, à l'état sec, après avoir subi un traitement soit à la vapeur d'eau, comme à Philadelphie et New-York, soit à la benzine ou au naphte, comme à Cincinnati, la Nouvelle-Orléans, etc., en vue d'en séparer la matière grasse.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

maisons, soit sur la voie publique, ce qui n'est pas sans importance, car le nombre peut dépasser 10000 par année : ce sont principalement des chats et des chiens.

Deux méthodes de traitement très distinctes sont suivies : le garbage des secteurs 4 et 5 est traité par la *Philadelphia Incinerating Company*, qui pratique l'incinération et cherche à utiliser tant bien que mal les cendres qui en proviennent; le garbage des secteurs 1, 2 et 3 est traité par l'*American Incinerating Company*, qui, autrefois, pratiquait également l'incinération, mais qui a adopté, depuis trois ans, un procédé de traitement par la vapeur sous pression, et qui réalise ainsi l'utilisation des principes utiles contenus dans le garbage.

Enlèvement du garbage. — Un arrêté municipal stipule que les habitants doivent avoir deux récipients distincts : l'un pour les ordures ménagères, ou garbage, l'autre pour les cendres, qui, dans les maisons américaines, s'élèvent chaque jour à une quantité importante; celles-ci ne présentent aucune incommodité et sont enlevées par une compagnie distincte des deux précédentes. Faisons, en outre, remarquer que, généralement, les récipients sont placés dans un couloir débouchant en avant de la maison, sous la voie publique; en soulevant une plaque, on peut, du dehors, enlever le contenu des récipients à une heure quelconque.

La manipulation et l'enlèvement du garbage s'exécutent d'après les prescriptions suivantes, énoncées dans un arrêté spécial :

1° Le garbage de cuisine, les balayures, les herbages et tous les autres résidus combustibles seront collectés et enlevés de toutes les maisons, sans frais, six fois par semaine, entre 6 heures du soir et 5 heures du matin. (Le dimanche, le garbage n'est pas enlevé.)

Tous les garbages et résidus combustibles doivent être conservés et collectés de manière à ne pas nuire à la santé publique.

2° Le garbage sera disposé dans des récipients étanches, fermés, pouvant être facilement et rapidement enlevés par un homme et placés en des points facilement accessibles aux employés.

3° Chaque collecteur de garbage doit avoir une voiture étanche; il fera les enlèvements aussi régulièrement que possible et préviendra les habitants de son passage.

4° Le garbage et les autres résidus combustibles seront rapidement portés à la voiture et y seront versés de manière à ce qu'ils ne puissent se répandre au dehors.

5° Les voitures pour le transport du garbage seront en métal, étanches, couvertes, solidement construites, tenues proprement, fréquemment badigeonnées.

9° Les animaux morts sur la voie publique devront être enlevés dans les trois heures qui suivent leur découverte; ils seront proprement couverts lors du transport.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Quant aux cendres, leur enlèvement a lieu de 6 heures du soir à midi.

Ttaitement par incinération (*The Philadelphia Incinerating Company*). —

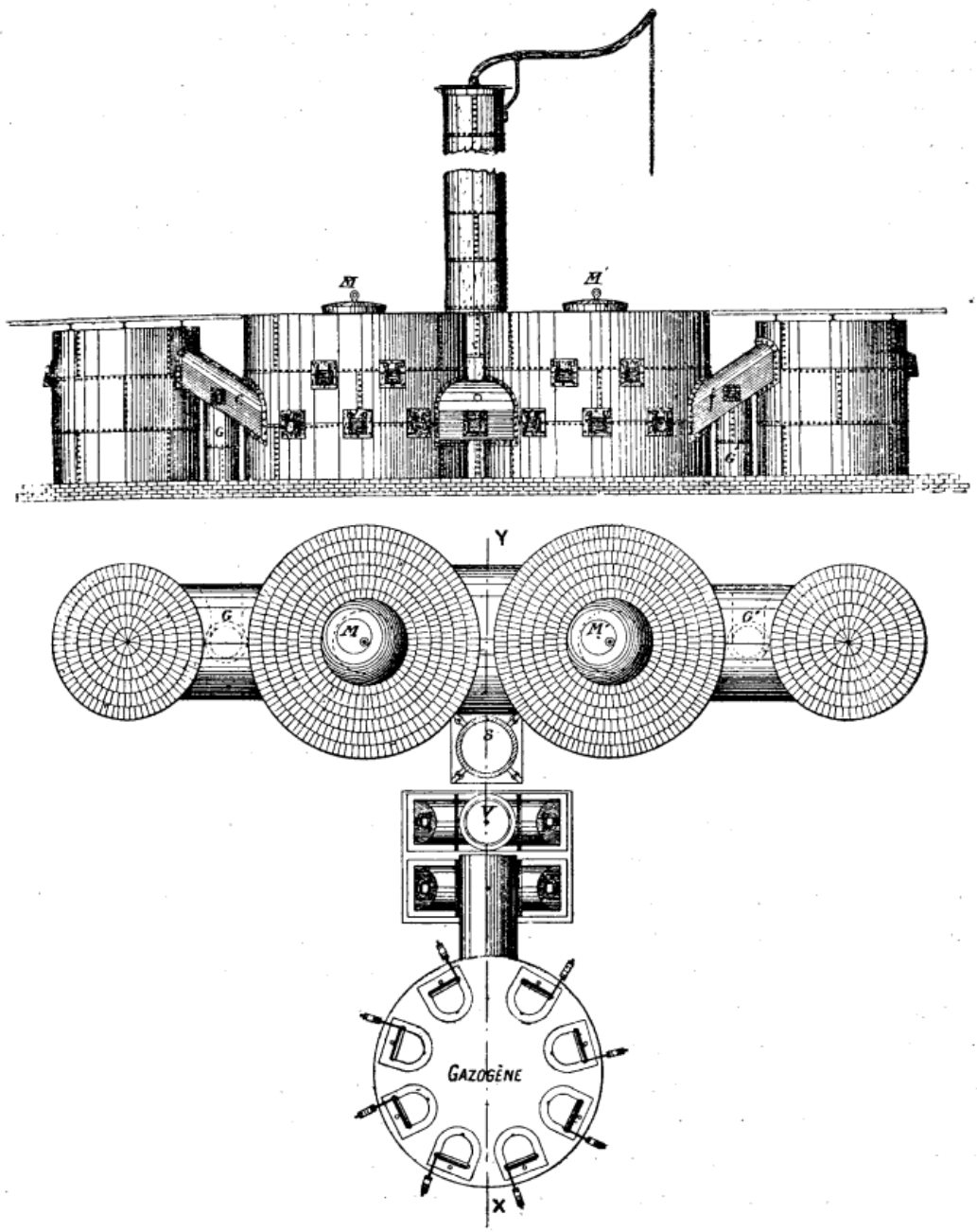


Fig. 1 et 2. — Four crémateur à gadoues de la *Philadelphia Incinerating C°*. Élévation. Plan.

Deux usines, appartenant à cette compagnie, traitent en moyenne 400 tonnes de garbage par jour. Chaque usine comprend quatre crémateurs à récupérateurs de chaleur, et, au centre, un gazogène destiné à envoyer dans les crémateurs des

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

gaz combustibles permettant d'arriver à une incinération complète; ces gaz combustibles sont obtenus en injectant de la vapeur d'eau sur du charbon incandescent : c'est ce qu'on appelle du *gaz à l'eau*. Au moyen des figures ci-jointes, communiquées par M. l'ingénieur Martin W. Smith, qui a fait breveter ce mode d'incinération, il sera facile de se rendre compte des opérations.

Chaque crémateur se compose (fig. 1 à 3) de deux chambres de combustion D et E accolées, communiquant avec les récupérateurs de chaleur AB, HK, et fonctionnant alternativement suivant la température des récupérateurs.

Le tout est construit en briques réfractaires d'excellente qualité et entouré d'une épaisse armature en tôle (fig. 1); des regards, faciles à ouvrir, permettent de toujours surveiller l'opération en marche, et des portes donnent issue aux cendres

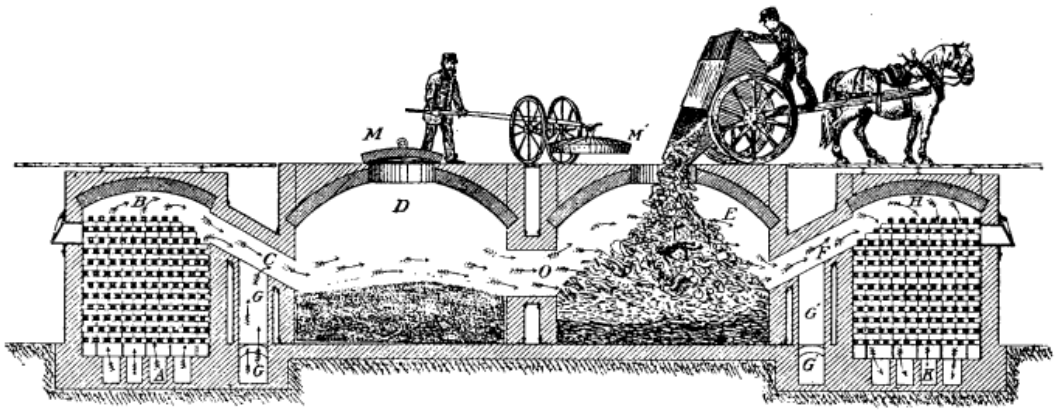


Fig. 3. — Four crémateur à gadoues de la *Philadelphia Incinerating C°*.
Coupe verticale par les crémateurs.

du garbage. En outre, les orifices de chargement M étant au niveau du sol, on peut circuler autour des appareils, placés dans un vaste sous-sol et surveiller constamment s'ils sont en bon état; de plus, cette disposition rend les réparations très faciles. Les gaz de l'un des récupérateurs, B par exemple, traversent le four D encore rempli des cendres du garbage qui a été antérieurement traité, et débouchent par O dans le second four E où l'on déverse le garbage frais. Grâce à la haute température qui existe, ce garbage brûle *complètement*, et les gaz résultant de la combustion, après avoir traversé le second récupérateur FH de chaleur, et lui avoir cédé la majeure partie de leur calorique, sont envoyés en K dans une cheminée en tôle de 26 mètres de hauteur. Lorsque l'on juge que la température du premier récupérateur de chaleur devient insuffisante, on renverse, par un simple jeu de valves V*xy*Q, le sens du courant gazeux, et l'on utilise la chaleur emmagasinée par le second récupérateur, en même temps que le chargement de garbage frais s'effectue dans l'autre chambre de combustion.

Dans la plupart des essais d'incinération qui avaient été faits antérieurement, on cherchait à utiliser la chaleur produite par la combustion du garbage seul,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et, en général, on n'obtenait qu'une combustion superficielle. Ici, au contraire, grâce à l'adjonction de ce gaz à l'eau, qui, par suite de sa richesse en hydrogène, produit en brûlant une température très élevée, on fournit la quantité de chaleur indispensable pour l'incinération complète du garbage.

La partie inférieure des chambres de combustion étant étanche et constituée par une épaisse plaque de fer, on peut, au besoin, évaporer et détruire des substances très humides. On a même été jusqu'à traiter, dans certains cas, des matières de vidange.

Chaque crémateur reçoit 50 tonnes environ de garbage par jour. Les voitures qui l'ont collecté dans la ville viennent se placer devant l'ouverture d'une des chambres de combustion; à ce moment, on arrête l'arrivée du mélange de

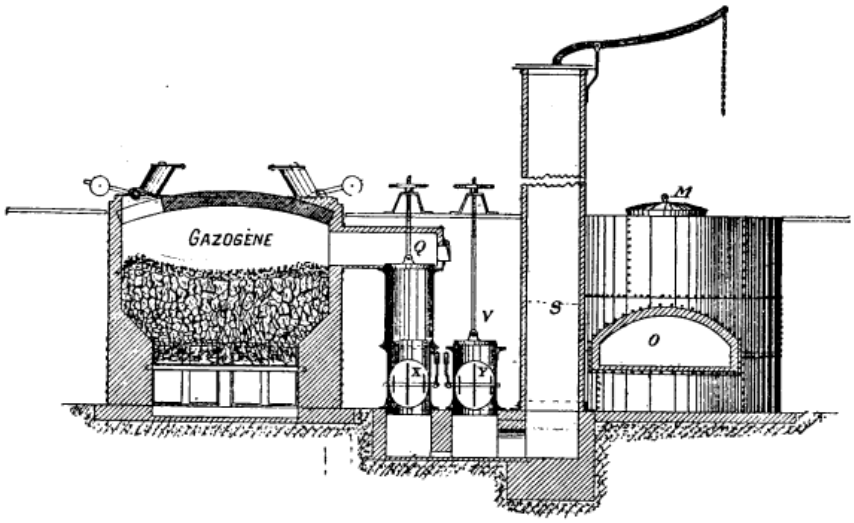


Fig. 4. — Four crémateur à gadoues de la *Philadelphia Incinerating C°*
Coupe verticale xx (fig. 1) par le gazogène.

gaz combustible et d'air, on ouvre le tampon M, et la voiture, en basculant, laisse tomber dans la chambre toute sa charge qui ne subit aucun triage; on remet rapidement le tampon, on donne accès au mélange gazeux, et la combustion commence aussitôt. Lorsque les proportions du mélange de gaz et d'air sont bien réglées, j'ai constaté que, même au moment du chargement, on ne percevait aucune mauvaise odeur, et qu'il ne se dégageait pas de fumée par la cheminée.

C'est, du reste, l'adjonction d'un gazogène produisant du gaz à l'eau susceptible de donner en brûlant une très haute température et de pouvoir être envoyé en quantité proportionnelle à celle des éléments odorants devant être dénaturés qui constitue l'originalité et l'avantage de ce mode d'incinération; elle n'entraîne, d'ailleurs, qu'une augmentation assez faible des dépenses. La dépense de combustible, pour le gazogène, s'élève à 9 tonnes par jour. Les frais d'incinération d'une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

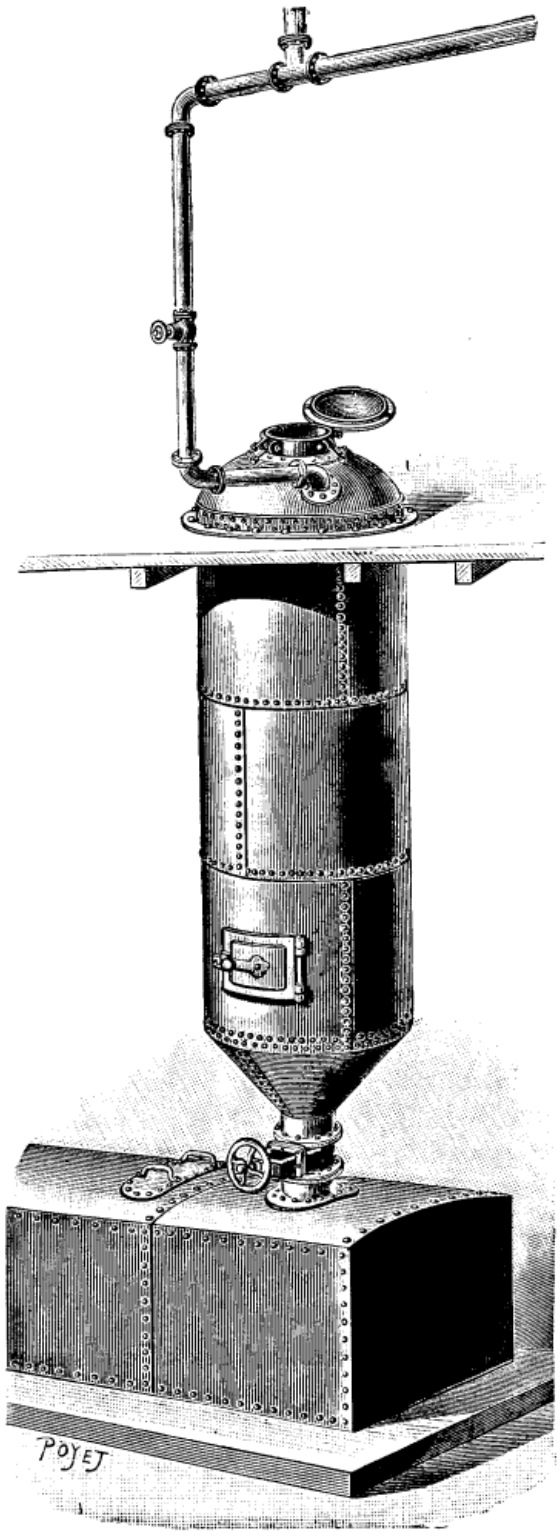


Fig. 5. — Digesteur *Arnold*.

tonne de garbage qui, par les méthodes ordinaires, sont généralement comptés à 1 fr. 23, s'élèveraient donc à 1 fr. 55 environ. Le garbage fournit 5 p. 100 d'une cendre assez friable, qui, par suite de sa teneur en phosphate, a pu se vendre pour l'agriculture jusqu'à 12 fr. 50 la tonne. Cependant le placement en est assez limité et on n'a pas encore trouvé une utilisation continue.

Le personnel de l'usine est de 12 hommes, 6 par poste de douze heures.

L'enlèvement du garbage est fait par un entrepreneur spécial, qui a 145 voitures conformes aux règlements municipaux; la Philadelphia Incinerating Company lui alloue 55 000 francs par an pour fournir les voitures et les chevaux, faire la collecte du garbage et l'amener à l'usine de traitement.

Traitement par la vapeur d'eau sous pression (*The American Incinerating Company*). — Cette compagnie traite de 400 à 450 tonnes par jour. Elle emploie le procédé *Arnold*, du nom de son inventeur, qui l'appliqua d'abord au traitement du garbage de la ville de Washington, mais qui, manquant de fonds, ne put arriver à des résultats complètement satisfaisants. Le brevet fut acheté par l'*American Incinerating Company*.

Le principe est le suivant: soumettre, dans des digesteurs clos, le garbage vert à l'action de la va-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

peur d'eau sous pression; écouler, après condensation de la vapeur, l'eau qui entraîne, sous forme d'une véritable émulsion, toute la matière grasse contenue dans le garbage; soumettre le garbage, ayant subi cette coction, à l'action de la presse; enfin, dessécher le résidu, qui est très friable, et qui a conservé la plus grande partie des matières fertilisantes contenues dans le garbage vert.

C'est à cause de sa récupération de la matière grasse et de la transformation du garbage vert en une matière sèche, susceptible de se conserver aussi longtemps qu'on voudra, réduite à un faible volume, et contenant la majeure partie des matières utiles, que ce procédé doit attirer toute l'attention.

L'usine comprend vingt digesteurs de grande capacité, ayant un diamètre de $1^{m},60$ et une hauteur de 5 mètres (fig. 5), recevant $9^{t},5$ de garbage vert par opération, construits en tôle d'acier mesurant $1^{cm},6$ d'épaisseur; ils sont fermés au moyen de couvercles avec joints en plomb, serrés par un fort collier à vis. Une porte, placée à la partie inférieure du cylindre, permet, au besoin, de décharger directement le garbage cuit.

Le garbage collecté dans la ville est versé à un endroit spécial, d'où les ouvriers le poussent dans un couloir; une série de plateaux ou de godets, mus au moyen d'une chaîne sans fin, le portent à la partie supérieure du bâtiment renfermant les digesteurs, d'où il est distribué automatiquement dans chacun des digesteurs, au moyen d'une trémie à manche (fig. 6) venant se placer successivement au-dessus de l'orifice de chaque digesteur. Des ouvriers, placés à l'entrée du couloir où s'engage le garbage, se bornent à faire un triage grossier des objets susceptibles d'être vendus avantageusement ou de dimensions trop grandes pour entrer directement dans les digesteurs.

Lorsque le couvercle des digesteurs a été solidement assujetti, on y envoie de la vapeur à $4^{atm},5$, correspondant à une température de 155° C., et on maintient cette pression pendant cinq à sept heures. Dans ces conditions, les matières animales et végétales subissent une modification profonde; certaines substances animales sont en partie solubilisées, les matières albuminoïdes sont coagulées, les matières sucrées subissent un commencement de caramélisation, enfin les matières grasses qui, à cette pression, ne subissent pas encore de décomposition, sont entraînées par l'eau provenant de la condensation de la vapeur. L'opération se fait sans donner lieu à aucun dégagement gazeux.

Lorsque l'on juge l'opération terminée, on laisse la vapeur se condenser en envoyant au besoin les buées odorantes dans un cylindre où elles se condensent, grâce à l'injection d'eau froide; et, au moyen d'une manette, on ouvre la partie inférieure du digesteur qui débouche dans un vaste récipient, sorte de caisse pouvant contenir jusqu'à 250 tonnes de garbage cuit.

L'eau de condensation qui, par un faux fond, s'écoule en grande partie et avant toute pression du garbage cuit, entraîne la matière grasse et est dirigée

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans des cuves de dépôt placées au-dessous du sol. Lorsque l'égouttage est complet, le garbage cuit est pris à la pelle, soumis à l'action de fortes presses (fig. 7), et le liquide en provenant, qui contient encore de la matière grasse, est également dirigé dans les cuves de dépôt. L'atelier comprend huit presses.

Le produit solide, au sortir des presses, est envoyé dans des séchoirs, constitués par de vastes cylindres, à enveloppe de vapeur, ne mesurant pas moins de

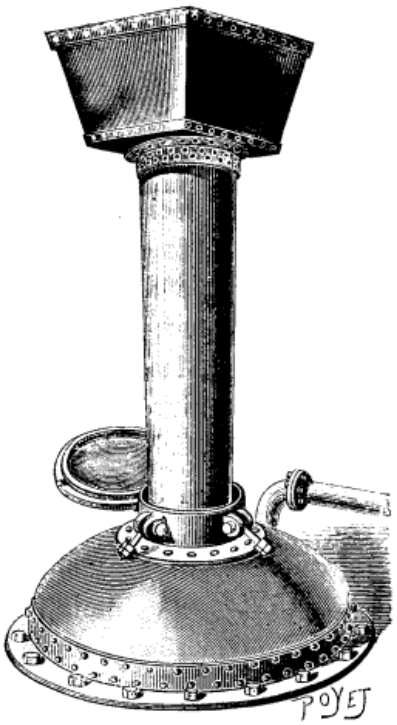


Fig. 6. — Trémie de chargement du digesteur *Arnold*.

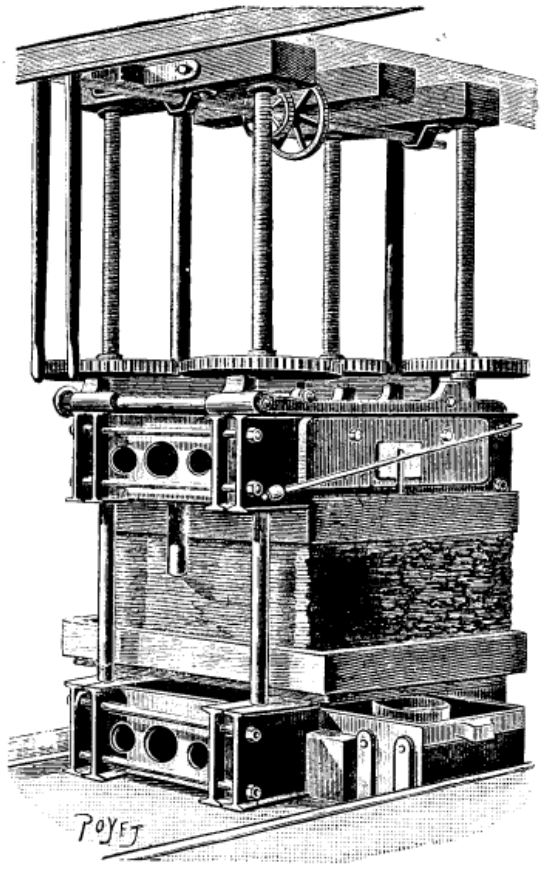


Fig. 7. — Presses *Arnold*.

15 mètres de longueur sur $0^{m},50$ de diamètre. Un agitateur à palettes force la matière à parcourir le cylindre d'une extrémité à l'autre; il fait 200 révolutions à la minute; un aspirateur envoie les vapeurs dans un appareil de condensation.

La masse, ainsi constamment agitée, sort en ayant perdu toute trace d'humidité; elle est alors envoyée dans des broyeurs, puis sur des tamis, qui séparent d'abord les chiffons, les rognures d'étoffe, et ensuite une partie grossière que l'on mélange au charbon servant à chauffer les générateurs; finalement, on obtient le garbage sec, amené à l'état de poudre fine, présentant

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'apparence ordinaire des matières organiques soumises à la torréfaction, et ne dégageant aucune odeur.

Cette partie fine est désignée sous le nom de *tankage*, et constitue environ 12.5 à 18 p. 100 du garbage vert.

Le garbage vert américain, traité par ce procédé, donne :

2,5 à 3 p. 100 de matière grasse.
12 à 18 — de garbage sec ou *tankage*.
83 à 77 — d'eau (1).

Le liquide, provenant des cuves où s'est effectuée la séparation de la matière grasse, est envoyé dans la Schuylkill, rivière passant à proximité de l'usine ; il a une légère odeur caramélisée, et on a constaté que cet envoi ne produisait aucun effet nuisible (2).

Outre les appareils servant directement au traitement du garbage, l'usine comprend une machine Corliss de 75 chevaux et plusieurs grands générateurs, car on y fait une notable consommation de vapeur. Une dynamo alimente 300 lampes à incandescence pour le travail de nuit.

Le capital engagé pour l'installation de cet établissement s'est élevé à 625 000 francs.

En résumé, on voit que l'utilisation du garbage vert est poussée très loin. On en retire, en effet, la matière grasse *sans employer aucun agent chimique*, et la vente en est très rémunératrice ; à l'état brut, elle a une couleur d'un jaune brun et se vend 30 francs les 100 kilos ; épurée, elle atteint le prix de 60 francs les 100 kilos. De plus, la partie sèche ou *tankage*, qui s'élève le plus habituellement à 12,5 p. 100, contient la plus grande partie des matières utiles du garbage vert, sous un faible volume et dans des conditions très favorables au transport et à la conservation.

L'analyse du tankage donne en moyenne :

					fr	
Azote	2,63 p. 100	qui à	1,24	représente	2,976	fr. tr.
Acide phosphorique.	2,40 —	—	0,30	—	0,72	4.096 ou 40,96 la tonne.
Potasse	0,80 —	—	0,50	—	0,40	

A certaines époques de l'année, les prix ont quelquefois atteint jusqu'à 60 francs la tonne, la composition du garbage étant variable et les cours des matières utiles se modifiant.

C'est principalement sur la teneur en potasse qu'il y a une perte sensible, ce

(1) A Cincinnati et à la Nouvelle-Orléans, où l'on traite le garbage par le naphte, d'après le procédé Simonin, on dit obtenir jusqu'à : 5 à 7 p. 100 de matière grasse, 25 à 30 p. 100 de tankage.

(2) En ajoutant à ce liquide de la chaux et du sulfate de fer, on obtiendrait peut-être un précipité ayant une valeur suffisante pour motiver ce traitement.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qui s'explique facilement par ce fait que les sels potassiques entrent en dissolution et sont entraînés par la vapeur condensée; mais, comme compensation à cette perte, on obtient la majeure partie de la matière grasse.

TRAITEMENT DES ORDURES MÉNAGÈRES A NEW-YORK

Pendant longtemps, la ville de New-York se contentait de jeter à la mer le garbage collecté chaque jour. Cette projection se faisant à l'entrée de la baie, les courants ramenaient une grande partie de ce garbage sur la plage, depuis Coney Island jusqu'au delà de Far Rockaway, et, chaque année, il s'élevait de nombreuses plaintes dues aux mauvaises odeurs dégagées par l'accumulation de ces détritus et à la dépréciation que subissaient un grand nombre de stations d'été, dans lesquelles les bains étaient rendus presque impossibles.

La ville de New-York, après plusieurs tentatives infructueuses de traitement du garbage, établit alors un concours qui devait lui permettre de choisir un mode de traitement efficace.

Divers projets intéressants furent présentés, et, en passant, je mentionnerai un procédé d'incinération du garbage que j'ai vu fonctionner lors de mon séjour à New-York et qui était dû à M. *A. W. Colwell*. Dans ce procédé, la chaleur provenant de l'auto-combustion du garbage était employée à la production de vapeur; mais, comme dans tous les procédés d'auto-combustion, celle-ci était incomplète, et, par suite, des odeurs assez désagréables se dégageaient à certains moments. Peut-être aurait-on pu obtenir des résultats satisfaisants en adjoignant un condenseur des vapeurs odorantes ou en étudiant mieux les dispositions à prendre pour fournir aux gaz provenant de la combustion du garbage l'air nécessaire à une combustion complète.

Du reste, ces essais perdent de leur intérêt, en présence de la solution qui vient d'être adoptée par la ville de New-York.

A la suite du concours institué par la ville, le colonel George Waring, commissaire pour l'entretien des rues, alla visiter à Philadelphie le procédé Arnold que nous avons exposé en détail, et qui y est exploité par l'*American Incinerating Company*, et après en avoir suivi toutes les opérations, il accepta les propositions de la *New-York Utilisation Company*, qui avait acheté les droits de traiter le garbage de New-York par ce procédé.

Cette compagnie s'est engagée à traiter 500 tonnes de garbage par jour, c'est-à-dire la moitié de la production totale de la ville de New-York. A cet effet, elle a construit une vaste usine à Barren Island, et le traitement a dû commencer le 1er août 1896. Il y a là une tentative des plus intéressantes à suivre, et il est à prévoir, en présence des bons résultats obtenus à Philadelphie, que dans

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

un délai assez court, tout le garbage de New-York sera traité par ce procédé.

APPLICATION DES PROCÉDÉS AMÉRICAINS AU TRAITEMENT DES ORDURES MÉNAGÈRES DE LA VILLE DE PARIS

En dehors d'essais très limités, et, en particulier, de celui exécuté par la ville de Paris à l'usine du pavage en bois, où l'on a installé l'incinération d'une petite quantité d'ordures ménagères ou *Gadoue* avec utilisation de la chaleur produite, on peut dire que l'on a eu surtout en vue l'utilisation agricole de la gadoue verte, conformément aux conclusions du rapport de MM. du Mesnil et Journet, au Congrès d'hygiène de 1889 : « l'emploi pour l'agriculture est le système qui prévaudra avec raison, qui pourra être étendu, soit par des abaissements de tarif, soit par des exploitations spéciales comme celle dont nous avons vu l'application en Champagne... »

Mais les exploitations spéciales sont très limitées; on ne peut guère citer que les plaines de la Crau et les terrains très perméables de la Champagne. Pour mettre en culture la Crau, il était nécessaire de procurer au sol une matière formant feutrage afin d'atténuer son excessive perméabilité. On y a réussi, sous l'habile direction de M. de Montricher, en y transportant les produits de nettoiement de la ville de Marseille, mais en les enrichissant fortement par le mélange de matières de vidange. En tous cas, cette question n'intéressait pas directement la ville de Paris.

Pour les terrains de la Champagne, au contraire, on espérait, qu'avec des abaissements suffisants des tarifs des chemins de fer, on aurait un débouché très important pour la gadoue collectée à Paris. Un essai fut tenté par M. André, ingénieur de la ville de Paris, à Avize, près Épernay, et, au début, cet essai semblait réussir; en effet, en 1881, la demande de gadoue s'était élevée à 2600 tonnes par an; mais en 1888, elle était déjà tombée à 1300 tonnes.

Pour nous, nous ne croyons pas que l'utilisation directe de la gadoue *verte* puisse être avantageuse pour la culture, telle qu'on est obligé de la pratiquer aujourd'hui, dès qu'il faudra la transporter à une certaine distance. En effet, quelque faibles que puissent devenir les tarifs pour le transport par chemin de fer, la gadoue ne pourra lutter avec les engrais chimiques qui s'emploient sous un faible volume et sont composés de substances très rapidement assimilables, répondant, par suite, aux méthodes actuelles de culture intensive. C'est ce que nous chercherons d'abord à démontrer.

Lorsque l'on emploie la gadoue verte, les cultivateurs des environs de Paris comptent 80 tonnes par hectare. (Rapport de MM. du Mesnil et Journet.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

D'après les analyses de MM. Müntz et Ant.-Ch. Girard, la composition de la gadoue verte de Paris est la suivante :

Pierres, verre, porcelaine, etc.	83 kg.	par tonne.
Eau	376 —	—
Matières organiques	155 —	—
Matières minérales	386 —	—
	1 000 kg.	—

et ces 1 000 kilos de gadoue verte contiennent, comme principes utiles :

	Kg.
Azote	3,8
Acide phosphorique	4,1
Potasse	4,2

Lorsque le cultivateur emploie 80 tonnes de gadoue par hectare, il introduit donc dans cet hectare :

Pierres, verre, porcelaine, etc.	6640 kg.		Azote	304 kg.
Eau	30080 —	contenant	Acide phosphorique	328 —
Matières organiques	12400 —		Potasse	336 —
Matières minérales	30880 —			
	80000 kg.			

Si, au contraire, le cultivateur emploie des engrais chimiques composés, il peut les mettre à la dose moyenne de 700 kilos par hectare, la composition en azote nitrique, azote ammoniacal, acide phosphorique et potasse variant suivant le genre de culture. Ces engrais chimiques sont choisis de manière à compléter la quantité des composés utiles (acide phosphorique, azote et potasse) déjà contenus dans le sol ou introduits par le fumier de ferme dont dispose le cultivateur de manière à avoir le total indispensable à une culture déterminée.

La gadoue se vend au minimum 0 fr. 50 la tonne, ce qui représente, avant tout transport, une dépense de 40 francs par hectare. Les engrais chimiques se vendent à des prix compris entre 10 fr. 50 et 20 francs les 100 kilos (sauf les superphosphates coûtant de 6 fr. 50 à 8 francs), ce qui, en prenant le chiffre maximum de 20 francs, représente, avant tout transport, une dépense de $20 \times 7 = 140$ francs par hectare. C'est donc sur la différence des deux prix : $140 - 40 = 100$ francs, que nous devons prendre les frais de transport de la gadoue comprenant : le chargement en wagons à la gare de départ, le transport sur la voie ferrée, le déchargement à la gare d'arrivée, et, enfin, le transport au champ où doit se faire son utilisation.

Dans les diverses études publiées sur cette question, on ne se préoccupe, le plus souvent, que du prix de transport sur la voie ferrée, et les desidérata se

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

limitent à réclamer un abaissement des tarifs; les autres frais sont cependant très importants, comme il est facile de l'établir. Faisons, en effet, le calcul pour 80 tonnes de gadoue devant être transportées sur 1 hectare de culture *situé seulement à 1 kilomètre* de la gare d'arrivée.

Chargement des wagons à la gare de départ. — D'après les tarifs spéciaux, le chargement doit se faire la voiture amenée au bord du wagon. Dans ces conditions, un ouvrier peut faire le chargement de 3 mètres cubes par heure, correspondant à 2 400 kilos, et comme, dans les grandes villes, l'ouvrier est payé à l'heure, soit 0 fr. 50, le chargement de 1 000 kilos reviendra à 0 fr. 208, soit 16 fr. 64 pour le chargement des 80 tonnes.

Déchargement des wagons à la gare d'arrivée. — Le déchargement sera fait dans les mêmes conditions que le chargement, mais avec des ouvriers agricoles payés seulement 0 fr. 30 l'heure; le déchargement de 1 000 kilos reviendra à 0 fr. 125, soit 10 francs pour décharger les 80 tonnes.

Coût du transport de la gare d'arrivée à un champ situé à 1 kilomètre. — L'emploi de tombereaux culbutants est tout indiqué pour ce travail, afin d'éviter un autre déchargement coûteux. Or, on admet qu'un tombereau à deux chevaux, devant manœuvrer dans des chemins souvent défoncés et dans des terres labourées, ne pourra transporter que $2^{m},5$ au maximum, soit 2 000 kilos de gadoue (1 mètre cube représentant 800 kilos de gadoue verte). Dans ces conditions, le tombereau pourra effectuer un voyage à l'heure. Si l'on compte, d'après les prix payés à la campagne, 12 francs pour un tombereau à deux chevaux et son conducteur pour onze heures de travail, le calcul montre que le transport de 2 000 kilos coûtera 1 fr. 09, soit 0 fr. 545 par tonne, ce qui donne 43 fr. 60 pour le transport des 80 tonnes à 1 kilomètre de la gare d'arrivée. Ce prix doit encore être majoré, car, pour enlever 80 tonnes, il faudrait trois tombereaux et demi travaillant pendant onze heures, donc, dans la pratique, il faudra compter l'emploi de quatre tombereaux pour enlever les 80 tonnes en onze heures, ce qui correspond sensiblement au délai accordé par les compagnies. Le prix précédent doit donc être majoré de 4/3,5, ce qui donne 0 fr. $545 \times 1,14 = 0$ fr. 621, ou 49 fr. 68 pour le transport de 80 tonnes à 1 kilomètre seulement de la gare d'arrivée.

En récapitulant ces frais dont, nous le répétons, on ne se préoccupe pas suffisamment, on voit qu'ils s'élèvent à :

	Fr.
Chargement des wagons à la gare de départ.	16 64
Déchargement des wagons à la gare d'arrivée.	10 00
Transport de la gare d'arrivée à une distance de 1 kil. . . .	49 68
Soit.	76 32 p. 80 tonnes.

Si l'on faisait le même calcul pour 700 kilos d'engrais chimique, on trou-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

verait que les frais s'élèveraient seulement à 0 fr. 95, en supposant que l'on fasse venir les engrais du même point de départ que la gadoue.

Transport par chemin de fer. — Si, des 100 francs qui représentaient la somme que nous pouvions consacrer aux diverses manipulations et au transport de 80 tonnes de gadoue sans dépasser les frais nécessités pour le transport de la quantité d'engrais chimique suffisante pour la fumure d'un hectare, nous retranchons cette somme de 76 fr. 32, il ne nous reste, pour les frais pouvant être consacrés au transport par chemin de fer, que la somme de 100 — 76,32 = 23 fr. 68, qui devra être majorée de 0 fr. 95 représentant les frais de manipulation de l'engrais chimique. On disposera donc de 23,68 + 0,95 = 24 fr. 63.

D'après les tarifs actuels, le prix de transport, par tonne, par kilomètre et suivant les compagnies, est :

	Fr.	Fr.		Fr.	Fr.		
De 0 km. à 25 km.	0 08	à 0 04	pour la gadoue et	0 08	à 0 045	pour les engrais chimiques.	
De 25 — à 100 —	0 04	à 0 02	—	0 04	à 0 02	—	—
De 100 — à 200 —	0 fr. 02		—	0 035	à 0 025	—	—

Si nous faisons les calculs en prenant les prix minima pour le transport de la gadoue et les prix maxima pour le transport des engrais chimiques, nous verrons que :

	Fr.						
A 25 km.	(à 0 04	pour 1 km.	et 1	tonne),	les 80 tonnes de gadoue auront payé. . .	80 fr.	»
A 25 —	(à 0 08	— 1 —	et 1	—),	les 700 kg. d'engrais chimique.	1 fr.	40
A 30 —	(à 0 02	— 1 —	et 1	—),	les 80 tonnes de gadoue.	48 fr.	»
A 30 —	(à 0 04	— 1 —	et 1	—),	les 700 kg. d'engrais chimique.	0 fr.	84
A 35 —	(à 0 02	— 1 —	et 1	—),	les 80 tonnes de gadoue.	56 fr.	»
A 35 —	(à 0 035	— 1 —	et 1	—),	les 700 kg. d'engrais chimique.	0 fr.	857

On voit donc, qu'avec les tarifs les plus bas, les gadoues ne pourront lutter avec les engrais chimiques, puisque la différence des prix des deux transports dépasse immédiatement la somme dont nous pouvions disposer, soit 24 fr. 63.

Admettons cependant que les compagnies aillent jusqu'à réduire les frais de transport à un chiffre insignifiant, soit à 0 fr. 005 par tonne et par kilomètre; dans ces conditions :

A 25 km.	les 80 tonnes de gadoue auraient payé.			10 fr. 00
A 50 —	les 80	—	—	. . . . . 20 fr. 00
A 60 —	les 80	—	—	. . . . . 24 fr. 00
A 61 —	les 80	—	—	. . . . . 24 fr. 63
A 65 —	les 80	—	—	. . . . . 26 fr. 00

On voit de suite combien serait limité le cercle dans lequel le cultivateur aurait avantage à employer la gadoue verte de préférence aux engrais chimiques,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

puisque son rayon ne dépasserait pas 61 kilomètres et que l'on devrait se borner aux terrains dont la distance à la gare d'arrivée n'excède pas 1 kilomètre. Et, encore, faut-il tenir compte de ce fait que le transport de 80 tonnes de gadoue exige 8 wagons et que les compagnies devraient créer un matériel important, ne leur procurant qu'un bénéfice insignifiant, et ne devant être utilisé qu'à certaines époques de l'année.

On transporte cependant une certaine quantité de gadoue verte par chemin de fer (1). Dans le rapport déjà cité de MM. du Mesnil et Journet, on voit, en effet, qu'en 1888, les chemins de fer ont transporté 200 000 mètres cubes de gadoue verte sur les 900 000 mètres cubes produits par la ville de Paris, soit pour les divers réseaux : Orléans, 63 000; Nord, 32 000; Ouest, 63 000; Est, 14 000; P.-L.-M, 31 000. Le rapport ajoute que, comme il est admis que la fumure à l'hectare ne doit pas dépasser 300 francs, et que la gadoue est vendue environ 0 fr. 50 la tonne, il en résulte que le transport de la gadoue ne peut dépasser les régions pour lesquelles le transport coûterait plus de 2 fr. 50 le mètre cube ou 3 francs la tonne. Mais il faut déduire les frais de chargement, de déchargement et de transport, à 1 kilomètre par exemple, soit 0 fr. 954 par tonne, il reste donc, pour le parcours par voie ferrée, $3 - 0{,}954 = 2$ fr. 046. Ce qui, à 0 fr. 02 par kilomètre et par tonne, ne représente jamais que 102 kilomètres. Or, trouvera-t-on beaucoup de cultivateurs consentant à dépenser, plusieurs années de suite, la somme de 300 francs à l'hectare pour fumer avec de la gadoue verte, en dehors de certaines conditions spéciales : prix d'achat exceptionnellement faible, culture maraîchère, exploitations spéciales, transport sans transbordement ou avec des voitures de la ferme n'ayant pas d'emploi plus urgent, etc.? Nous ne le pensons pas; du reste, la ville de Paris devrait encore aviser à se débarrasser de 700 000 mètres cubes de gadoue par année.

D'après ces diverses considérations, notre conclusion est que, si la gadoue verte peut être transportée avantageusement, mais uniquement par tombereaux, chez les cultivateurs établis dans un rayon assez faible autour de Paris, et en particulier chez ceux s'occupant de cultures spéciales, le transport par chemin de fer, avec les frais accessoires qu'il comporte, sera toujours trop coûteux pour pouvoir réussir pratiquement dès que la distance sera un peu élevée.

Inconvénients résultant de l'emploi de la gadoue. — On doit également tenir compte des nombreux inconvénients que peut présenter l'emploi de la gadoue.

En premier lieu, il y a l'introduction de toutes ces matières : pierres, verre, porcelaine, etc., qui ne représentent pas moins de 6 640 kilos par hectare. Un agriculteur soucieux de ses intérêts y regardera sans doute à deux fois avant de répéter une semblable opération.

(1) Le transport par bateau est très faible; pour 1896, il ne s'est élevé qu'à 29 973 tonnes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En second lieu, si l'on veut mettre la gadoue non sur des sols de labour, mais sur des prairies destinées à être pâturées, Claës et Maens ont montré que :

1° Les tessons et débris de verre blessent les animaux ;

2° Les papiers enduits de céruse, de vert de Scheele, etc., peuvent les empoisonner, et ils en citent des exemples ;

3° Les viandes pourries peuvent les rendre malades et les tuer.

Enfin, lorsqu'on étend la gadoue à proximité des villes, on voit aussitôt les chiffonniers se hâter d'en retirer les linges, tissus, etc., de provenance plus que suspecte, et les faire rentrer en circulation sans aucune désinfection ; c'est, en particulier, un fait que l'on constate fréquemment aux environs de Paris.

Avantages résultant de l'emploi de la gadoue. — Par contre, on peut soutenir que, dans certains sols, la gadoue joue un rôle important, se rapprochant de celui du fumier, en apportant l'humus nécessaire. Comme le disait M. Grandeau (*Revue agronomique*, 1er septembre 1896) : « La fécondité de la terre est liée aussi à la constitution physique de la couche arable. Tous les bons praticiens savent cela. Or, la présence, dans le sol, d'une certaine quantité de matière organique : détritus de végétaux ou résidus de l'alimentation des animaux, joue un rôle considérable dans l'ameublissement du sol, dans sa faculté de conserver une humidité favorable à la végétation, dans l'état de cohésion. »

Mais, afin que la gadoue jouât ce rôle, il ne faudrait pas être obligé, pour introduire 12 400 kilos de matière organique à l'hectare, d'introduire, en même temps, 6 640 kilos de pierres, verre, porcelaine, etc., et de transporter, à des conditions très onéreuses, 30 880 kilos d'eau ; en agissant ainsi, on perd la majeure partie des avantages que présente le produit.

C'est ici que se montre l'avantage du système d'utilisation que l'on applique à Philadelphie, et que l'on a récemment introduit à New-York.

APPLICATION, A LA GADOUE DE PARIS, DU TRAITEMENT PAR LA VAPEUR SOUS PRESSION EMPLOYÉ A PHILADELPHIE ET A NEW-YORK

Après l'action de la vapeur sous pression dans les digesteurs, et au sortir des dessiccateurs, la matière organique s'est transformée en une matière brune, ayant subi un commencement de désorganisation, se pulvérisant facilement, et pouvant être assez facilement séparée des débris étrangers par des tamisages successifs. Outre l'assimilation plus grande des éléments fertilisants que la gadoue contient, on a une substance riche en matière organique, qui occupe un volume relativement faible par suite de la séparation de la majeure partie des matières grossières et grâce à la dessiccation. Le transport en devient facile, car son faible volume compense le prix plus élevé que peut atteindre cette matière, les dangers pour la santé publique et pour les animaux sont supprimés, et, enfin, la matière, au

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sortir de l'usine, peut être emmagasinée sans aucun inconvénient, tandis que la gadoue verte, abandonnée à la fermentation sur les champs jusqu'à l'époque où elle doit être utilisée, est une cause d'odeurs infectes.

Appliquons à la gadoue de Paris les mêmes calculs que ceux faits pour le garbage de Philadelphie :

		Partie séchée ou tankage qu'on obtiendrait après traitement par la vapeur, soit 12,5 p. 100.	
	Gadoue verte de Paris.	D'après la composition de la gadoue de Paris.	D'après les analyses de la matière sèche obtenue à Philadelphie.
Azote	0,38 p. 100	3,04 p. 100	2,63 p. 100
Acide phosphorique. . .	0,41 —	3,28 —	2,40 —
Potasse.	0,42 —	3,36 —	0,80 —

Mais il est probable que, avec la gadoue de Paris, on aurait des chiffres moins élevés, se rapprochant des chiffres obtenus à Philadelphie, vu la dissolution de certains éléments et, en particulier, des sels potassiques, d'autant plus que la gadoue de Paris renferme une certaine quantité de cendres qui, en Amérique, ne sont pas mélangées au garbage.

Prenons simplement la composition du tankage de Philadelphie, qui met le prix de la tonne à 40 fr. 96 au minimum : la production de gadoue, à Paris, étant de 720 000 tonnes par an, on aurait 90 000 tonnes de gadoue sèche, soit 12,5 p. 100 de la gadoue verte, représentant une somme de 2 360 196 francs.

De plus, quoique les analyses publiées ne donnent pas la teneur de la gadoue en matière grasse, rien ne s'oppose à ce qu'on adopte une teneur de 1 p. 100, sans aller jusqu'au chiffre minimum de 2,5 donné pour le garbage américain, et qui, à Paris, doit être diminué par suite de l'enlèvement, par les chiffonniers, des os présentant une valeur marchande. Dans ces conditions, la matière grasse que l'on pourrait retirer annuellement des 720 000 tonnes de gadoue, ne s'élèverait pas à moins de 7 200 tonnes. Or, d'après un article du *New England Farmer* de Boston, l'usine de Philadelphie vendrait facilement cette matière grasse 0 fr. 30 le kilo, et ce chiffre, qui, après épuration, monte à 0 fr. 60, m'a été confirmé par la direction de l'usine de Philadelphie.

Les 900 000 mètres cubes de gadoue de Paris, représentant 720 000 tonnes par an, donneraient donc, après traitement :

90 000 tonnes de gadoue sèche représentant.	3 686 000 fr.
7 200 tonnes de matière grasse à 0 fr. 30 le kg.	2 160 000 fr.
Ou au total.	5 946 000 fr.

Et, à dessein, nous avons adopté, des rendements bien inférieurs à ceux obtenus depuis trois ans à l'usine de Philadelphie.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CONCLUSIONS

1° Le transport de la gadoue verte par voie ferrée semble trop coûteux pour que celle-ci puisse être employée de préférence aux engrais chimiques.

2° L'utilisation de la gadoue verte présente de nombreux inconvénients dus soit aux débris de toutes sortes qu'elle contient, soit à la présence de substances pouvant être nuisibles au point de vue de l'hygiène ou dangereuses pour les animaux.

3° L'utilisation de la gadoue ne se faisant qu'à l'automne et au printemps, on est dans l'obligation d'établir des dépôts qui répandent au loin des odeurs infectes.

4° Le traitement journalier et régulier de la gadoue s'impose.

5° Si l'incinération, faite dans des conditions rationnelles donnant la combustion complète et supprimant tout dégagement odorant, est un procédé qui peut rendre de grands services à des villes de peu d'importance, ne pouvant faire les frais d'installations coûteuses, par contre, le traitement en vue de la récupération ou de l'emploi agricole de la majeure partie des substances utilisables que la gadoue renferme doit être la règle pour les grandes villes, et pour Paris en particulier.

6° Il est à souhaiter, en présence des résultats remarquables obtenus dans plusieurs villes importantes des États-Unis, que la ville de Paris suive l'exemple que vient de donner la ville de New-York, et que, soit en instituant un concours, soit en étudiant les procédés actuellement sortis de la période d'essai, elle prenne une décision lui permettant de se débarrasser *chaque jour* de toutes les ordures ménagères produites, en tirant parti, aussi complètement que possible, des principes utiles qui y sont contenus et qui ont une valeur importante.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS CHIMIQUES

ÉTUDES DE CÉRAMIQUE EXÉCUTÉES A LA DEMANDE DES FABRICANTS DE PORCELAINE DE LIMOGES, SOUS LA DIRECTION DU *Comité des arts chimiques de la société d'encouragement*, par **M. Emilio Damour**.

La Société d'Encouragement nous a fait l'honneur de nous confier une série de recherches concernant l'industrie céramique et spécialement la porcelaine, dont l'intérêt lui avait été signalé par le groupe le plus important des céramistes français, le Syndicat des fabricants de porcelaine de Limoges.

Cette étude comportait les deux points suivants : 1° Mesure des dilatations des pâtes et couvertes de porcelaine, et examen des défauts de fabrication et accidents se rattachant à la question des dilatations.

2° Étude de l'influence des atmosphères de cuisson oxydantes et réductrices sur les colorations des pâtes et couvertes de porcelaine par le fer et le cobalt.

Ces travaux, commencés en 1893, ont été poursuivis en 1894 et 1895 au laboratoire de l'École des mines, et nous tenons à adresser nos remerciements à M. Haton de La Goupillière, directeur de l'École des mines, pour l'intérêt qu'il a pris à nos recherches, et à MM. A. Carnot et H. Le Chatelier, directeurs du laboratoire qui, nous ayant désigné au Comité des Arts chimiques, n'ont cessé de nous aider de leurs encouragements et de leurs conseils (1).

L'industrie de la céramique sous ses diverses formes, poteries, faïences, porcelaine, grès, est extrêmement délicate et exige de la part des industriels une grande expérience de leur art et une grande pratique de leur métier. Elle présente en effet à toutes les étapes de la fabrication, préparation et mélange des pâtes, façonnage, cuisson, des difficultés dont l'importance est presque égale au point de vue du succès définitif, mais dont fort peu ont pu être précisées et scientifiquement définies, en raison même de la multiplicité des variables que comporte le problème. Ce n'est que par une surveillance incessante, mais tout empirique,

(1) Nous avons dû à différentes reprises prendre des auxiliaires ou collaborateurs, sans lesquels il nous eût été impossible de mener à bien une étude où les difficultés à vaincre et le nombre d'expériences et de mesures à effectuer ont dépassé de beaucoup nos prévisions.

M. Chapuy, ingénieur civil des mines, aujourd'hui céramiste, nous a un peu aidé à l'étude des colorations. M. Chatenet, ingénieur civil des mines, appelé depuis par M. Boulenger à prendre la direction du laboratoire de la faïencerie de Choisy-le-Roi, a collaboré avec nous pendant plus de huit mois, et nous a aidé avec autant de dévouement que d'intelligence à la mesure si délicate des dilatations.

Remercions enfin le personnel du laboratoire de l'École des mines qui a pris une part active à cette longue série de travaux.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

en évitant de modifier quoi que ce soit à une fabrication lorsqu'elle est bonne, que l'on arrive à diminuer les rebuts. Dans ces conditions, le progrès n'a pu être poursuivi que très lentement et en quelque sorte pied à pied, malgré les travaux illustres faits à Sèvres et l'expérience accumulée de près d'un siècle. Si, de nos jours, on est parvenu à surmonter beaucoup de difficultés, le déchet est encore considérable, et la préoccupation constante des fabricants de porcelaine est d'en analyser les causes et de chercher les remèdes.

Parmi les causes de déchet, les plus redoutables sont les accidents de la dernière cuisson; portant sur des objets fabriqués ayant déjà toute la valeur du produit fini, elles pèsent plus lourdement qu'aucune autre sur le prix de revient. On voit par là l'intérêt pratique que présente l'étude scientifique des phénomènes qui se passent dans cette cuisson, la raison d'être de l'étude qui nous était proposée.

Ces phénomènes de la cuisson sont de deux sortes : les uns, *les dilatations*, bien que très étroitement liés à une question chimique, puisque la dilatation d'une pâte et surtout celle d'une couverte sont fonction de la composition, sont cependant d'ordre physique, étroitement liés à la température de cuisson; les défauts qui en relèvent ne peuvent être étudiés que par une mesure précise des coefficients de dilatation des matières céramiques.

Les autres sont exclusivement d'ordre chimique et se rattachant toujours à la composition des pâtes et couvertes, dépendent de la composition des atmosphères gazeuses des fours et des réactions des gaz de combustion sur les silicates et oxydes soumis à la cuisson.

Ce n'est que par l'étude de ces deux séries de phénomènes, qui se superposent dans la cuisson industrielle, qu'on peut espérer quelques améliorations dans la fabrication des objets céramiques; ce sont les deux points de notre programme et c'est la division de l'étude que nous présentons à la Société d'Encouragement.

PREMIÈRE PARTIE

DILATATIONS DES PATES ET COUVERTES CÉRAMIQUES

§ 1. — Intérêt de la question : tressaillure, écaillage.

L'intérêt de la connaissance exacte des coefficients de dilatation des pâtes et couvertes résulte de la constitution même d'un objet céramique quelconque et de son mode de fabrication.

Une pièce céramique, porcelaine, grès, faïence, terre cuite vernissée, se com-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pose toujours d'une pâte cuite formant le corps de l'objet, enduite d'une couverte, c'est-à-dire d'une mince couche de verre la recouvrant complètement; elle présente donc deux couches superposées de compositions chimiques différentes et à des états physiques différents, l'une tout à fait vitrifiée, l'autre simplement calcinée et non fondue dans les terres cuites et faïences, à peine fritrée dans les faïences fines et ne présentant un commencement de vitrification que dans la porcelaine.

La dernière étape de la fabrication est toujours une cuisson à température suffisante pour fondre (glacer) la couverte, suivie d'un refroidissement lent nécessaire au recuit de la couverte.

Or, si lentement que soit conduit ce refroidissement, si, au-dessous de la température de solidification de la couverte la contraction des deux couches n'est pas la même, si la pâte et la couverte ne s'accordent pas, il se produit des tensions amenant la rupture de la plus mince des deux couches, de la couverte. De là les défauts bien connus de la tressaillure (craquelé) et de l'écaillage.

On dit qu'une pièce *tressaille* ou est craquelée lorsque la couverte se fendille en un réseau de lignes extrêmement minces, mais laissant à nu la pâte. Ce défaut indique que, pendant le refroidissement, la pâte s'est moins contractée que la couverte, c'est-à-dire que la couverte a un coefficient de dilatation trop élevé.

On dit qu'une pièce *écaille* lorsque, après fendillement de la couverte suivant des lignes généralement plus espacées que dans le cas précédent, les fragments de cette couverte ont tendance à chevaucher les uns sur les autres, ou même à se détacher complètement par écailles, comme cela a lieu trop souvent sur certaines faïences vieux Rouen. Ce défaut indique que la pâte s'est contractée plus que la couverte, c'est-à-dire que la couverte a un coefficient de dilatation trop faible.

Ces deux défauts ont été longtemps et sont encore le plus redoutable écueil d'une bonne fabrication. En porcelaine cependant, les recherches effectuées à la manufacture de Sèvres et la longue expérience des fabricants de porcelaine de Limoges ont fini par fournir des couvertes de pâtes s'accordant bien, auxquelles on se tient fidèlement, et qui ne tressaillent plus. Mais en faïence et, dans l'industrie des briques émaillées, il est loin d'en être ainsi ; l'écaillage est devenu plus rare, mais la tressaillure est encore fréquente ; elle ne se produit pas seulement à la sortie du four, mais souvent longtemps après, sous l'influence de changements de température ou même par le seul fait de la déformation permanente d'un verre maintenu trop longtemps en tension.

Lorsqu'on cherche à analyser les progrès accomplis dans cette voie et les moyens, toujours empiriques, mis en œuvre par l'industrie pour remédier au craquelé, on constate que les uns ont consisté à rapprocher les coefficients de dilatation de la pâte et de la couverte par des changements de composition ; c'est le cas de la porcelaine. Mais d'autres fois, et c'est le cas de la faïence, les dilata-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tions sont restées tellement éloignées que la suppression de la tressaillure ne peut être attribuée qu'à un accroissement de la résistance ou de l'élasticité de la couverte; certaines additions, et notamment l'acide borique, employé aujourd'hui d'une façon courante, peuvent accroître la résistance ou l'élasticité d'un verre au point qu'il puisse supporter, sans rompre, un effort auquel il ne résistait pas précédemment.

L'étude complète des phénomènes de tressaillure et d'écaillage comporterait donc une recherche des lois d'élasticité et de résistance à la traction et à la compression des couvertes. Mais si l'on se propose simplement de chercher un remède à ces défauts, le meilleur moyen ne sera-t-il pas d'en supprimer la cause, cette tension entre la pâte et la couverte. En ramenant l'égalité entre les dilatations de ces deux éléments, il semble que l'on ait toute chance d'obtenir un accord durable à toute température. Cette égalité peut n'être pas nécessaire, mais il a tout lieu de croire qu'elle sera toujours suffisante. En tout cas il est hors de doute que la mesure des dilatations et la recherche des moyens d'en corriger le coefficient est la question la plus importante et comme la clef du problème.

§ 2. — Procédés de mesure de la dilatation. — Choix de la méthode. Fusion et moulage des échantillons.

Pour étudier la dilatation linéaire des éléments constitutifs d'une porcelaine ou d'une faïence, il faut arriver à mouler ou couler isolément la pâte et la couverte sous une forme se prêtant commodément à la mesure, généralement celle d'un prisme, puis, en mesurer l'allongement lorsqu'on l'échauffe à une température élevée aussi voisine que possible de la cuisson industrielle ou de la solidification de la couverte.

La préparation des pâtes en prismes ne présente aucune difficulté, la plasticité qui est leur qualité fondamentale permettant de leur donner une forme quelconque; le plus souvent les industriels qui ont bien voulu nous envoyer leurs pâtes ont eu l'attention de fabriquer eux-mêmes les prismes de mesure et de les cuire dans leurs fours, ce qui réalisait exactement les conditions industrielles.

La confection de prismes de couverte fondue n'est pas aussi facile, surtout si l'on veut obtenir des prismes un peu longs : la plupart des couvertes de porcelaine et de faïence fondent, soit à une température élevée, soit surtout en donnant un verre peu fluide, presque impossible à couler et par suite à mouler. D'autre part les couvertes de faïences étant toutes plombifères, on ne peut en faire la fusion en creuset de platine, et si l'on veut faire usage de creusets de porcelaine, il y a toujours dissolution partielle de la porcelaine par ces silicates plombeux et modification de leur composition. Ces deux écueils nous ont longtemps arrêté, limitant notre étude aux couvertes les plus fusibles, bien que nous ayons fait

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

usage du four Forquignon, du chalumeau Schlesing, du four Bigot, c'est-à-dire des appareils du laboratoire susceptibles de donner les températures les plus élevées.

Le moyen par lequel nous avons pu surmonter cette difficulté a consisté à faire la fusion dans le moule même, pour éviter la coulée, en choisissant la matière du moule aussi inattaquable que possible par le verre en fusion. Nous avons ainsi essayé des moules en graphite, qui n'ont pas bien marché, puis des moules en ciment et sable qui présentent l'avantage de se déliter après cuisson et de dégager le prisme. Mais la meilleure solution nous a été indiquée par M. H. Boulenger qui, essayant de fabriquer en vue de nos mesures les prismes de ses couvertes, eut l'idée de se servir comme moule des bougies du filtre Pasteur qui, on le sait, sont faites à la faïencerie de Choisy. Faites en une pâte très réfractaire, ces bougies supportent toutes les températures sans se déformer, elles cuisent seulement en grès à 1 400°, ce qui n'est pas un obstacle à leur emploi. Par suite de leur porosité de filtre, on peut les induire intérieurement d'une mince couche d'une couverte quelconque, d'une engobe.

Les engobes usitées en faïence, et en particulier par Deck, sont composées de façon à être fort peu attaquées par les couvertes plombifères au contact desquelles on les cuit, généralement d'un mélange de sable de Fontainebleau pulvérisé et de feldspath. En engobant intérieurement les bougies Pasteur on constitue donc une couche protectrice empêchant l'adhérence du verre fondu à la pâte et facilitant le démoulage; si l'on a en outre soin de conduire la cuisson rapidement et de retirer les bougies du four dès que la fusion est complète, on peut admettre que la dissolution de l'engobe est sensiblement nulle, et que la composition du verre n'est pas modifiée. Ajoutons que les bougies Pasteur sont d'un diamètre supérieur de 8 millimètres à la dimension du prisme que nécessitait notre appareil de mesure, de sorte que nous avons dû faire user nos cylindres sur une épaisseur de 4 millimètres, éliminant la partie périphérique, la seule dont la composition ait pu subir l'influence de l'engobe.

Dans ces conditions, la bougie Pasteur a été, pour nos essais, le creuset-moule le plus commode et nous a servi, à peu d'exceptions près, à toutes les couvertes de porcelaine et de faïence.

Les difficultés que nous venons d'indiquer, et qui nous ont arrêté longtemps, ont grandement influé sur le choix que nous avons fait de la méthode de mesure des dilatations.

Deux méthodes d'une sensibilité à peu près égale s'offraient à nous pour cette mesure. L'une cherche à obtenir une approximation suffisante par l'exagération de l'allongement total : elle emploie des prismes longs

(1) Nous remercions à ce sujet M. Vogt, M. Boulenger et M. Besse, de Limoges, qui ont facilité par là notre tâche.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et les chauffe à une température très élevée, de façon que l'accroissement de longueur puisse être apprécié pour une mesure directe. — L'autre, la méthode de Fizeau, arrive à la même sensibilité, bien qu'opérant sur un allongement 30 fois moindre, avec des prismes de 1 ou 2 centimètres chauffés à 100°, grâce à une méthode optique de mesure d'une sensibilité extraordinaire, puisque l'onde lumineuse qu'elle prend comme unité de longueur est de $0^m,0000000294$, soit 3/10000 de millimètre.

Chacune de ces méthodes a été étudiée et transformée par M. H. Le Chatelier en vue spécialement des mesures industrielles, c'est-à-dire de celles où une approximation de 1/100 du coefficient obtenu peut être jugée suffisante.

La première méthode lui a servi à cette étude sur la dilatation des différentes variétés de quartz qui a jeté une telle lumière sur certains phénomènes inexpliqués de la dilatation des pâtes céramiques. Dans les expériences de M. Le Chatelier, des prismes de 12 centimètres de longueur ont été chauffés au four Mermet à des températures de 1000° à 1100° mesurées au couple thermo-électrique et l'allongement a été mesuré par enregistrement photographique, l'approximation des mesures était de 1 p. 100 (1).

Dans cet appareil, l'enregistrement photographique pouvait être remplacé par un autre procédé d'amplification moins difficile à manier. Cette méthode a le grand avantage de résoudre le problème de la façon la plus complète, de donner non seulement la dilatation à une température quelconque entre 0 et 1100°, mais la loi d'accroissement du coefficient de dilatation; par contre, elle exige des prismes de 10 à 12 centimètres et c'est ce qui nous a fait renoncer à son emploi. Sans doute l'usage des bougies et l'expérience que nous avons forcément acquise des fusions de laboratoire nous permettraient aujourd'hui de préparer des cylindres de 12 centimètres, mais les difficultés que nous avons souvent rencontrées à la confection beaucoup plus simple de prismes de 2 centimètres bien fondus, homogènes, bien dégagés du moule, d'autre part la plus grande complication de l'appareil même affranchi de sa mesure photographique, nous laissent à penser que l'utilisation industrielle de cette première méthode présente trop de difficultés pour qu'elle se généralise; c'est encore une méthode de laboratoire.

Au contraire, la méthode Fizeau modifiée, la seconde qui s'offrait à notre choix est réellement industrielle, à tel point qu'elle est déjà appliquée dans une des plus grandes usines françaises, avant même la publication des travaux qui veulent en montrer l'utilité.

Il est sans intérêt de rappeler ici la théorie de la méthode Fizeau exposée d'une façon si claire et si complète dans les *Annales de la commission du mètre*, ni de décrire l'appareil au moyen duquel l'illustre savant a fait toutes les mesures

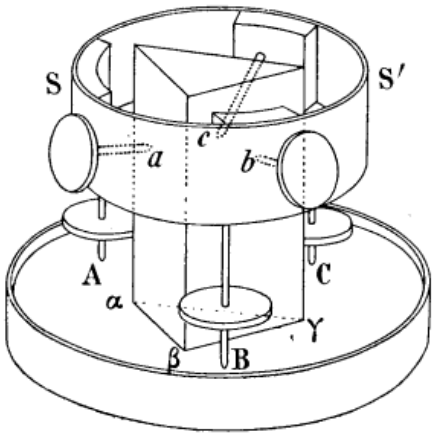
(1) Comptes rendus de l'Académie des sciences du 26 novembre 1888 et du 20 mai 1889.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

consignées dans l'*Annuaire du Bureau des longitudes*. Rappelons seulement que cet appareil est toujours en usage au Bureau de la commission internationale des poids et des mesures sous la direction de M. Benoît, et que les mesures qu'on y effectue sont faites avec une approximation de 1/50 de longueur d'onde, soit 1/500 000 de millimètre.

Il nous suffira, pour l'intelligence de l'appareil que nous allons décrire, de rappeler le phénomène des anneaux colorés de Newton, sur lequel il est basé.

Lorsqu'on examine par réflexion une surface polie et réfléchissante mise au contact d'une lentille convexe, on voit se former, au point de contact, des anneaux colorés aux couleurs du spectre. Si, au lieu d'opérer en lumière blanche, on s'éclaire avec une lumière monochromatique, la flamme du sodium, on obtient encore des anneaux, mais qui sont alternativement noirs et jaunes; dans ce cas, si l'on écarte légèrement le plan poli de la lentille, les anneaux paraissent diminuer et, gagnant le centre, se réduisent à un point noir qui disparaît, et le phénomène se continue jusqu'à disparition complète des anneaux. Chaque nouvelle extinction d'un anneau noir au centre indique qu'il y a eu un déplacement relatif des deux surfaces exactement égal à une demi-longueur d'onde, soit à 3/10000 de millimètre. Inversement, si l'on rapproche insensiblement l'un de l'autre un plan poli et une lentille convexe, lorsque les deux surfaces sont très voisines l'une de l'autre, on voit à un certain moment apparaître des anneaux concentriques; si le mouvement d'approche continue, les anneaux progressent en s'éloignant du centre, et, pour tout déplacement d'une demi-longueur d'onde, on voit poindre au centre une tache noire qui bientôt s'élargit en un petit cercle, en même temps que disparaît un cercle périphérique.



Cette propriété optique permet, en comptant les cercles noirs qui passent en un point donné, ou mieux les taches noires qui paraissent ou disparaissent au centre, de mesurer au 3/10000 de millimètre le déplacement relatif de deux surfaces, et d'apprécier le sens du déplacement; elle est le point de départ de la méthode de mesure des dilatations.

Supposons en effet que la substance à expérimenter, préparée sous forme d'un prisme de 2 à 3 centimètres de haut, poli à sa base inférieure, $\alpha\,\beta\,\gamma$, soit fixée à un support métallique SS′ en trois points *abc* situés sur un plan parallèle à la base polie suffisamment distants de $\alpha\,\beta\,\gamma$ pour que le prisme se dilate librement en prenant appui sur le support, et fixée de telle façon que la base polie

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

soit sensiblement dans le même plan que les pieds A B C du support; si l'on pose le support sur une lentille convexe, le plan poli du prisme sera sensiblement tangent à la surface de la lentille, et les anneaux de Newton paraîtront. Si l'on chauffe alors l'ensemble du système, le métal du support et la matière du prisme se dilateront, et si leurs coefficients de dilatation ne sont pas les mêmes, il y aura un déplacement relatif du plan poli et du plan de base du support, qui repose sur la lentille, et mouvement des anneaux. Si les anneaux gagnent le centre, c'est que les deux surfaces s'éloignent l'une de l'autre; c'est donc que la dilatation de la matière est moindre que celle du métal du support. Si les anneaux s'éloignent du centre, c'est que la dilatation de la matière est plus grande que celle du métal. Dans l'un et l'autre cas le nombre d'anneaux paraissant ou disparaissant permettra de mesurer la différence de dilatation entre le métal et la matière, et, si l'on connaît la première, d'en déduire la seconde. Il suffira donc de compter les anneaux passant en un point, pour avoir une mesure de la dilatation.

L'approximation sur laquelle on peut compter dans cette méthode est variable avec la valeur de la dilatation, et d'autant plus grande que la dilatation est plus voisine de celle du métal du support, mais dans les cas les plus défavorables elle est encore de 1/100, c'est-à-dire que l'on peut compter sur l'exactitude à une unité près des deux premiers chiffres des coefficients que nous indiquerons.

On pourrait obtenir une précision plus grande en chauffant le prisme et le support à une température supérieure à 100°, et cela sans rien modifier à l'appareil, remplaçant simplement le bain d'eau par un bain d'huile ou de vaseline, et en opérant ainsi on y trouverait le double avantage de connaître les dilatations entre 0° et 100° et la loi d'accroissement du coefficient entre 100° et 200°, ce qui, dans des limites restreintes, permettrait de calculer la dilatation pour des températures plus élevées. Mais les tentatives que nous avons faites avec des bains d'huile nous ont donné trop de difficultés, par suite de la transsudation des matières grasses à travers le métal et de la condensation sur les plans polis de vapeurs qui rendaient l'observation des anneaux impossible. Nous nous sommes donc borné à l'emploi du bain d'eau bouillante qui n'offre aucune difficulté.

Dans ces conditions la solution du problème tel que nous l'avons posé semble incomplète : les chiffres que nous obtiendrons ne sont que comparatifs, et rien ne permet d'affirmer que les comparaisons faites à la température de 100° puissent être maintenue à 1000 ou 1200°. Aussi était-il nécessaire, avant de formuler aucune loi pratique, de nous assurer que, dans les conditions ordinaires de l'industrie, cette extrapolation est possible, qu'en un mot les lois et conclusions déduites de la connaissance des coefficients de dilatation à 100° et étendues à des températures très supérieures se trouvent d'accord avec les résultats

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'expérience industrielle connus. Il fallait vérifier par une étude empirique des pâtes et couvertes industrielles la valeur de la méthode simplifiée dont nous faisions usage.

Cette critique de la méthode nous a été rendue possible par une collection très complète de pâtes et couvertes que nous a donnée M. Boulenger, et nous avons trouvé, on le verra, un accord si remarquable entre nos prévisions de laboratoire et les données de l'industrie, que nous ne craignons pas d'affirmer que la méthode des anneaux limitée à 100° peut donner des indications suffisamment exactes et rendre à l'industrie tous les services qu'on en peut attendre au point de vue de l'étude et de la correction de la tressaillure.

§ 3. — Description de l'appareil à dilatations de Fizeau modifié par M. Le Chatelier.

Le dessin que nous donnons ci-contre représente l'appareil qui a servi à toutes nos mesures, le premier qui ait été construit pour réaliser la méthode Fizeau simplifiée (1).

La fig. 2 donne le schéma de l'appareil :

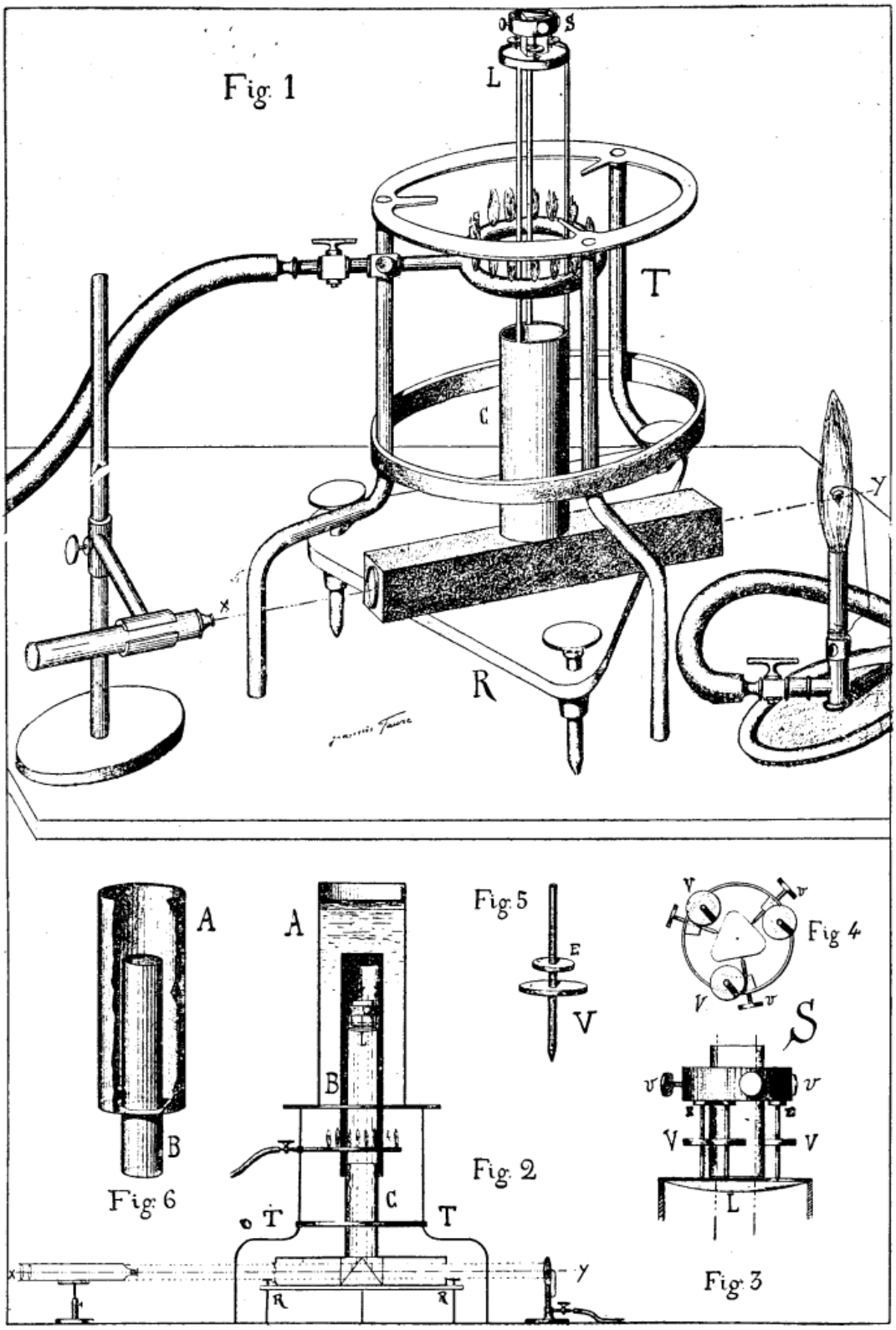
Le prisme et son support, placés sur la lentille biconvexe L et dans les conditions voulues pour pouvoir donner naissance aux anneaux de Newton en lumière monochromatique, sont posés au sommet d'un support cylindrique creux et évidé C; la lentille est maintenue par une armature métallique. La face polie du prisme et la lentille sont éclairées au-dessous par un faisceau de lumière jaune émanant d'un brûleur Bunsen et réfléchi par un prisme à réflexion totale.

Un second prisme à réflexion totale renvoie de même le faisceau lumineux portant image virtuelle des anneaux de façon que cette image puisse être examinée avec un microscope à axe horizontal. On voit ainsi distinctement les anneaux pourvu que la flamme soit bien éclairante, ce qu'on obtient en plaçant un fragment de carbonate de soude porté par un fil de platine en spirale dans la partie la plus chaude de la flamme (en y, fig. 1). L'ensemble du système : lentille L, support évidé C, prismes à réflexion totale, est porté sur un plateau horizontal muni de trois vis calantes au moyen desquelles on peut assurer la verticalité du support C et, par suite, de l'axe de dilatation du trépied S.

Un manchon cylindrique fermé en son sommet et formant une chaudière annulaire A est construit de telle sorte qu'il puisse coiffer la partie supérieure du support évidé C, entourant complètement le prisme et la lentille et descendant bien au-dessous. Il entre à frottement doux sur ce tube, ne laissant qu'un étroit orifice de sortie à la cage d'air où est logé le trépied S, et vient reposer

(1) Depuis le commencement de nos essais l'appareil a été perfectionné par M. Le Chatelier. Il est construit par Pellin : il a été présenté à la Société de physique le 5 février 1897.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sur un grand support à trois pieds T. Une couronne à gaz circulaire fixée au grand trépied permet de chauffer la chaudière.

Dans ce dispositif d'une chambre à air formant dôme renversé avec étroit orifice d'échappement à la partie inférieure, on n'a aucun courant d'air à craindre; lorsqu'on chauffe la chaudière qui en forme les parois, l'air chaud tend à monter au sommet, chassant en dessous l'air plus froid, et, au bout d'un temps suffisant, l'équilibre entre la chaudière et l'air s'établit d'une façon certaine.

La forme spéciale de cette chaudière et l'agencement des deux prismes à réflexion totale sont les deux points importants ou, si l'on veut, les idées originales de l'appareil; nous n'insisterons pas sur les autres dispositions (microscope, lampe à flamme sodique, etc.) qui sont sujettes à modification et dont la plupart ont été transformées dans l'appareil nouveau de Pellin : ces dispositions ne nous ont été, le plus souvent, dictées que par la nécessité de nous tirer d'affaire en faisant usage du matériel existant dans notre laboratoire.

Seul le trépied, dont nous n'avons encore indiqué que le principe, exige une description détaillée; la forme actuelle, à laquelle on n'est arrivé qu'après plusieurs tâtonnements, paraît en effet répondre à toutes les exigences du problème et être la forme définitive : il peut être construit en fer comme celui qui nous a servi; mais, en raison de la délicatesse des organes qui le composent, il est préférable de l'avoir en platine pour éviter toute oxydation (1).

Ce support doit réaliser les conditions suivantes :

1° Établir une liaison invariable entre le prisme et le support suivant un plan perpendiculaire à la dilatation qu'on veut mesurer;

2° Laisser aux deux corps composant le prisme et le support une indépendance absolue, suivant l'axe de dilatation ;

3° Permettre de mesurer exactement la hauteur du prisme en expérience, c'est-à-dire la longueur suivant laquelle sera mesurée la différence d'allongement des deux substances.

La rigidité de la suspension suivant un plan horizontal est assurée par un cercle horizontal en acier mince, flexible, formant ressort (fig. 4). Sur ce cercle sont fixés trois petits blocs équidistants, portant trois vis horizontales V, dirigées suivant des rayons et effilées en pointes très aiguës et trempées. Lorsque le prisme est placé entre les trois vis (fig. 4) à la hauteur convenable, on les serre assez pour mettre le cercle en tension. Dans ces conditions, la déformation de ce ressort d'acier peut être suffisante pour que, sous l'influence de la chaleur, les dilatations horizontales du prisme et du support ne fassent que modifier la pression des vis, sans jamais l'annuler; par suite, les pointes des vis ne bougeront pas et les points de suspension seront bien invariables.

(1) Le support en fer doit être conservé dans la chaux vive et y être remis dès qu'une expérience est terminée.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La liberté de dilatation verticale de la matière en expérience au-dessous du plan de suspension est évidemment assurée par ce dispositif, puisque le prisme n'est maintenu que par trois points, et il en est de même du métal formant le support, puisque les trois tiges formant les pieds ne présentent, au-dessous du cercle de suspension, aucune liaison horizontale ; elles sont simplement encastrées dans les trois petits blocs où leur tête filetée vient se loger dans un écrou.

Il reste à vérifier que la hauteur du prisme est exactement mesurable, ainsi que la hauteur du support, et qu'il n'y a pas, au cours de l'expérience, de cause d'erreurs résultant de la dilatation horizontale altérant ces données. Les trois tiges filetées (V. fig. 5) sont rigoureusement égales et de longueur telle que, lorsqu'elles occupent leur position normale dans les blocs où elles s'encastrent, la hauteur du plan de suspension formée par l'axe des vis horizontales V au-dessus du plan de base soit de 20 millim. ; la position normale est d'ailleurs assurée lorsque les têtes des tiges filetées affleurent exactement la surface supérieure des blocs, ce qu'il est facile de constater, toutes les surfaces étant bien polies.

Lorsque le prisme est en place, saisi par les vis V, la base polie tangente à la lentille, la partie libre, sur laquelle on observe la dilatation, a la même hauteur que le support, soit 20 millim., pourvu que le rayon de courbure de la lentille soit assez grand, pour que la sphère et le plan tangent puissent être confondus. Si la lentille a un faible rayon, il faut tenir compte de la flèche et diminuer d'autant la hauteur du prisme, c'est une correction constante pour toutes les mesures. Dans l'un et l'autre cas il n'y a pas à tenir compte de la dilatation horizontale du support : celle-ci a bien pour effet de déplacer les pieds qui glissent sur la lentille, mais le déplacement vertical qui en résulte est une différence de cosinus de deux angles très petits, c'est un infiniment petit du second ordre tout à fait négligeable.

Le support est complété par des contre-écrous, vissés sur chaque tige, qui en assurent la fixité après réglage du prisme.

§ 4. — Marche des opérations et conduite de l'expérience de mesure d'une dilatation.

1° *Préparation de l'échantillon.* — Lorsqu'on a obtenu la matière à essayer sous forme d'un prisme ou cylindre plus ou moins régulier, mais d'une longueur d'au moins 2 centim. et demi, par une des méthodes que nous avons indiquées, la préparation qui reste à faire en vue de la mesure de dilatation comprend le façonnage des côtés et le polissage d'une face réfléchissante à la base inférieure du prisme.

Le façonnage des côtés ne présente aucune difficulté, et, le plus souvent, les prismes ou cylindres, tels qu'ils sortent des moules, avec leurs faces irrégulières,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

peuvent néanmoins se fixer entre les vis du support ; si l'on éprouve quelque difficulté à éviter le glissement de ces vis, il suffit de tailler à la meule les faces, en se rapprochant le plus possible d'une section équilatérale, de façon que les vis s'insèrent normalement aux faces.

Dans nos expériences sur les pâtes, nous n'avons jamais eu à retoucher les échantillons tels que les industriels nous les ont livrés. Pour les couvertes, au contraire, l'emploi des bougies Chamberland nous a donné des cylindres à base circulaire dont le diamètre était supérieur à l'écartement des vis du support. Aussi, avons-nous dû y pratiquer trois faces à 60° en entamant les cylindres de plusieurs millimètres. Cette préparation, qui nous a souvent demandé beaucoup de temps, avait l'avantage de faire disparaître la croûte enveloppant les prismes et de donner des prismes triangulaires à faces bien planes, se prêtant très bien aux mesures (1).

Le polissage de la face inférieure est simple lorsqu'on a affaire à une matière vitrifiée ou vitreuse, les couvertes, émaux ou porcelaines dures. Dans notre méthode simplifiée, il n'est pas en effet indispensable d'avoir un plan rigoureux, quelques inégalités ne nuisent pas, pourvu que l'on ait une formation nette de figures concentriques, circulaires ou non, où l'on puisse repérer à coup sûr, soit un centre d'extinction, soit un point spécial d'un des anneaux. Nous avons poli plusieurs échantillons à l'émeri et au rouge d'Angleterre, soit au moyen d'une meule, soit sur une glace, avec des papiers et à la main.

La seule difficulté est de composer une surface réfléchissante à un corps qui n'est pas susceptible de poli comme toutes les pâtes de faïence et beaucoup de pâtes de porcelaine ; nous avons eu recours à plusieurs moyens.

On peut coller sur la face bien dressée une petite lame de verre de préparations microscopiques, au moyen du bitume de Judée qui résiste bien à la température de 100° : la dilatation du verre est connue et il est facile d'en tenir compte, mais il y a toujours un peu d'incertitude sur l'épaisseur de la couche de bitume de Judée, et si cette épaisseur n'est pas égale, il peut y avoir inclinaison de la lame de verre par rapport au plan du prisme, d'où un déplacement des anneaux et une erreur de mesure.

Il est préférable de poser à la surface du prisme une couche d'émail fondant

(1) Nous ne croyons pas utile de décrire ici l'outillage qui nous a servi, soit à tailler les faces des prismes, soit à polir la base, bien que nous ayons nous-mêmes préparé beaucoup d'échantillons. Ces méthodes sont en effet devenues courantes dans les laboratoires depuis que la préparation des roches polies et des plaques minces est devenue indispensable aux études géologiques et minéralogiques. Plusieurs de nos échantillons ont été taillés et polis par M. Pellin, un très grand nombre par le préparateur de minéralogie de l'École des mines.

Pour les échantillons que nous avons polis, nous nous sommes très bien trouvés de l'emploi d'une meule horizontale rotative à vitesse très rapide montée sur l'appareil employé par M. Osmond pour le polissage des métaux destinés aux études de métallographie microscopique.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à une température inférieure à celle de cuisson de la pâte à expérimenter. De tels émaux ne sont pas faciles à trouver pour les pâtes cuisant à très basse température, car les borates ou phosphates sont souvent peu adhérents ou se dévitrifient facilement; c'est ce qui nous a fait recourir à la méthode précédente. Mais pour toutes les pâtes de Choisy-le-Roi, M. Boulenger nous a livré les prismes tout émaillés à leur base à l'aide d'un de ses émaux les plus fusibles, et lorsqu'on peut y réussir c'est le moyen le meilleur. Après émaillage, il n'est pas, en général, besoin de polir, car l'émail a un poli suffisant; le seul inconvénient consiste en ce que la surface émaillée étant arrondie, on obtient des anneaux extrêmement petits, d'une observation difficile. Mais on a toujours la ressource de les polir.

Quant à la cause d'erreur résultant de la différence de dilatation de la pâte et de la mince couche de couverte qu'on y appose, elle est tout à fait négligeable ou du moins comparable d'une pâte à l'autre.

2° *Réglage de l'appareil.* — On commence par assurer la verticalité du support évidé, en rendant horizontal le plateau de l'appareil par le moyen des vis calantes : on est ainsi sûr d'une incidence normale des rayons lumineux sur la lentille et la base polie du prisme.

Puis, après avoir allumé le Bunsen et chargé la spirale de platine plongée dans la flamme de carbonate de soude fondu qui la rend très éclairante, on place cette source de lumière au foyer principal de la lentille L, position qui correspond à un éclairage uniforme de toute la lentille.

On règle enfin la position du microscope; il suffit, pour cela, de poser sur la lentille un objet bien poli et plan donnant les anneaux de Newton, et l'on déplace le microscope jusqu'à ce qu'on voie distinctement les anneaux. Ce réglage, qui nous a souvent donné beaucoup de peine avec notre installation rudimentaire, est fort simplifié dans le nouveau dilatamètre de M. Le Chatelier; il n'y a pas lieu d'y insister.

Dans tous les cas, l'appareil étant réglé, il faut le déranger le moins possible et l'installer dans un coin sombre du laboratoire.

Il est d'ailleurs bon de vérifier de temps en temps qu'une cause de perturbation qui aurait échappé ne vienne pas fausser les résultats en faisant une mesure de dilatation sur un corps connu. Nous avons donc fréquemment repris la dilatation d'un prisme de quartz; c'est un contrôle expérimental qui vaut mieux que le meilleur réglage.

3° *Marche d'une expérience.* — La partie la plus délicate de l'expérience est le placement du prisme dans le support; il faut un certain temps pour arriver à le bien fixer, et les détails que nous allons donner ont pour but de faciliter à d'autres cet apprentissage.

On commence par desserrer les trois contre-écrous des pieds du support, et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'on amène les têtes de ces tiges filetées à affleurer exactement aux plans supérieurs des blocs. On desserre ensuite les vis de pression horizontales v et l'on place le support ainsi préparé sur une glace plane. On glisse alors le prisme en expérience entre les trois pointes des vis horizontales, la face polie reposant sur la glace. Puis tenant le support entre le pouce et le troisième doigt de la main gauche et appuyant avec l'index sur la tête du prisme pour le maintenir contre la glace, on serre les trois vis de pression avec la main droite. La face polie du prisme est alors exactement sur le plan de base du support. Ceci fait, on retourne le support sens dessus dessous et on le place sur un appui reposant sur le cercle d'acier et les blocs; cet appui doit être évidé pour loger la tête du prisme qui dépasse toujours le plan des blocs et il est commode de se servir d'un tube porté par un pied, d'un mortier d'Abesch, par exemple. On applique alors sur le plan poli du prisme une lentille dont le rayon de courbure soit un peu inférieur à celui de la lentille de l'appareil : on doit alors voir apparaître des anneaux colorés, en lumière blanche, par réflexion. On tourne deux des tiges filetées du support, de façon à incliner un peu le prisme et à faire disparaître les anneaux. Cette disparition donne l'assurance que le plan et la lentille ne sont plus tangents l'un à l'autre, — condition indispensable à la mesure de dilatation, du moins dans le cas où la dilatation du corps en essai est supérieure à celle du métal du support, — et qu'il existe un peu de jeu pour l'allongement éventuel du prisme, ce que l'on constate aisément en appuyant légèrement sur la tête du prisme. Si la mise en place est bonne, on verra alors passer un grand nombre d'anneaux s'éloignant du centre.

La différence de rayons de courbure de la lentille de réglage et de la lentille de l'appareil a pour but d'accroître ce jeu, et il est clair qu'on pourra toujours la prendre suffisante pour que la dilatation du prisme se fasse librement, sans ramener le contact ; on peut même, si cela est nécessaire remplacer la lentille de l'appareil par une lentille plan-convexe ou concave en dessus (1).

Le prisme étant fixé, sa base inférieure à une très petite distance du plan de base, si, plaçant le système sur la lentille de l'appareil, on l'examine à la flamme sodique, les anneaux qui ont disparu en lumière blanche, se montrent de nouveau en lumière monochromatique ; l'expérience est prête. On s'assure donc que les anneaux sont bien visibles au microscope, puis on coiffe le support de la chaudière munie d'un thermomètre, et on l'abandonne le temps nécessaire pour que l'équilibre de température s'établisse dans toutes ses parties (2).

(1) La différence de courbure des lentilles implique une correction de la longueur du prisme nous en avons tenu compte dans nos mesures et le calcul de tous les chiffres qui suivront.

(2) Il y a toujours changement de température et déplacement des anneaux au moment où l'on met la chaudière; l'échauffement par les mains de l'opérateur suffit à le provoquer. Mais si, — ce qui est presque nécessaire — la chaudière est à la température ambiante, l'équilibre se rétablit vite et les anneaux au bout d'un quart d'heure reprennent leur place primitive.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On note alors la température du bain, puis on observe la nature du centre des anneaux, centre blanc ou centre noir ainsi que sa forme approximative si les anneaux ne sont pas réguliers, enfin on note l'heure, et on allume la rampe à gaz circulaire. On suit alors soigneusement le mouvement des anneaux.

Le support étant plus près que le prisme de la paroi de la chaudière s'échauffe le premier, et il s'ensuit que le plus souvent le prisme commencera par s'éloigner de la lentille et que les anneaux se rapprocheront du centre : si le coefficient du prisme est moindre que celui du support, ce mouvement se continuera ; s'il est plus grand il y aura au contraire rétrogradation des anneaux. Dans l'un et l'autre cas la marche des anneaux doit être suivie avec grand soin au début de l'expérience, car la vitesse de passage des anneaux est variable. Au bout de quelque temps, le phénomène se régularise, l'extinction ou l'apparition des cercles noirs se fait à intervalles de temps égaux, de sorte qu'en notant les heures on se met à l'abri d'une distraction qui pourrait faire compter une onde de trop ou de moins. Bientôt l'eau se met à bouillir, mais les anneaux continuent de passer jusqu'à équilibre entre la chambre à air et la chaudière, ce qui demande environ trois quarts d'heure. Lorsque, pendant un quart d'heure, les anneaux n'ont pas bougé, l'opération est terminée.

4° *Calcul du coefficient de dilatation.* — Soient :

λ la demi-longueur d'onde de la lumière monochromatique du sodium exprimée en mètres, on sait que $\lambda = 0^{14}000\,000\,2944 = \overline{10}^{10}2944$;

t_0, la température initiale du bain et du support : dans nos expériences cette température a oscillé entre 12° et 22° ;

t, la température finale qui, dans notre appareil, est celle de l'ébullition de l'eau ; elle ne varie qu'avec la pression barométrique et peut être mesurée soit par un thermomètre à mercure, soit au baromètre ;

δ, le coefficient de dilatation moyen du support entre t_0 et t ;

x, le coefficient de dilatation cherché du prisme entre les mêmes températures.

Ces deux coefficients sont variables avec les températures t_0 et t ; mais, en raison des très faibles écarts qu'ont présentés nos expériences, nous admettrons que ces variations sont négligeables et que, quels que soient t_0 et t, les coefficients dont il sera question dans toutes nos expériences sont les coefficients moyens entre 15° et 100° ; dans ces conditions, la seule donnée nécessaire à la mesure d'une dilatation est la différence $t - t_0 = \theta$, des températures initiale et finale ;

f, le nombre de franges observées ; comme on peut apprécier le 1/4 de frange f peut être un nombre fractionnaire ;

l, la longueur utile du prisme au-dessous du plan de suspension : cette lon-

Dans ce cas, le sens du mouvement indique déjà avant toute mesure si le corps se dilate plus ou moins que le support.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

gueur est de 2 centimètres ou, en mètres, $\overline{10}^2 2$, sauf correction, lorsque la lentille de réglage est trop convexe : négligeable dans nos expériences.

Exprimons que le déplacement $f\lambda$ de la base du prisme et de la lentille est égal à la différence des allongements du prisme et du support

$$\pm f\lambda = [t - t_0]l\,(x - \delta); \qquad (1)$$

dans cette formule, nous prendrons le signe + quand la dilatation du corps est plus grande que celle du support, c'est-à-dire quand les anneaux s'éloignent du centre, le signe — dans le cas contraire.

On aura donc le coefficient cherché par la formule :

$$x = \delta \pm \frac{f\lambda}{0l} \qquad (2)$$

ou, en mettant les valeurs numériques

$$x = \delta \mp \frac{f}{\theta}\, 10^{-8}\, 1472 \qquad (3)$$

La formule (3) implique la connaissance exacte de la *dilatation du support;* aussi ne suffit-il pas de connaître le coefficient de dilatation du métal qui le constitue; pour éliminer toute cause d'erreur, il est préférable de faire une mesure directe, par une expérience préliminaire portant sur un prisme de quartz taillé suivant l'axe de dilatation connue. La même équation (1) servira à faire le calcul; mais c'est alors δ qui est l'inconnue, x étant la dilatation moyenne du quartz entre 15° et 100°. D'après les travaux de M. Benoît, cette dilatation s'exprime par la formule :

dilatation du quart $= x = 10^{-9}\,(7111 + 8\,56\,(t_0 - t^c)$

d'où l'on tire, en portant dans l'équation (1)

$$\delta = 10^{-9}\left[7111 + 8{,}56\,(t_0 + t) + \frac{14720\,f}{t - t_0}\right]$$

Plusieurs expériences faites par M. Chatenet et M. Grenet pour contrôler la valeur de δ nous ayant donné les chiffres suivants

11121, 11056, 11089, 11121

nous avons adopté 11'100 comme valeur de v.

La formule numérique définitive donnant la dilatation moyenne d'un corps entre 15° et 100° est donc :

$$x = 10^{-9}\left[1110 \pm \frac{f}{\theta}\, 14720\right]$$

$$\frac{x}{100\,000\,000} = 1110 \pm \frac{f}{\theta}\, 1472.$$

C'est celle qui nous a servi à tous nos calculs.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

§ 5. — Résultats des expériences. Coefficients de dilatation des pâtes et couvertes industrielles.

1° *Borates et silicates fusibles.* — Nous avons commencé, avec le concours de notre collaborateur M. Chatenet, par l'étude des coefficients de quelques borates et silicates simples, choisis parmi les plus fusibles, se coulant bien : ces corps diffèrent complètement des couvertes céramiques, mais en faisant varier les proportions des éléments, nous espérions arriver à une loi simple entre la composition chimique et la dilatation, dont la formule eût pu être généralisée et servir de guide pour l'étude des couvertes industrielles.

N'ayant pu mettre cette loi en évidence, nous avons dû prendre la question sous la forme empirique, en étudiant les pâtes et couvertes industrielles, et les faisant varier dans de faibles proportions.

L'étude des borates et silicates ayant été reprise par M. Chatenet, puis, M. Grenet, il est inutile de donner ici les résultats incomplets de notre travail que la Société d'Encouragement connaît déjà par la conférence de M. Grenet (nov. 1896).

2° *Pâtes et couvertes de porcelaine.* — Notre première série d'études expérimentales a porté sur la porcelaine, ainsi qu'il était naturel. D'ailleurs, les pâtes et couvertes de porcelaine étant actuellement arrivées à un degré de perfection suffisant pour supprimer presque toujours la tressaillure et l'écaillage, il était intéressant de constater si cet accord correspondait à l'égalité des coefficients de dilatation.

Les pâtes de Sèvres ont été étudiées sur des prismes que M. Vogt a eu l'amabilité de nous fournir et qui avaient subi la cuisson ordinaire de la porcelaine au four de Sèvres : ces pâtes, présentant une vitrosité suffisante, sont susceptibles d'un beau poli donnant naissance aux anneaux.

Les pâtes de Limoges nous ont été fournies en prismes triangulaires crus, et nous avons dû les cuire au four Seger; bien que cette cuisson ait été conduite à la température même des fours de porcelaine, il y a une légère incertitude, du fait de la cuisson, qui peut influer sur le coefficient de dilatation.

Les couvertes ont été fondues dans des bougies et taillées en prismes équilatéraux.

Les résultats ont été les suivants :

Porcelaine dure de Sèvres.	10^{-8} 334
— nouvelle de Sèvres.	— 523
— de Limoges (*a*).	— 326
— de Limoges (*b*).	— 382
Couverte nouvelle de Sèvres	— 514
— de Limoges (*a*).	— 526
— — (*b*).	— 523
— — (*c*).	— 534

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ces résultats montrent d'abord les qualités remarquables de la porcelaine nouvelle de Sèvres dont l'émail et la pâte ont des coefficients tellement voisins que la tressaillure ne saurait s'y produire. Les porcelaines de Limoges présentent un accord moins parfait, et, si les couvertes très voisines les unes des autres, sont analogues par leur dilatation à la couverte nouvelle, les pâtes s'écartent beaucoup de celle de Sèvres. Remarquons en outre que les pâtes de Limoges se dilatent moins que les couvertes, c'est-à-dire qu'il y a tendance à la tressaillure, tandis que la porcelaine nouvelle tendrait à écailler. C'est peut-être un avantage en faveur de cette dernière, les verres résistant mieux à la compression qu'à la traction.

3° *Pâtes et couvertes de faïence.* — Nous avons pu, grâce à l'intérêt que M. H. Boulenger a témoigné à nos recherches, faire une étude expérimentale complète de pâtes et couvertes de faïence, et cette étude a été pour nous la véritable sanction pratique de notre travail.

Nous en avons en effet examiné les résultats avec M. Boulenger, et cette épreuve a montré que toutes les couvertes qui, d'après les mesures de laboratoire, devaient s'associer le mieux à une pâte donnée sont aussi celles qui donnent les meilleurs résultats industriels; de même toutes les prévisions de tressaillure et d'écaillage, faites d'après les mesures, se sont trouvées vérifiées par la pratique.

a) *Pâtes de faïence.*

Sept échantillons de pâte nous ont été fournis, émaillés sur une base par une mince couche de couverte, avec l'indication des mélanges de matières premières. Ayant fait faire à l'École des mines les analyses des matières premières (1), nous avons pu calculer les compositions chimiques et les rapprocher des dilatations. Il n'y a pas, à vrai dire, très grand compte à tenir de la composition élémentaire des pâtes, attendu que la nature physique des composants, l'état de la silice et la finesse du grain ont une influence certaine sur la dilatation; il ne faut donc pas attacher au tableau ci-joint plus d'importance qu'il ne convient. Cependant, quand deux pâtes sont composées des mêmes matières premières en proportions différentes, on peut tirer de la composition chimique une indication utile; on pourra, du moins, déduire de la comparaison des dilatations le moyen de modifier le coefficient dans un sens ou dans l'autre; c'est pour ce motif que nous pensons utile de reproduire nos résultats.

On voit bien, par ce tableau, le peu d'importance de la composition chimique, puisque les pâtes B et F qui, analytiquement, sont très voisines, ont des coefficients très différents, l'une étant à plus gros grains, beaucoup plus riche en quartz que l'autre.

Un second point non moins remarquable est l'amplitude des variations du

(1) Ces analyses ont été faites au Bureau d'essai de l'École des mines, grâce à la bienveillance de M. Carnot.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

coefficient de dilatation qui passe du simple au double, de la pâte A à la pâte G. On conçoit, par là, la difficulté de l'accord entre les pâtes et couvertes dans une fabrication comportant des matières aussi dissemblables. Il n'est pas surprenant que l'industrie de la faïence ait peine à s'affranchir de la tressaillure et de l'écaillage, et l'on voit le profit qu'elle pourrait tirer d'une exacte connaissance de ses pâtes au point de vue des dilatations.

Tableau des compositions chimiques et des dilatations des pâtes de Choisy-le-Roi.

	A	B	C	D	E	F	G
SiO^2.	68,4	70	69,52	67,65	76,45	71,27	75,02
Al^2O^3.	27,7	26,21	26,56	27,74	18,9	25,24	23,4
Fe^2O^3. . . .	0,82	0,75	0,76	0,73	1,01	0,71	0,15
CaO.	0,3	0,54	0,51	0,63	0,93	0,72	0,61
Ko.	1,37	1,45	1,34	1,38	0,97	1,74	»
NaO.	1,03	0,88	0,87	0,97	1,35	0,81	0,89
	99,62	99,83	99,56	99,10	99,61	100,49	100,07
Coefficient de dilatation $\times 10^9$.	4158	5212	5263	5281	6468	6578	9047

Au point de vue chimique, le seul fait qui se dégage du tableau ci-dessus, c'est que la dilatation semble augmenter quand la teneur en silice augmente et que la proportion d'alumine diminue : cela est vrai; du moins, pour des pâtes ayant même finesse de grains, mêmes matières premières, ce qui n'a pas lieu pour la pâte D, dont les grains sont beaucoup plus gros.

b) *Émaux.*

Nous avons essayé dix-neuf émaux en usage à Choisy-le-Roi, dont M. Boulenger nous a indiqué les mélanges en matières premières, ce qui nous a permis de calculer la composition chimique. Ils ont été fondus dans des filtres Chamberland et taillés.

Pour les matières vitrifiées comme les émaux, la relation est beaucoup plus étroite entre la composition chimique et la dilatation, mais cette composition est tellement complexe, contenant jusqu'à huit corps différents, qu'il est impossible de dégager de la combinaison des chiffres d'analyse aucune loi générale concernant le rôle spécial d'un élément. Les analyses n'ont d'intérêt, au point de vue spécial de notre étude, que pour l'usine qui emploie ces émaux; on nous permettra donc de ne pas les publier ici, nous bornant à dégager les résultats généraux se déduisant de nos mesures

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Coefficients de dilatation entre 15° et 100° des émaux de faïence de Choisy-le-Roi.

1.	Émail blanc	10^{-8} 665
2.	Émaux colorés	— 600
3.	Émaux à base	— 535
4.	D'émail blanc	— 546
5.	— n° 1	— 581
6.	Base de l'émail 7	— 637
7.	Émail	— 579
8.	Base des émaux 9, 10	— 614
9.	Émail coloré	— 608
10.	Émail coloré	— 593
11.	Émail coloré	— 551
12.	Bases de l'émail (13)	— 702
13.	Émail	— 608
14.	Émail	— 619
15.	Émail	— 628
16.	Émail blanc	— 969
17.	Émail coloré à bases d'émail 16	— 724
18.	Émail (2) + 5 p. 100. Phosphate de chaux	— 622
19.	Émail (2) + 10 p. 100. Phosphate de chaux	— 655

Ici encore, comme pour les pâtes, le fait le plus saillant est l'amplitude des variations des coefficients de dilatation, même pour des émaux qui, comme les émaux 2,3,4,5, sont destinés à une même pâte. Il n'est pas très surprenant, dans ces conditions, que beaucoup de faïences soient encore sujettes à la tressaillure et que cet accident s'y manifeste souvent bien longtemps après la fabrication ; la couverte y est en trop forte tension.

Les coefficients de dilatation des couvertes sont généralement plus élevés que ceux des pâtes, c'est-à-dire qu'il y a tendance à tressaillure. En faïence, peut-être en raison du peu d'adhérence de la pâte et de la couverte, l'écaillage est plus redoutable qu'en porcelaine ; il est donc naturel que par expérience on soit arrivé à des couvertes tendant à tressailler.

Remarquons, en fin du tableau, les émaux phosphatés 18 et 19, montrant l'intérêt que peut présenter l'acide phosphorique. Les faïenciers anglais font un usage presque constant d'émaux phosphatés et les quelques essais que nous avons faits sur cet acide qui, on le sait, donne des verres bien fusibles, montrent le parti qu'on en peut tirer pour accroître régulièrement et à volonté le coefficient de dilatation d'un émail de faïence.

Et si, maintenant, nous rapprochons les deux tableaux de dilatation des pâtes et des couvertes, nous constatons : que la série des émaux 2, 3, 4, 5 est celle qui devrait le mieux s'accorder avec les pâtes BCD ; c'est aussi celle qui est appliquée à Choisy-le-Roi ; que l'émail 17 ne saurait convenir qu'à la pâte F, et que l'émail 16, celui qui a le coefficient de dilatation le plus élevé, doit tressailler

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

avec toutes les pâtes, sauf peut-être la pâte G. Toutes ces prévisions de laboratoire se sont trouvées exactement confirmées par l'expérience industrielle, et s'il existe encore, entre certaines pâtes et couvertes s'accordant industriellement, des écarts de dilatation dont l'amplitude nous a un peu surpris, ne s'expliquant que par une grande élasticité de la couverte, du moins n'avons-nous trouvé aucune contradiction entre les résultats théoriques et les résultats pratiques. Et nous avons, joignant à nos observations une autorité industrielle, acquis la certitude que la connaissance de la dilatation entre 15° et 100° suffit, dans la plupart des cas, à expliquer les défauts de tressaillure.

c) Pâtes et couvertes de M. Parrillée.

Les pâtes que M. Parvillée nous a données sont remarquables par leurs coefficients de dilatation très élevés et par la forte teneur en alcalis des émaux plombifères qu'on y applique.

Pâte Parvillée	10^{-8} 848
Émail plombifère alcalin	— 905
— plus alcalin	— 919
— très alcalin	— 945

Il y a ici une loi très nette d'accroissement de la dilatation avec la teneur en fondant alcalin. D'ailleurs, ces pâtes et couvertes sont très voisines ; elles ont été bien étudiées au point de vue de la tressaillure.

Si l'on ajoute que, pour combattre les variations résultant des différences de température de cuisson, M. Parvillée contrôle toutes les cuissons par un pyromètre Le Chatelier enregistreur, on comprendra qu'il puisse, avec des pâtes très dilatables, éviter complètement le craquelé. Le fait est assez remarquable pour que nous le signalions.

3° *Moyens de corriger les couvertes de porcelaine.* — Ayant la sanction pratique de notre méthode, nous devions pousser plus loin l'étude spéciale des porcelaines, et étudier les moyens de corriger une couverte de porcelaine défectueuse.

Deux questions devaient préalablement être élucidées : 1° l'influence de la couche intermédiaire qui peut se former au contact de la couverte et de la pâte: 2° l'influence de la température de cuisson de la pâte sur sa dilatation.

La zone intermédiaire résultant de la dissolution partielle de la pâte par la couverte a-t-elle une importance? Intervient-elle dans les accidents de tressaillure, comme le pensent beaucoup de céramistes? Nous ne le croyons pas.

Pour s'en assurer, il suffit de faire à la couverte des additions croissantes de pâte, de les cuire à la température des fours de porcelaine, et de vérifier que les dilatations des mélanges ainsi obtenus sont sensiblement les moyennes des dilatations de la pâte et de la couverte. S'il en est ainsi, en effet, on pourra

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

admettre que, s'il y a accord entre la pâte et la couverte, l'accord subsistera entre les couches intermédiaires. L'expérience faite sur la pâte nouvelle de Sèvres nous a donné les chiffres suivants :

Pâte nouvelle.	10^{-8} 523
Couverte mêlée de 15 p. 100 de pâte.	— 519
Couverte nouvelle.	— 514

ce qui confirmait nos prévisions pour le cas particulier de la porcelaine.

L'influence de la température est une question de beaucoup plus d'importance.

Déjà notre attention avait été attirée sur cette influence de la cuisson par l'étude des pâtes de faïence de Choisy-le-Roi qui, cuites au four à biscuit à l'usine même ou cuites en grès dans le four Seger, nous avaient donné des résultats fort différents. Il est d'ailleurs évident que cette influence de la température est d'autant plus grande qu'une substance est plus éloignée de la forme vitreuse, et qu'elle doit être plus sensible sur les terres cuites et faïences que sur la porcelaine translucide; mais nos essais nous ont montré que, dans aucune industrie céramique, elle n'est négligeable et, par conséquent, que la surveillance de la température de cuisson est une condition indispensable d'une fabrication régulière. Le fait est bien connu, puisque les montres fusibles ont été en usage dans les fours céramiques bien avant que les méthodes pyrométriques fussent connues : il était intéressant d'en apprécier l'importance.

Cuisson des pâtes de faïence à différentes températures.

	A	B	C	E	G
Cuisson au four à biscuit. .	455	521	526	646	904
Cuisson à 1500° au four Seger.	374	391	329	512	887

L'influence de la température est, on le voit, très grande pour les pâtes de faïence.

Elle est très sensible pour la porcelaine, ainsi qu'il résulte du tableau suivant :

Porcelaine nouvelle cuite à Sèvres à	1300° = 523
— —	1400° = 501
— au four Seger.	1500° = 299

On voit que si, dans le voisinage de la température de cuisson, la variation n'est pas très grande, elle devient, en chauffant davantage, suffisante pour ramener la porcelaine nouvelle à avoir le même coefficient que la porcelaine dure. Ici

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

comme en faïence, l'élévation de température abaisse le coefficient de dilatation.

Il résulte de ce qui précède que, si l'on veut corriger un défaut de porcelaine par une modification de couverte, il faut d'abord s'assurer que la cuisson de la pâte est faite à température constante. Cette condition étant remplie, il peut être intéressant de connaître le moyen de modifier la dilatation et le sens dans lequel une addition donnée agira. Nous avons fait, à un poids donné de couverte nouvelle (30 gr.) une addition constante de 2 grammes, soit 6,6 p. 100 des corps et oxydes les plus usités en céramique; c'est une étude tout empirique, qui ne tient aucun compte des poids atomiques des corps ajoutés.

Couverte nouvelle de Sèvres	10^{-8}	514
Addition de silice	—	523
— d'acide borique	—	495
— d'acide titanique	—	571
— soude	—	661
— lithine	—	694
— baryte	—	610
— chaux	—	557
— alumine	—	509
— fer	—	514
— oxyde de chrome	—	636
— litharge	—	551
— oxyde de zinc	—	528
— oxyde de cobalt	—	518
— oxyde de cuivre (en réducteur)	—	524
— oxyde de cuivre (en oxydant)	—	462
— phosphate de chaux	—	546
— fluorine	—	596
— amblygonite	—	545

On voit, par ce tableau, qu'en dehors de l'acide borique, dont les propriétés sont utilisées d'une façon régulière pour les couvertes de faïence, et de l'oxyde de cuivre au feu d'oxydation, tous les corps ont tendance à accroître le coefficient de dilatation de la couverte. L'alumine est à peu près sans action lorsqu'il s'agit, du moins, de faibles additions à la couverte nouvelle de Sèvres. Ce sont les alcalis, et en général les corps qui augmentent le plus la fusibilité des silicates, qui modifient le plus le coefficient de dilatation. Cette observation nous paraît intéressante, surtout si on la rapproche du résultat de la cuisson des pâtes à des températures croissantes, car elle rend compte de la difficulté de l'accord des pâtes et couvertes de porcelaine, et explique parfaitement la longue série de tâtonnements qu'il a fallu, pour résoudre ce problème fondamental de la fabrication.

Les pâtes de Limoges ont en effet un coefficient de dilatation sensiblement inférieur à celui des couvertes, et la différence devait être beaucoup plus grande avant les progrès de l'industrie. La solution de la question consistait donc à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

abaisser la dilatation des couvertes, c'est-à-dire, d'après le tableau précédent, à diminuer leur teneur en fondants calcaires ou alcalins. Une telle correction a pour effet de diminuer leur fusibilité et d'exiger par conséquent une cuisson à température plus élevée. Or, cette élévation du degré de cuisson diminue aussi le coefficient de dilatation de la pâte. Il y a là deux effets qui se contrarient et qui, s'ils étaient égaux, rendraient toute solution impossible. Fort heureusement, ils ne le sont pas, et la meilleure preuve est dans le fait que l'on a pu, par une série de tâtonnements, arriver à un accord ne laissant rien à désirer, du moins pour la porcelaine de Sèvres. Mais il paraît probable qu'il existe peu de combinaisons réalisant cet accord.

Aussi, ne craignons-nous pas d'affirmer que, pour l'industrie de la porcelaine, la meilleure solution du problème de la tressaillure consiste à étudier la question sous la forme empirique industrielle, à choisir les pâtes et couvertes qui, comme celles de Sèvres, réalisent une très bonne fabrication, sans déchet, et à préciser scientifiquement toutes les données pratiques : *dilatation de la pâte, dilatation de la couverte, température de cuisson.*

Si ces trois éléments sont maintenus rigoureusement fixes, la fabrication a toutes chances d'être bonne ; si un seul n'est pas surveillé, on s'expose à des accidents sans nombre. Le contrôle permanent des matières premières au moyen de l'appareil à dilatations pour les pâtes, par la composition chimique, jointe à la mesure de dilatation pour les couvertes, et surtout le contrôle scientifique de la cuisson nous semblent donc pouvoir rendre de grands services à la porcelaine, et s'imposeront de plus en plus.

Pour la faïence, il n'en est pas de même : les écarts énormes que nous avons constatés dans les dilatations soit des pâtes, soit des couvertes, et la trop grande fréquence des défauts de tressaillure et d'écaillage montrent que la science et la chimie appliquées peuvent y avoir un autre rôle que celui d'un simple contrôle ; elles peuvent éviter bien des écueils et diriger le progrès. On peut dire que, dans chaque usine, l'étude des dilatations est à faire. Nous savons des usines où elle est déjà commencée. Celles qui voudront suivre cet exemple ont désormais, avec l'appareil dont nous nous sommes servi, le moyen d'y réussir.

(*A suivre.*)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS MÉCANIQUES

MOTEURS A VAPEUR

ÉTUDE DU FONCTIONNEMENT DES MOTEURS A UN CYLINDRE, par **M. E. Lefer.**

(*Suite*) (1).

ÉTUDE DE LA DÉTENTE

D'après ce que nous avons exposé plus haut, nous savons, qu'à la fin de l'introduction de la vapeur dans le cylindre d'un moteur, il y a, dans ce cylindre, déposée sur les parois, de l'eau à haute température, provenant soit de la condensation de la vapeur comprimée, soit de la condensation de la vapeur arrivant de la chaudière, et produite, dans un cas comme dans l'autre, par l'élévation de la température de ces parois aux dépens de la vapeur qu'elles renferment.

Il peut également s'y trouver de l'eau provenant d'entraînements de la chaudière, ou de condensations dues aux refroidissements subis par la vapeur pendant son passage dans la tuyauterie ou dans les boîtes à tiroir du moteur.

Nous négligerons, dans ce qui va suivre, l'eau provenant de ces dernières causes pour ne nous occuper que des phénomènes relatifs à la présence de l'eau produite par l'action des parois.

Les phénomènes que nous indiquerons ne seront pas influencés par cette abstention. Les conclusions auxquelles nous arriverons seront seules à modifier dans un sens qu'il sera facile d'apprécier lorsque nous aurons exposé l'ensemble des phénomènes que nous attribuons à la présence de l'eau dans le cylindre des moteurs.

Dans le fonctionnement des moteurs à vapeur, il y a deux sortes de détente.

La première a lieu dans les moteurs dont le tiroir unique ferme progressivement l'orifice d'admission, et a pour caractère principal de ne pas commencer au point précis où s'opère la fermeture réelle de cet orifice, mais bien un peu avant, alors que la vitesse d'écoulement de la vapeur contenue dans la boîte à tiroir n'est plus suffisante, à travers l'ouverture restée libre pour pouvoir remplir le cylindre avec la même pression que celle de la chaudière au fur et à mesure que le piston recule. Il en résulte une dépression d'autant plus accentuée que les orifices d'admission sont étroits et que la vitesse du piston est grande. — Cette détente se traduit sur un diagramme par une ligne de forme arrondie et décroissante, qui raccorde la ligne de travail à pleine pression à celle de travail à détente, et on la désigne souvent sous l'appellation de « *perte par laminage* ».

La deuxième détente est celle qui a lieu dans les moteurs pourvus de distributions à plusieurs tiroirs ou soupapes à fermeture rapide.

Ces moteurs ont généralement des orifices de grande section qui permettent à la

(1) *Bulletin* de janvier 1897, p. 88.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vapeur de pénétrer dans le cylindre avec une pression presque égale à celle de la chaudière.

Par suite de la fermeture brusque et pour ainsi dire instantanée des orifices d'admission, la vapeur contenue dans le cylindre est séparée tout à coup de celle contenue dans la boîte à tiroir.

La détente réelle commence donc au point précis de la course du piston où s'est effectuée la fermeture du tiroir d'admission, et, si l'admission n'a pas été de longue durée, la pression baisse très rapidement du fait de la détente même.

Mais, alors que le diagramme n° 4, relevé sur un moteur à marche lente (16 tours par minute) muni d'une distribution à un seul tiroir accuse une courbe de détente parfaitement régulière, le diagramme n° 5, relevé sur un moteur également à marche lente (16 tours), mais pourvu de 4 tiroirs distincts, dont 2 pour l'admission avec fermeture rapide et 2 pour l'échappement, accuse une ligne de détente non continue et présentant des ressauts non observés sur le diagramme n° 4.

Bien plus, pendant son fonctionnement, le moteur à 4 tiroirs, auquel appartient

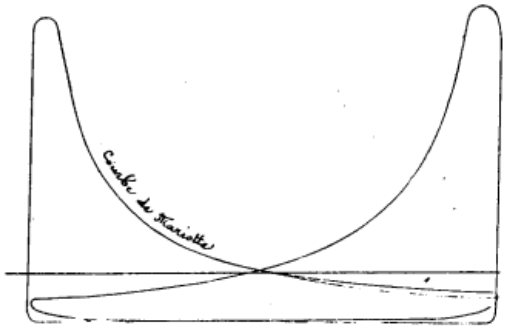


Diagramme 4. — Machine à un tiroir. Détente *Meyer* à la main. 16 tours. Pression initiale 4k,5.

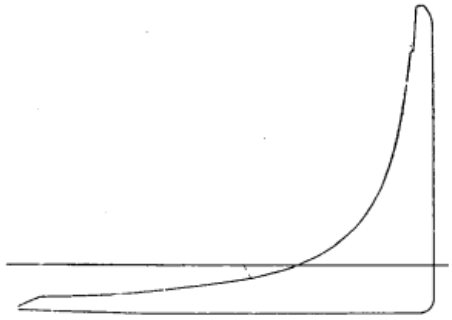


Diagramme 5. — Machine à 4 tiroirs. Détente variable par le régulateur. 15 tours. Pression initiale 5k,5.

ce diagramme, présentait ce singulier phénomène que, lorsque son piston avait parcouru un très petit chemin, il se produisait un bruit sourd qu'on ne savait à quoi attribuer et qui correspondait précisément au point de la course où se produisait le ressaut ou l'ondulation de la ligne de détente.

La faible vitesse des moteurs dont il s'agit exclut toute anomalie du fonctionnement des indicateurs employés pour relever les diagrammes, et on ne peut mettre au compte de l'inertie de leurs pièces les ondulations marquées sur le diagramme de l'un d'eux.

La vitesse étant d'ailleurs la même pour les deux moteurs et les flexions des ressorts des indicateurs étant également les mêmes, on ne pourrait concevoir que les indicateurs du second moteur aient été soumis à des effets d'inertie et que les indicateurs du premier n'aient pas subi les mêmes effets.

Il faut donc, pour déterminer les causes de ces ondulations, examiner ce qui se passe dans chacun de ces moteurs dissemblables par leur distribution.

Remarquons que, dans le moteur à un seul tiroir, et par suite même de sa marche lente, les orifices de vapeur du cylindre sont eux-mêmes fermés avec lenteur, et que la vapeur introduite pendant les derniers instants de l'ouverture de ces orifices,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

subit une dépression assez importante, dont on peut se rendre compte sur le diagramme n° 4.

Il s'ensuit donc que, si l'on considère les conditions dans lesquelles se trouve la vapeur pendant cette dernière période de l'introduction, elle doit posséder une somme de chaleur interne plus grande que celle qui correspond à sa pression, c'est-à-dire qu'elle doit présenter une certaine surchauffe, qui n'existerait pas si l'entrée de la vapeur dans le cylindre se faisait sans étranglement.

Ce phénomène doit certainement se produire ainsi, car si on étudie le diagramme n° 4, on constate que la courbe de détente est continue, sans aucun point d'inflexion.

Si donc la vapeur pénètre dans le cylindre avec une somme totale de chaleur interne supérieure à celle qui correspond à sa pression, on peut admettre que cette chaleur est utilisée soit à vaporiser l'eau que la vapeur contient en suspension, soit à vaporiser celle qui est déposée sur les parois.

Dans cette dernière hypothèse, l'eau déposée sur les parois devrait se vaporiser, au moment où l'étranglement de l'orifice se produit, sous la double action de la chaleur fournie et de la dépression qui s'exerce à sa surface (1).

Ceci n'a lieu, d'ailleurs, que lorsque la marche est suffisamment lente pour que les parois aient le temps de prendre une certaine température; et quand la marche est plus accélérée, nous retrouverons des ondulations comme celles que nous avons déjà signalées, quoique moins franches.

Dans le moteur à 4 tiroirs, la détente ne s'effectue pas de la même manière, du moins d'une façon générale.

La vapeur introduite dans le cylindre, et dont une partie a été condensée sur les parois, conserve pendant toute la durée de l'introduction une pression constante; puis, si la vitesse du piston n'est pas trop grande, l'admission étant interrompue brusquement, cette vapeur se détend plus ou moins selon l'importance de l'introduction. Dès que la vapeur a atteint en se détendant une certaine pression au-dessous de celle qui correspond à la température des parois et à celle de l'eau qui les recouvre, cette dernière, sous la double action de la diminution de pression et de la température des parois, se vaporise pour ainsi dire instantanément, au point de produire une explosion dont le bruit peut être quelquefois perçu au dehors, et dont l'effet est traduit, sur le diagramme, par un ressaut interrompant la ligne de détente, ainsi que l'indique le diagramme n° 5.

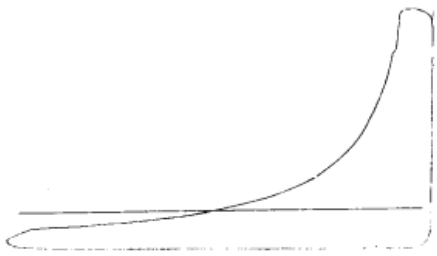


Diagramme 6. — Machine à 4 tiroirs. Détente variable par le régulateur. 16 tours. Pression initiale 4 kilogrammes.

Dans le moteur dont il s'agit ici, il était possible de faire varier l'introduction de la vapeur dans une certaine limite en faisant varier sa pression initiale. Il en résultait donc que l'admission pouvait varier ainsi que la détente, et que, par suite, on pouvait également faire varier le point de la course où se produisait l'explosion, ainsi que le représente le diagramme n° 6, et c'est cela seulement qui a permis de reconnaître que le bruit perçu au dehors était dû à une explosion correspondant au ressaut accusé par l'indicateur, car on crut pendant longtemps que ce bruit était dû au choc d'une

(1) Deviller. *Traité élémentaire de la chaleur.*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pièce pendant le fonctionnement. Au delà d'une certaine admission, le bruit disparaît, non pas que la vaporisation n'ait plus lieu, mais la pression résultant de la détente décroît plus lentement et la vaporisation est moins brusque.

Nous pensons donc avoir bien établi maintenant quels sont les phénomènes auxquels donne lieu la détente de la vapeur dans les cylindres des moteurs. L'examen de quelques diagrammes obtenus dans des conditions de marche très variées, les uns avec les mêmes indicateurs, les autres avec des indicateurs très différents, nous permettra de tirer de leur étude des conclusions confirmant ce que nous venons de dire.

Afin de lever tous les doutes à ce sujet, nous donnons deux diagrammes relevés avec les mêmes indicateurs.

Le premier de ces diagrammes, portant le n° 24, a été relevé sur une machine à

Diagramme 24. — Machine à 4 tiroirs. Détente variable par le régulateur. 160 tours.

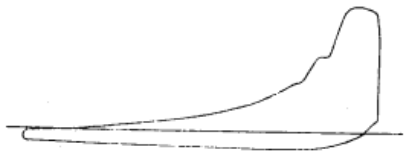


Diagramme 25. — Machine à 4 tiroirs. Détente variable par le régulateur. 130 tours.

Diagramme 26. — Machine à 4 tiroirs. Détente variable par le régulateur. 70 tours.

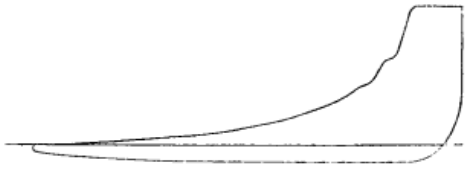


Diagramme 27. — Machine à 4 tiroirs. Détente variable par le régulateur. 70 tours.

à 4 tiroirs de distribution dont la fermeture n'est pas rapide. De plus, les ouvertures des tiroirs d'admission sont très faibles, et il en résulte un étranglement notable de la vapeur à son admission dans le cylindre. La vitesse de cette machine est de 160 tours par minute, et elle fait un travail essentiellement variable. L'examen du diagramme montre qu'il n'y a aucun ressaut accusant une vaporisation brusque pendant la détente, bien que cette vaporisation soit démontrée par la forme de la courbe, et ait lieu ici d'une façon continue. Le second diagramme (n° 25), a été relevé sur un moteur à 4 tiroirs, à fermeture brusque et tournant à 130 tours par minute. L'examen du diagramme indique une vaporisation instantanée pendant la détente. Il est évident que les ressauts indiqués par la courbe relevée à l'indicateur ne peuvent être mis au compte de l'inertie de cet appareil qui était le même dans les deux cas, attendu que le deuxième moteur avait non seulement une vitesse de rotation moins grande que le premier, mais aussi une course de piston plus réduite. C'est en partie à cette dernière circonstance qu'il faut attribuer l'importance de la vaporisation pendant la détente, trouvée sur le deuxième moteur, parce que le diamètre de son piston était plus grand, et que, par conséquent les surfaces des parois étaient plus importantes que pour le premier moteur.

Enfin, et pour bien élucider cette question, nous donnons deux diagrammes, nos 26

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et 27, relevés sur un même moteur. Le diagramme n° 26 a été obtenu, alors que, cette machine ayant sa distribution fonctionnant d'une façon défectueuse, il se produisait des étranglements au passage de la vapeur à travers un orifice insuffisamment ouvert. Il y avait donc détente par étranglement, comme nous l'avons établi plus haut, probablement surchauffe de la vapeur introduite, et on ne trouve pas trace d'ondulations ou de ressauts sur la courbe obtenue à l'indicateur. La distribution ayant été rectifiée, la détente a été modifiée du fait de la fermeture rapide des tiroirs d'admission, et les ressauts ont fait leur apparition sur les courbes relevées avec les mêmes indicateurs que précédemment, ainsi que le fait voir le diagramme n° 27. L'inertie ne pouvait certainement jouer aucun rôle dans ce deuxième diagramme, puisque les vitesses et pressions étaient restée les mêmes dans les deux cas.

Nous ne pouvons donc conclure de ces observations qu'une seule chose, c'est que selon que l'introduction de la vapeur se fait dans le cylindre d'un moteur avec ou sans étranglement, les phénomènes auxquels donne lieu la détente diffèrent entre eux, et que l'indicateur les enregistre fidèlement tels qu'ils se produisent à l'intérieur du cylindre.

Il est donc nécessaire d'abandonner dès à présent les hypothèses faites sur les ondulations des diagrammes et attribuées sans autre examen au fonctionnement défectueux des indicateurs et de leurs accessoires.

Le phénomène de vaporisation dont nous venons de parler peut se constater sur la généralité des diagrammes relevés sur les moteurs à plusieurs distributeurs, quelle que soit d'ailleurs la rapidité de la marche, et quel que soit aussi le système d'indicateur employé pour les obtenir, car les ressauts produits ne sont pas dus comme on l'a admis pendant longtemps à un fonctionnement défectueux de ces appareils, d'où il aurait fallu conclure qu'ils étaient tous défectueux.

On peut arriver certainement, en employant des ressorts très résistants à la flexion, à changer la forme de ces ressauts, qui ne disparaissent cependant pas complètement, mais c'est précisément en accroissant les poids de ces ressorts qu'on obtient ce résultat. Lorsqu'on emploie des ressorts trop faibles, les arrêts brusques produits sur le piston de l'indicateur, par les vaporisations et les condensations instantanées font certainement osciller le bras portant le crayon de l'indicateur, mais c'est là la preuve, selon nous de l'existence de ces phénomènes, dont ont peut se rendre un compte exact en employant des ressorts appropriés aux pressions et vitesses de marche des moteurs expérimentés.

Les diagrammes n^{os} 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 25 (p. 97 du *Bulletin* de janvier) relevés au moyen d'indicateurs divers ayant des ressorts fléchissant de 4 à 14 millimètres par kilogrammes de pression, et sur des moteurs ayant des vitesses de marche très différentes, mettent en évidence ce que nous venons de dire ci-dessus.

Le diagramme n° 5 (p. 217), relevé sur un moteur à marche lente, nous a permis de constater l'existence d'une vaporisation subite totale ou partielle pendant la détente de la vapeur.

Dans les moteurs dont la marche est plus rapide que celle du moteur précédent et dont les parois des cylindres subissent des variations de température bien moindres en raison même de la vitesse de marche, on constate souvent qu'il se produit plusieurs vaporisations successives pendant le cours de la détente, ainsi que le font voir les diagrammes n^{os} 16, 18, 25, 26 (p. 219).

Ces phénomènes ne semblent être rendus apparents que par la rapidité de la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

marche. On observe en effet que les ressauts des diagrammes sont d'autant moins accentués qu'ils se produisent plus tard pendant la détente, probablement parce que, la courbe de détente se rapprochant de l'horizontale, cette détente est moins rapide et qu'alors la vaporisation peut être plus ou moins continue comme nous l'avons déjà dit.

Or, de l'examen du diagramme n° 5 (p. 217), on peut conclure qu'il s'est produit

Diagramme 7. — Machine à 4 tiroirs. Détente variable par le régulateur. 54 tours. Pression initiale 3 kilogrammes.

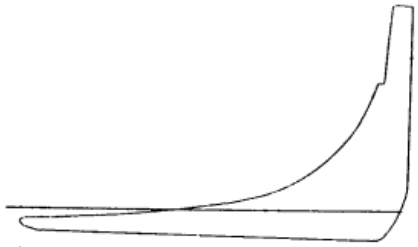


Diagramme 8. — Machine à 4 tiroirs. Détente variable par le régulateur. Pression initiale 3 kilogrammes.

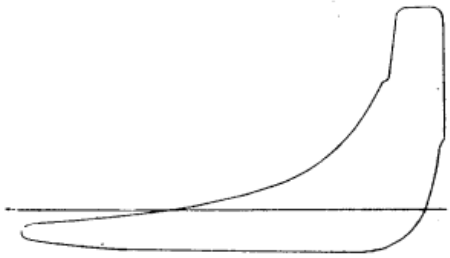


Diagramme 9. — Machine à 4 tiroirs. Détente variable par le régulateur. 16 tours.

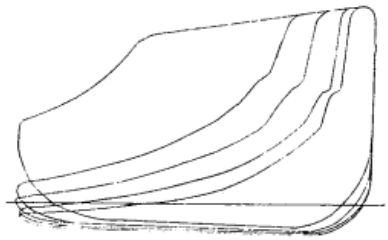


Diagramme 10. — Machine à 4 tiroirs. Détente variable par le régulateur.

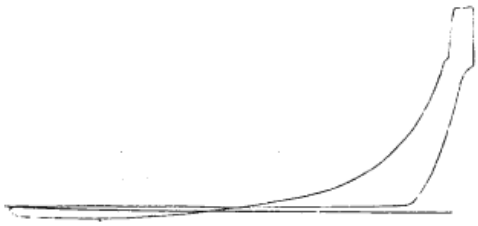


Diagramme 12. — Machine à 4 tiroirs. Détente variable sans condensation.

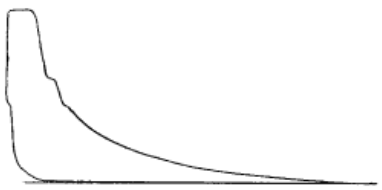


Diagramme 13. — Machine à 4 tiroirs. Détente variable par le régulateur. 71 tours.

une vaporisation brusque en un certain point de la détente par suite de la baisse rapide de la pression de la vapeur, mais on peut admettre aussi que si toute l'eau déposée sur les parois n'a pas été vaporisée à ce moment, elle a dû se vaporiser d'une façon continue pendant que la détente s'achève.

Lorsque la marche des moteurs est accélérée, la vaporisation continue ne peut plus se produire sur les parois parce que le temps fait défaut pour que cette vaporisation soit régulière, et celle-ci ne peut plus s'effectuer que lorsque, par suite de la baisse rapide de pression, il se produit un écart assez sensible de température entre les parois

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et la vapeur qu'elles renferment, ce qui donne lieu à une série de vaporisations partielles se succédant à des intervalles très rapprochés pendant la durée de la détente.

L'eau présente dans le cylindre exerce une influence que nous avons signalée. Afin de bien faire ressortir cette influence et de corroborer les phénomènes de vaporisation que nous avons décrits, nous donnons deux diagrammes nos 20 et 21, relevés sur une même machine, à détente variable par le déplacement d'un tiroir unique, soumis à l'action d'un régulateur et recevant la vapeur d'une très longue conduite exposée à des refroidissements.

Le premier diagramme, n° 20, a été pris sur la machine bien purgée d'eau au moyen

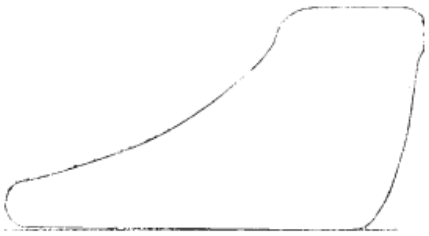


Diagramme 14. — Machine à 4 tiroirs sans condensation. 60 tours.

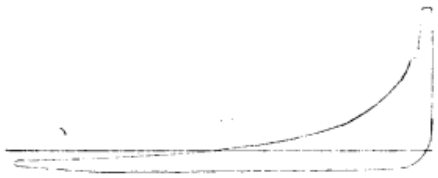


Diagramme 16. — Machine à 4 tiroirs. Détente variable par le régulateur. 70 tours.

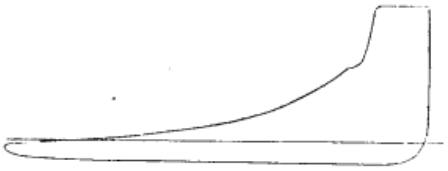


Diagramme 17. — Machine à 4 tiroirs. Détente variable par le régulateur. 70 tours.

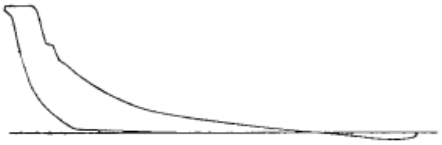


Diagramme 18. — Machine à 4 tiroirs. Détente variable par le régulateur sans condensation. 70 tours.

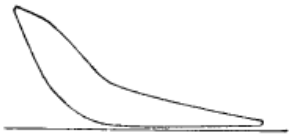


Diagramme 20. — Machine à un tiroir. Détente variable par le régulateur. 300 tours. Pression initiale 5 kilogrammes.

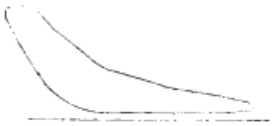


Diagramme 21. — Machine à un tiroir. Détente variable par le régulateur. 300 tours.

d'un purgeur placé sur la boite à tiroir. Son examen révèle que, vers la fin de l'introduction de la vapeur dans le cylindre celle-ci subit une dépression notable appelée fréquemment *perte par laminage*.

Le diagramme n° 21, pris immédiatement après le n° 20, mais avec le purgeur de la boîte à tiroir fermé pour que l'eau ne puisse pas sortir du cylindre autrement que par ses orifices de distribution, fait voir que la dépression de la vapeur n'existe plus à la fin de son introduction dans le cylindre, quoique la course du tiroir n'ait pas été modifiée et que les orifices de distribution aient toujours la même ouverture.

On ne peut attribuer cet effet qu'à la vaporisation de l'eau introduite avec la vapeur et ayant la même température qu'elle, laquelle se produit sous la double action de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la perte de pression par laminage et de température relativement élevée que possède cette eau, ainsi que cela doit résulter de la détente adiabatique d'un mélange d'eau et de vapeur (1).

Nous avons répété cette expérience un grand nombre de fois, pour être sûr que cet effet ne pouvait être produit que par l'eau introduite avec la vapeur dans le cylindre, et nous avons toujours obtenu le même résultat. Avec le purgeur ouvert, le diagramme obtenu était toujours analogue au n° 20, et, avec le purgeur fermé, c'était toujours le diagramme n° 21 qui était obtenu. Nous en avons donc conclu que la présence de l'eau avait une grande influence sur le fonctionnement d'un moteur à vapeur, mais nous

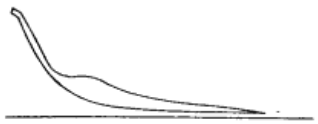


Diagramme 19. — Machine à un tiroir. Détente variable par le régulateur. 300 tours.

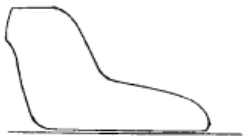


Diagramme 22. — Machine à un tiroir. Détente variable par le régulateur. 300 tours.

Diagramme 23. — Machine à un tiroir. Détente variable par le régulateur. 300 tours. Pression initiale 5 kilogr.

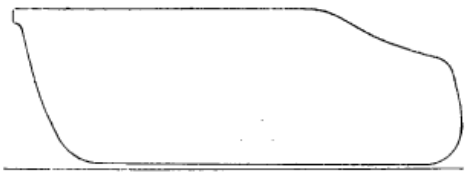


Diagramme 15. — Machine à 4 tiroirs. Détente variable par le régulateur sans condensation. 60 tours.

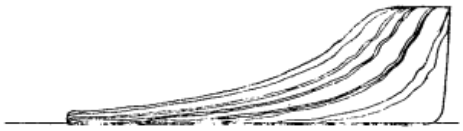


Diagramme 28. — Machine à 4 tiroirs. Détente par le régulateur. 75 tours.

n'avons pu nous rendre compte du poids de cette eau par rapport à celui de la vapeur admise.

Dans les moteurs qui ont des tiroirs à fermeture relativement lente produisant un étranglement de vapeur, on observe qu'il se produit assez souvent, lorsque la condensation initiale est importante, une vaporisation de l'eau pendant la détente, bien que cette vaporisation ne présente pas le caractère d'instantanéité que nous avons constaté dans les moteurs ayant des tiroirs à fermeture rapide. Les diagrammes nos 19, 22, 23, 24 ont été relevés sur des moteurs ayant un fonctionnement de ce genre. La vaporisation produite a pour conséquence de modifier profondément la loi de la détente de telle façon que le poids de vapeur présent à la fin de la course du piston est plus grand que le poids de vapeur admis à l'introduction.

On observe aussi que lorsque la distribution d'un moteur est soumise à l'action du régulateur, et que la détente varie sans que la vitesse du moteur soit modifiée, les ressauts indiqués sur le diagramme, et accusant les phénomènes internes de vaporisa-

(1) Devillez, *Traité élémentaire de chaleur.*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tion, y occupent une position d'autant plus élevée que l'introduction a été plus grande, c'est-à-dire a duré plus longtemps. Lorsque l'introduction atteint une certaine valeur, ces ressauts finissent par se confondre avec la ligne de pleine pression. Les diagrammes nos 10, 14, 15, 24, 28 ont été relevés sur des moteurs dont la charge variait pendant la marche, et font voir que, conformément à ce que nous avons dit plus haut en étudiant l'action des parois, la vaporisation se produit à une température d'autant plus élevée que l'introduction a été plus longue et que, par suite, les parois ont été plus longtemps en contact avec la vapeur introduite, ce qui leur a permis de prendre une température plus élevée ; assez élevée même pour, qu'en cas de forte introduction, les ressauts n'existent plus, c'est-à-dire que la vaporisation ne soit plus apparente.

On voit donc quelles erreurs on pourrait commettre si, pour évaluer la consommation d'un moteur, on calculait la dépense de vapeur d'après son volume apparent introduit, accusé par la lecture d'un diagramme.

Il suffit d'ailleurs de mesurer le poids de vapeur présent dans le cylindre à la fin de la détente pour voir l'écart souvent considérable que celui-ci présente comparativement au poids de vapeur introduit pendant l'admission, et généralement, le poids de vapeur ainsi constaté à la fin de la détente sera peu différent de celui réellement dépensé, parce qu'il contient la vapeur provenant de la vaporisation, pendant la détente, de l'eau déposée sur les parois, qui n'apparait pas au volume de vapeur introduit à l'admission, et qui doit cependant s'y ajouter pour avoir la consommation du moteur.

L'eau ainsi produite par la condensation sur les parois d'un certain poids de vapeur qui est ensuite vaporisée pendant la détente, a pour effet de modifier complètement le diagramme et la loi de la détente. Cette modification de la courbe de la détente est d'autant moins accentuée que l'introduction est plus grande, parce qu'alors la détente est plus réduite et peut ne plus être apparente dans le cas de grandes introductions, quoique la condensation sur les parois n'en existe pas moins.

Lorsque les introductions sont très grandes, comme par exemple quand la vapeur est admise pendant presque toute la course du piston, on ne trouve plus trace d'aucune vaporisation, alors que, cependant, il se trouve dans le cylindre à chaque coup de piston, de l'eau en excès provenant de la condensation initiale et de l'eau entraînée par la vapeur.

Il y a beaucoup d'eau entraînée dans ce dernier cas et voici pourquoi.

Lorsqu'un moteur fonctionne avec une introduction moyenne de 1/7 à 1/8 de la course, il se produit dans la conduite de vapeur, après chaque admission, un temps d'arrêt qui permet à la vapeur de laisser tomber l'eau dont elle est chargée dans la tuyauterie, d'où elle peut être extraite facilement au moyen de dispositions appropriées. Quand, au contraire, les admissions ont lieu pendant la presque totalité ou toute la course du piston, la vapeur ne peut se débarrasser de son eau qui, par suite de la continuité de mouvement, est entraînée jusque dans le cylindre, et, si on remarque que pour un semblable fonctionnement du moteur, la chaudière doit avoir une marche forcée et continue, il sera facile de comprendre pourquoi les consommations des moteurs contrôlées d'après le jaugeage de l'eau d'alimentation diffèrent tant de celles indiquées par les diagrammes relevés en marche.

Le diagramme n° 28 (p. 223) a été relevé sur un moteur pourvu d'une distribution à quatre tiroirs marchant sans aucune compression, mais muni d'un artifice de distribution permettant une admission anticipée de vapeur détendue.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Cette introduction anticipée a pour but de remplacer la compression et d'amortir les chocs qui pourraient être produits dans les articulations. La vapeur ainsi introduite se condense en partie sur les parois, pour les ramener à la température qu'elle possède elle-même, et l'eau produite se vaporise ensuite pendant la détente, ainsi que le diagramme l'indique. Ce mode d'introduction de la vapeur ne change donc rien aux phénomènes internes de vaporisation. Seul le phénomène de condensation pendant la compression n'existe plus, et si on remarque que c'est de la vapeur provenant de la chaudière qui est ainsi condensée, on pourra en conclure que la consommation d'un pareil moteur devra être plus élevée que s'il fonctionnait avec compression.

Cependant, une distribution de ce genre peut, dans quelques cas, offrir certains avantages de nature à motiver son emploi, lorsque la question de consommation ne prime pas.

INFLUENCE DES ESPACES DE CONSTRUCTION

Considérons d'abord une machine théorique n'ayant pas d'espaces de construction, et introduisons dans le cylindre de cette machine un poids X de vapeur à la pression P occupant un volume V, et devant se détendre de Z fois ce volume (fig. 1).

Nous aurons, pour la valeur du travail qui pourra être fourni

$$Tm = PV + PV \log Z.$$

Si maintenant nous introduisons le même poids de vapeur dans le cylindre d'une autre machine ayant des espaces de construction d'un volume V, le volume total du cylindre de cette machine sera égal à $V' + v$ et plus grand que celui V' du cylindre de la machine précédente (fig. 2).

Le volume V sera déterminé par une position du piston autre que celle qu'il occupait dans la première machine et correspondant à une fraction plus réduite de la course de ce piston, et par suite la détente de la vapeur sera augmentée d'une quantité

$$p\ V' \log Z'. \text{ (fig. 1).}$$

p étant la pression de la vapeur à la fin de la détente, Z et V' le volume de la vapeur après cette même détente.

Le travail qui pourra être fourni sera

$$Tm + PV - Pv + PV \log Z. + p\ V' \log Z'.$$

Le travail moteur sera donc diminué du travail à pleine pression Pv et augmenté du travail a détente p V' log. Z'., et la perte de travail qui résultera de la présence des espaces de construction sera égale à

$$Ec = Pv - p\ V' \log Z'.$$

Donc, plus les espaces de construction seront grands, et plus la perte de travail moteur qu'ils causeront sera importante.

C'est afin de compenser cette perte que l'on a fait usage de la compression et qu'on a recommandé de la pousser aussi loin que possible. Cela augmente-t-il l'économie

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

du moteur, et peut-on atténuer par la compression la perte de travail due à la présence des espaces de construction ? C'est ce que nous allons rechercher.

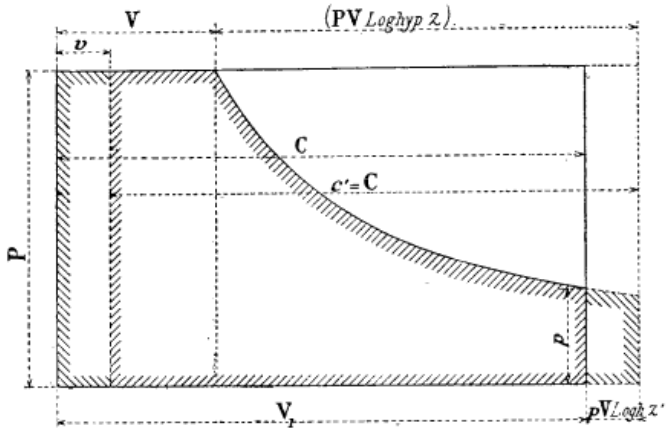


Fig. 1.

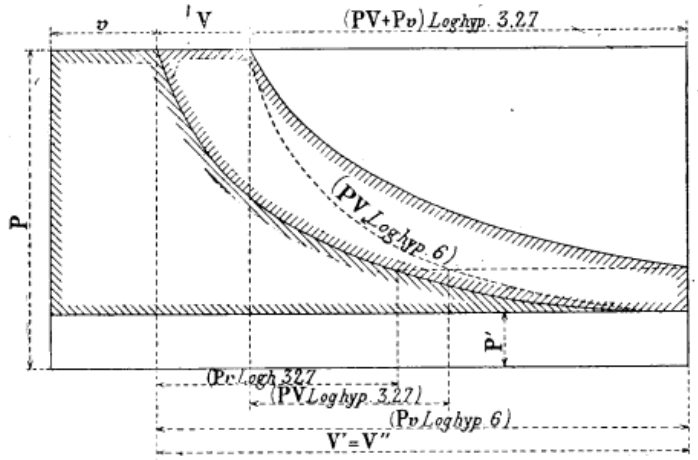


Fig. 2.

Nous avons vu plus haut que le travail moteur théorique que peut fournir un poids X de vapeur est représenté par

$$Tm = PV + PV \log Z.$$

Pour avoir le travail réel disponible, il faut déduire de ce travail théorique le travail résistant dû à la contre pression, ce qui donne

$$Tm = PC + PV \log Z. - P' V'.$$

C'est là l'expression du travail moteur qu'on peut obtenir d'une machine possédant un cylindre sans espaces de construction.

Cherchons maintenant quel sera le travail moteur que pourra fournir une autre machine dont le cylindre aura des espaces de construction, et dans lequel on effec-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tuera une compression telle, qu'à la fin de cette compression, la pression de la vapeur remplissant ces espaces aura été ramenée à la pression de la vapeur arrivant de la chaudière.

Le poids X′ de vapeur comprimée dans les espaces de construction et ramenée à la pression de celle qui va être admise, sera représenté par Pv, et on aura pour valeur du travail qui pourra être développé par la machine (fig. 3).

$$Tm = PV + (PV + Pv).\log Z'. - P'V' - (Pv.\log Z''. - P'V'').$$
$$\text{où } Tm = PV + (PV + Pv)\log Z'. - Pv.\log Z''. - P'V' + P'V''$$

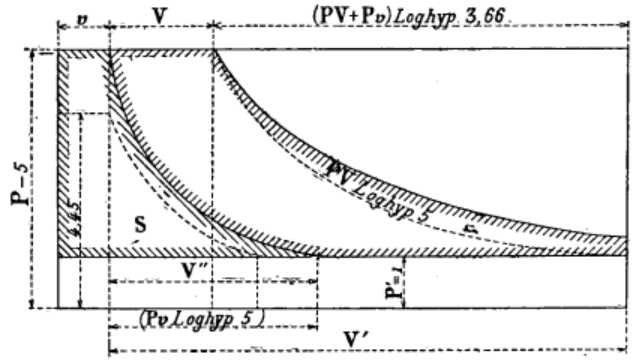


Fig. 3.

Faisant $P'V' = P'V''$, ce qui revient à admettre que la compression de la vapeur commence dès que le piston revient en arrière et se fait pendant toute la course de ce dernier, on aura $PV < Pv$, c'est-à-dire que le volume v des espaces de construction sera supérieur au volume V de vapeur travaillant à pleine pression (fig. 2), et il vient :

$$Tm = PV + (PV + P\,v)\log Z'. - Pv\log Z''.$$

qu'on peut aussi écrire :

$$Tm = PV + PT\log Z'. + Pv\log Z'. - Pv\log Z''.$$
$$Tm = PV + PV\log Z'. + Pv\log Z'. - Pv\log Z''.$$

Mais le travail de détente représenté par

$$Pv\log Z'.$$

est plus petit que le travail de compression

$$Pv\log Z''.$$

puisque la détente réelle est moins étendue par suite de la présence des espaces de construction, et on aura donc aussi

$$PV + (PV + Pv)\log Z'. - Pv\log Z''. < PV + PV\log Z. - P'V',$$

Cette dernière expression représentant, ainsi que nous l'avons établi plus haut, le travail moteur que pourrait fournir une machine dont le cylindre n'aurait pas d'espaces de construction.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La présence des espaces de construction cause donc, malgré l'emploi d'une compression complète, une perte de travail moteur que nous allons faire ressortir par un exemple.

Supposons que nous puissions disposer d'une machine ayant un cylindre sans espaces de construction et de dimensions telles, que le piston engendre dans son mouvement un volume de 1 mètre cube, que la vapeur soit admise à la pression de 5 atmosphères pendant les 0,200 de la course, que la contre-pression soit de 1 atmosphère derrière le piston, et que la détente se fasse suivant la loi de Mariotte.

Dans une pareille machine, la détente sera complète, c'est-à-dire que la tension de la vapeur à la fin de la détente sera égale à celle de la contre-pression, et le travail moteur sera, pour un coup de piston :

$$Tm = 51665.\ 0{,}2 + 51665\ 0{,}2.\ \log 5 - 10330 = 16631\ k^{gm}.$$

Admettons maintenant que nous ayons un autre cylindre de mêmes dimensions que le précédent, mais qu'il soit pourvu d'espaces de construction ayant un volume égal à 1/10 de son volume propre, puis que la compression soit effectuée de façon à remplir exactement ce volume de vapeur comprimée jusqu'à 5 atmosphères ; nous aurons (fig. 3) :

$$V' = V + v = 1.000 + 0{,}100 = 1^{m},100.$$

Vapeur présente à la fin de l'introduction $0{,}200 \times 0{,}100 = 0{,}300$.

Détente $Z = \frac{1{,}100}{0{,}300} = 3{,}66$ fois le volume de vapeur présente dans le cylindre et les espaces de construction.

$Tm = 51665.0{,}2 + 51665.0{,}3.\ \log 3{,}66.\ 51665.\ 0{,}1.\ \log 5. - 10330 + 4132 = 15898\ k^{gm}$.

au lieu de 16631 k^{gm} lorsqu'il n'y avait pas d'espaces de construction.

La perte de travail résultant de la présence des espaces de construction, est donc, malgré la compression complète, égale à

$$\frac{16631 - 15898}{16631} = 0{,}048, \text{ soit de } 0{,}05 \text{ p. } 100.$$

en nombre rond.

On voit donc qu'il y a tout intérêt à réduire ces espaces, et que contrairement à l'opinion de Zeuner, la compression complète n'a pas pour effet d'annuler l'influence des espaces de construction ainsi qu'il le dit dans sa *Théorie mécanique de la chaleur*, à moins d'augmenter les dimensions du cylindre.

En poussant la compression jusqu'à ce que la pression de la vapeur comprimée atteigne celle de la chaudière, on réduit bien le volume de vapeur qui va être introduit et qui peut devenir égal à celui qui serait admis s'il n'y avait pas d'espaces de construction, mais la détente qui a lieu ensuite ne peut être aussi complète que dans le cas où il n'y a pas d'espaces de construction, puisque le volume réel de vapeur qui se détend est plus grand que celui admis, et c'est cette détente incomplète qui produit la perte de travail que nous avons établie ci-dessus.

Pour éviter la perte que nous venons de faire ressortir plus haut, il faut diminuer la compression.

Cette perte est, dans le cas qui nous occupe, égale à $16631 - 15898 = 733\ k^{gm}$.

Le travail de compression a absorbé

$$8318 - 4132 = 4186\ k^{gm}$$

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

desquels il faut déduire 733 k^{gm} pour avoir la valeur de la nouvelle compression à effectuer pour récupérer cette perte.

Nous aurons donc :

$$4186 - 733 = 3453\ k^{gm}$$

et

$$\frac{3183}{3453} = 1{,}2119 \text{ (fig. 3).}$$

puis :

$$S = 4186 = Pv \log 5.$$
$$S' = 3450 = pv \log x.$$

d'où :

$$\frac{Pv \log 5.\ 2.}{pv \log x.} = 1.2119$$

ou :

$$\frac{Pv \log 5.}{1.2119} = pv \log x.$$

En essayant plusieurs valeurs de p, on trouve que la pression, à la fin de la compression, ne doit pas être supérieure à $4^{at},45$.

Ainsi donc dans une semblable machine, pour qu'il n'y ait aucune perte de travail du fait de la présence des espaces de construction, il faut que la compression ne soit pas poussée au delà de $4^{at},45$.

On voit que dans aucun cas, la compression ne doit être poussée jusqu'à ce que la pression de la vapeur comprimée atteigne la pression de la vapeur arrivant de la chaudière; mais elle doit varier suivant le volume des espaces de construction et la pression de marche de la machine. Ceci confirme les conclusions de notre étude de la compression, démontrant qu'elle ne devait pas être poussée plus loin qu'aux 4,5 de la pression de la vapeur admise.

On devra donc chercher à réduire ces espaces le plus possible, et à établir une compression suffisante pour amortir les forces d'inertie des pièces à mouvement alternatif.

ÉTUDE DE LA CONSOMMATION DES MOTEURS A UN CYLINDRE

La consommation totale de vapeur d'un moteur peut être considérée comme étant composée de plusieurs consommations partielles et distinctes qui sont :

1° La consommation *théorique*, c'est-à-dire le poids de vapeur nécessaire pour fournir, par coup de piston par tour ou par heure, la force en vue de laquelle le moteur a été établi. Ce poids de vapeur varie avec la pression initiale, la détente et la contre-pression. Il est minimum lorsque la détente est complète, c'est-à-dire lorsque la pression de la vapeur à la fin de la détente atteint celle du condenseur, et il es maximum lorsque l'introduction de la vapeur a lieu à pleine pression pendant toute la course du piston.

2° La consommation de vapeur dépensée pour le *réchauffage des parois* à chaque coup de piston, c'est-à-dire le poids de vapeur condensée au contact des parois du cylindre pour leur faire prendre la même température que celle qu'elle possède elle-même.

3° La consommation de vapeur dépensée *par l'enveloppe*, variable selon la durée de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la détente, la pression d'arrivée de la vapeur, la contre-pression, la quantité d'eau présente dans le cylindre, et la vitesse de marche du moteur.

4° La consommation de vapeur due aux *refroidissements extérieurs* qui varie selon les précautions prises pour protéger les organes contre les pertes de chaleur.

5° La consommation de vapeur due aux *fuites par les pistons, les tiroirs et les presse-étoupe*. Cette consommation varie avec le bon entretien des moteurs.

La première de ces consommations, et la principale, est facile à déterminer à l'aide des calculs ordinaires des moteurs à vapeur.

La deuxième dépense est plus difficile à évaluer, mais nous essaierons cependant de l'établir en nous appuyant sur les chiffres d'un essai que nous avons fait, ainsi que sur les résultats obtenus dans une série d'essais faits au Creusot sur une machine Corliss, par *M. Delafond*, ingénieur des mines.

La troisième dépense par l'enveloppe ne peut être déterminée que par expérience. Comme cette dépense est peu importante, et que, d'autre part, nous n'avons aucun chiffre précis s'y rapportant, nous la négligerons quant à présent.

Les quatrième et cinquième dépenses peuvent être également négligées lorsqu'il s'agit de moteurs bien construits, et ne peuvent, non plus que la précédente, modifier sensiblement les chiffres que nous allons établir.

La première dépense, ou dépense théorique, varie avec la puissance que doit fournir le moteur. Plus l'introduction de la vapeur dans le cylindre est grande et plus la détente est réduite, plus cette dépense est forte si on la rapporte au cheval indiqué fourni par heure.

La deuxième dépense, due à la condensation de la vapeur lors de son entrée dans le cylindre pour réchauffer les parois, est fixe dans un moteur donné, ainsi que nous le démontrerons, et il s'ensuit que, si on la rapporte au cheval indiqué produit par heure, cette dépense diminue relativement en raison de l'augmentation de l'introduction et de la diminution de la détente, et, par suite, en raison du travail fourni par le moteur.

Il y a donc là deux consommations différentes, variant en sens inverse l'une de l'autre, et des façons, que la consommation totale d'un moteur passe par un minimum obtenu, pour chaque pression de marche par un degré de détente pratique différant notablement du degré de détente que la théorie enseigne.

La dépense de vapeur due à l'action des parois, c'est-à-dire le poids de vapeur condensée à chaque coup de piston pour le réchauffage desdites parois, observée dans plusieurs essais que nous avons faits il y a quelques années sur une machine faisant 30 tours par minute, a été de $0^k,00091$ par mètre carré de surface de paroi et par degré centigrade de la température déduite d'après les pressions indiquées sur les diagrammes relevés (1).

Les températures correspondant aux pressions indiquées par les diagrammes sont très probablement des températures apparentes, c'est-à-dire que les températures

(1) Nous avons pu déterminer le *coefficient de condensation* 0,00091 en nous servant d'un moteur à deux cylindres, dont nous avons décrit le fonctionnement dans le *Bulletin* de la Société des ingénieurs civils de juillet 1891. Dans ce moteur, les deux cylindres étaient de même volume. La vapeur était introduite dans le premier cylindre dans lequel elle se détendait, puis ensuite elle passait dans le deuxième cylindre pour y produire un travail constant à basse pression sans détente. La perte de pression produite à l'entrée de la vapeur dans le deuxième cylindre donnait exactement la valeur de la condensation, d'où il était facile de déduire le coefficient 0,00091.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

exactes des parois ne sont peut-être pas celles que le diagramme indique, et auxquelles nous sommes dans l'obligation de nous rapporter, ne connaissant pas les autres. Nous nous appuierons donc, dans la suite, sur ce chiffre de 0,00091, qui, en admettant même qu'il y ait des différences entre les températures réelles et celles déduites du diagramme, ne pourraient nous induire en erreur, les mêmes différences devant exister dans la marche que nous allons suivre pour déterminer la consommation des moteurs à vapeur, et, par cela même, devant ramener nos chiffres à leur véritable valeur.

Il y a quelques années, comme nous l'avons dit plus haut, des essais importants et variés ont été entrepris au Creusot sur une machine du système Corliss à un seul cylindre par M. Delafond, ingénieur des mines (1).

Ces essais très remarquables avaient pour but de rechercher quelles étaient les meilleures conditions de marche de ces moteurs.

On trouvera dans leur compte rendu des résultats fort intéressants, mais il n'a pas été tiré de ces essais toutes les conclusions qui auraient pu être utiles à l'étude des moteurs à vapeur, et dont quelques-unes semblent avoir échappé aux expérimentateurs.

C'est ainsi que, en ce qui concerne les condensations à l'admission, les tableaux des essais montrent que la proportion de vapeur condensée par rapport à la quantité totale de vapeur fournie par la chaudière va en diminuant pour une même pression, à mesure que l'admission augmente et que la détente diminue, et que les hautes pressions et les grandes détentes donnent lieu à de grandes condensations pendant l'admission.

Or si on examine avec soin les divers tableaux relatant ces expériences, on reconnaîtra que, dans chacune d'elles, et quelles que soient les admissions de vapeur, la *condensation interne a été constante*, ainsi que le montre le *tableau n°* 1 (p. 232), emprunté à ce compte rendu, et auquel nous avons ajouté les colonnes n^{os} 10 et 15, que nous avons calculées en rapportant les consommations et condensations à l'heure d'après les chiffres donnés par les expérimentateurs.

Il ressort de ce tableau, ainsi d'ailleurs que de ceux qui l'accompagnent, que la condensation initiale, loin de varier avec l'admission et la détente, serait constante pour un moteur ayant des dimensions et une allure de marche déterminées, c'est-à-dire que, à chaque coup de piston, et quelles que soient la durée de l'admission et la valeur de la détente, le poids de vapeur condensée sur les parois serait constant, ce qui tendrait à établir que la variation de température éprouvée par ces parois serait elle-même constante, alors même que les températures initiales et finales de ces dites parois subiraient des variations révélées par les diagrammes obtenus, lesquelles variations sont dues à la durée de leur contact plus ou moins prolongé avec la vapeur contenue dans le cylindre.

Nous appuyant donc sur ces expériences qui n'ont pas, pensons-nous, été répétées ailleurs, nous admettrons que la condensation initiale à l'admission est constante, ainsi que, d'ailleurs, l'observation de certains diagrammes relevés par nous le laisserait pressentir.

La recherche approximative du coefficient de condensation du moteur expérimenté au Creusot indique un poids de vapeur condensée à l'admission égal à 0,0004 environ par mètre carré de surface et par degré.

(1) *Annales des mines*, année 1884.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ESSAIS FAITS AU CREUSOT

TABLEAU I. — **Marche à condensation avec enveloppe de vapeur.**

NUMÉROS DES ESSAIS		28	29	30	31
DURÉE DES ESSAIS EN MINUTES		94	102	40	40
PRESSION DE LA VAPEUR AU DÉBUT DE L'ADMISSION d'après les diagrammes		5,98	5,86	5,91	5,91
ADMISSIONS EN CENTIÈMES DE COURSE		0,050	0,055	0,115	0,140
VIDE AU CONDENSEUR (EN CENTIÈMES DE MERCURE)		69,5	70,0	69,0	68,5
NOMBRE DE TOURS PAR MINUTE		59,6	59,6	59,4	60,0
TRAVAIL EN CHEVAUX	INDIQUÉ	111,0	125,5	178,6	195,7
	EFFECTIF	85,6	95,5	143,9	160,4
CONSOMMATION DE VAPEUR EN KILOGRAMMES	PENDANT L'ESSAI	1,412	1,657	897	1,021
	PAR HEURE	kil. 904	974,4	1,345	1,531
	PAR CHEVAL INDIQUÉ ET PAR HEURE	7,90	7,75	7,55	7,83
	PAR CHEVAL EFFECTIF ET PAR HEURE	10,53	10,22	9,38	9,56
CONDENSATION A L'ADMISSION (par coup de piston)	POIDS ABSOLUS (en grammes)	44,5	43,5	45,6	50,3
	RAPPORT au poids de vapeur et d'eau fournis par la chaudière (en centièmes)	36	33	24	24
CONDENSATION TOTALE PAR HEURE		kil. 324,4	324,5	323	367,4

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ce chiffre de 0,0004 est bien inférieur à celui de 0,00091, que nous avons trouvé précédemment; mais si on observe que, d'une part, le moteur du Creusot fait 60 tours par minute, et que, d'autre part, le moteur sur lequel nous avons relevé ce coefficient de condensation ne faisait que 30 tours par minute, il sera facile de s'expliquer cette différence, surtout si on se reporte à l'essai fait au Creusot dans des conditions de vitesse diverses et desquelles il ressort que plus la vitesse est grande et moins la condensation à l'admission est importante.

Au sujet de la condensation à l'admission, il y aurait cependant lieu de faire quelques réserves.

Si on se reporte à ce que nous avons exposé plus haut relativement à l'action des parois, la condensation de la vapeur à l'admission doit être d'autant plus réduite que la durée de contact est moins longue, et les essais du Creusot semblent pleinement justifier cette hypothèse. La condensation dont il s'agit ici est celle relative à un coup de piston; mais, en fin de compte, comme, lorsque la vitesse d'un moteur est accélérée il y a un plus grand nombre de coups de piston donnés dans un temps déterminé, il en résulte que la condensation totale et finale non seulement n'est pas inférieure à celle produite dans le cylindre d'un moteur à marche lente, mais peut lui être supérieure, et c'est ce qui a lieu précisément pour le moteur expérimenté au Creusot.

La différence n'est pas forte, il est vrai, et peut s'expliquer par la difficulté de faire exactement de semblables évaluations, mais ceci tendrait à établir que, quelle que soit la vitesse d'un moteur, la condensation à l'admission reste constante lorsqu'on la rapporte au temps. Ceci doit être d'ailleurs, car quelle que soit la vitesse de marche d'un moteur, la vapeur introduite a, au bout d'une heure de marche par exemple, été en contact avec les parois pendant le même nombre de minutes que la vitesse ou le nombre de tours aient été plus ou moins grands, et il est possible d'admettre que le nombre de calories échangées entre la vapeur et les parois qui la renferment doit être le même, quel que soit le nombre de coups de piston produits pendant ce temps; c'est-à-dire que, si le nombre de coups de piston produits est faible, il y aura de grandes variations de température des parois, tandis que, si ce nombre est plus fort, la variation de température des parois sera moins grande; mais comme elle sera plus souvent répétée, le résultat final sera le même.

Rapportée à la puissance effective, on doit remarquer que la condensation initiale, quoique constante, diminue relativement à mesure que le nombre de coups de piston augmente, puisque cette puissance augmente proportionnellement au nombre de coups de piston ou de tours effectués dans un temps donné; et c'est là un moyen d'améliorer la consommation des moteurs à vapeur, car, dans le cas des grandes vitesses, la consommation théorique seule augmente proportionnellement au nombre de coups de piston ou à la vitesse, tandis que la consommation par condensation interne reste constante et que, par suite, la consommation totale par cheval diminue.

Partant donc de ce fait que, jusqu'à nouvel ordre, nous considérerons comme démontré : que la condensation initiale interne d'un moteur quelconque à un seul cylindre est constante, quelle que soit la durée de l'admission de la vapeur, il nous sera possible de nous rendre compte au moins approximativement de la consommation d'un tel moteur en projet.

Nous établirons donc la consommation d'un moteur à vapeur en calculant d'une part la dépense de vapeur théorique nécessaire pour produire la force en chevaux indiqués, et, d'autre part, la dépense additionnelle de vapeur due à l'action des parois

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nous négligerons les autres dépenses citées précédemment comme étant relativement peu importantes, et de celles dont, en application, on pourra tenir un compte suffisant en majorant dans de certaines proportions la dépense additionnelle résultant de l'action des parois.

Soit donc un moteur à vapeur ayant un cylindre dont le volume engendré est de 1 mètre cube par coup de piston, avec un rapport de course au diamètre égal à 2/1 et donnant un coup de piston par seconde, c'est-à-dire faisant 30 tours par minute.

Admettons que la pression de la vapeur à l'admission soit de 5 atmosphères, la contre-pression de $0^{at},100$, et que l'introduction a lieu pendant 1/8 de la course du piston.

Admettons aussi que la détente s'effectue selon la loi de Mariotte, et, pour tenir compte implicitement de la vaporisation interne, que la surface des parois sera de $1^{m},276$, et que la condensation initiale sur les parois de la vapeur admise sera de $0^{k},00091$ par mètre carré de surface et par degré centigrade de différence des températures, limites correspondant aux pressions indiquées ci-dessus.

La température de la vapeur à 5 atmosphères est de $152°,22$ et celle du condenseur est de $46°,21$; ce qui donne une chute totale de température, ou une différence entre les températures initiales et finales égales à 106°.

Dans ces conditions, un moteur semblable doit fournir à 30 tours par minute une force de 251,4 chevaux indiqués (1).

Le mètre cube de vapeur à 5 atmosphères pèse $2^{k},750$ et le poids de vapeur théorique nécessaire pour la production de cette force sera par cheval indiqué et par heure :

$$M = \frac{2750 - 3600}{8\ 251,4} = 4^{k},902$$

La dépense de vapeur condensée à l'admission sera, par cheval indiqué et par heure de

$$M' = \frac{0,00091,\ 1,276,\ 106°\ 3600}{251,4} = 1^{k},781$$

La dépense totale de vapeur par cheval indiqué et par heure sera donc :

$$Mt = 4^{k},902 + 1^{k},781 = 6^{k},683$$

Nous avons fait les calculs relatifs à la détermination de la consommation, d'après la méthode précédente, pour des pressions variant de 2 à 12 atmosphères et des détentes variant de 2 à 20 fois le volume de vapeur admis à l'introduction.

Les résultats en sont consignés dans les *tableaux n^os 2 et 3*.

La contre-pression a été calculée à $0^{at},100$ pour le tableau relatif aux machines à condensation et à $1^{at},200$ pour celui relatif aux machines sans condensation.

Les surfaces des parois ont été calculées en déterminant la surface du fond du cylindre et celle du piston, et en augmentant ces deux surfaces de 1/10 pour tenir compte des surfaces additionnelles dues à la présence des conduits de vapeur. Les dimensions du cylindre étant supposées être de $0^{m},860$ de diamètre et $1^{m},720$ de course pour obtenir le rapport de course au diamètre égal à 2/1, avec un volume de 1 mètre cube.

(1) Nous choisissons la vitesse de 30 tours par minute parce que c'était celle du moteur que nous avons expérimenté pour déterminer le coefficient de condensation 0,00091.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ces tableaux font voir que, dans les moteurs à condensation, il y a, pour chaque pression, une puissance en chevaux produits et une détente pour lesquelles la consommation de vapeur est minimum; et que, lorsque la condensation est supprimée, la consommation minimum de vapeur correspond à une puissance plus grande et à une détente plus réduite que pour la marche à condensation.

Ils font voir également, qu'en partant d'une détente très faible, avec laquelle on obtient une grande puissance produite, la consommation diminue en même temps que la détente augmente et que la puissance diminue. — Puis ensuite, en un certain point, la consommation augmente en même temps que la détente, tandis que la puissance continue à diminuer. .

De l'inspection de ces tableaux, il ressort donc qu'il existe, pour chaque pression, une détente déterminée pour laquelle la consommation est minimum.

Ceci est d'ailleurs conforme à ce qu'on observe en pratique lorsqu'on expérimente des moteurs.

Il n'est donc pas utile de faire usage des grandes détentes au moins dans les moteurs à un seul cylindre, et on peut remarquer la concordance des résultats auxquels nous arrivons avec ceux obtenus dans les expériences du Creusot, résultats qui confirment l'hypothèse que nous avons faite, que la *condensation pendant l'admission est constante*, et peut être acceptée sans grande erreur.

D'après les tableaux nos 2 et 3, l'introduction la plus économique des moteurs à condensation varierait depuis 1/6 jusqu'à 1/12 de la course du piston pour des pressions variant à l'admission depuis 2 jusqu'à 12 atmosphères (1).

Pour les moteurs sans condensation l'introduction la plus économique varierait depuis 1/2 jusqu'à 1/6 du volume du cylindre avec des pressions initiales variant également de 2 à 12 atmosphères.

De l'examen de ces tableaux, on peut tirer beaucoup d'autres déductions sur lesquelles nous ne pouvons nous étendre ici, notamment en ce qui concerne les moteurs avec ou sans condensation comparés entre eux.

Les chiffres de consommation que nous avons établis dans ces tableaux ne peuvent évidemment pas prétendre à une exactitude absolue.

Sans compter qu'ils devraient être majorés pour tenir compte des autres pertes, que nous avons négligées à dessein, il faut aussi admettre que le coefficient 0,00091 peut lui-même varier avec certaines circonstances, et aussi qu'il peut ne pas être tout à fait exact. Ce n'est qu'après avoir fait un certain nombre d'expériences qu'on pourra avoir sur ce coefficient des données à peu près certaines pour les différents cas qui peuvent se présenter. Néanmoins, en suivant la marche que nous avons indiquée ci-dessus, il sera toujours possible de se rendre compte approximativement de la consommation probable d'un moteur projeté.

Ces consommations sont aussi très faibles par elles-mêmes, parce que nous avons compté, pour les établir, sur des surfaces de parois plus réduites que celles réelles existantes dans les moteurs à vapeur.

Elles peuvent donc être considérées comme des consommations limites, pouvant difficilement être atteintes mais non dépassées.

La consommation additionnelle due à l'action des parois varie évidemment avec l'étendue de leurs surfaces, qu'il y a intérêt à réduire le plus possible afin de diminuer

(1) Hallauer, *Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse*, années 1878 et 1880.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

INTRODUCTION	FORCE en chevaux indiquée (ch.)	VAPEUR THÉORIQUE nécessaire par cheval et heure (kil.)	VAPEUR CONDENSÉE par cheval et heure (kil.)	VAPEUR TOTALE dépensée par cheval et heure (kil.)
	P — 2 atmosphères.			
1/10	77	3,420	4,426	9,840
1/8	92	3,670	3,707	9,377
1/6	114	6,102	2,800	**8,902**
1/5	130	6,440	2,640	9,080
1/4	150,6	6,930	2,260	9,210
1/3	179	7,600	1,914	9,514
1/2	220	9,500	1,540	11,040
	P — 3 atmosphères.			
1/10	122,6	4,990	3,490	8,180
1/8	145	5,263	2,772	8,035
1/6	178,4	5,720	2,255	**7,975**
1/5	202	6,060	1,990	8,050
1/4	232	6,620	1,738	8,358
1/3	275,5	7,400	1,430	8,830
1/2	336	9,107	1,199	10,306
	P — 4 atmosphères.			
1/10	168	4,770	2,673	7,443
1/8	198	5,000	2,260	**7,260**
1/6	242,5	5,518	1,753	7,271
1/5	274	5,860	1,628	7,488
1/4	315	6,370	1,430	7,800
1/3	371	7,200	1,210	8,410
1/2	452,6	9,020	0,968	9,988
	P — 5 atmosphères.			
1/10	213,5	4,630	2,090	6,720
1/8	251,4	4,902	1,781	**6,683**
1/6	301,6	5,470	1,460	6,930
1/5	346	5,720	1,240	6,960
1/4	397	6,230	1,110	7,340
1/3	468,5	7,040	0,946	7,986
1/2	569,5	8,700	0,770	9,470
	P — 6 atmosphères.			
1/20	151,5	3,870	3,110	6,980
1/15	»	»	»	»
1/12	226	4,330	2,090	6,420
1/10	259	4,540	1,826	**6,366**
1/8	304,5	4,820	1,550	6,370
1/6	370,6	5,280	1,265	6,540
1/5	417,7	5,620	1,120	6,740
1/4	479,4	6,420	0,980	7,400
1/3	565	6,930	0,830	7,760
1/2	688	8,560	0,690	9,250
	P — 8 atmosphères.			
1/20	206,6	3,720	2,530	6,250
1/15	»	»	»	»
1/12	305,8	4,190	1,694	5,880
1/10	349,9	4,390	1,485	**5.875**
1/8	410,6	4,670	1,265	5,930
1/6	498,7	5,110	1,000	6,140
1/5	562	5,477	0,924	6,401
1/4	643,8	6,000	0,800	6,800
1/3	758	6,720	0,660	7,430
1/2	919,4	8,360	0,550	8,910
	P — 10 atmosphères.			
1/20	264,7	3,624	2,310	5,934
1/15	321	3,910	1,880	5,790
1/12	388,4	4,070	1,550	**5.620**
1/10	441	4,300	1,371	5,671
1/8	516,4	4,591	1,171	5,762
1/6	626,7	4,830	0,924	5,754
1/5	702	5,404	0,860	6,264
1/4	812,4	5,830	0,743	6,573
1/3	950,4	6,647	0,578	7,125
1/2	»	»	»	»
	P — 12 atmosphères.			
1/20	316,8	3,546	2,040	5,586
1/15	387,8	3,862	1,654	5,516
1/12	466,8	4,000	1,367	**5,367**
1/10	534,6	4,226	1,205	5,437
1/8	622,6	4,511	1,023	5,534
1/6	788,6	4,752	0,814	5,565
1/5	845,7	5,310	0,756	6,066
1/4	978,0	5,640	0,655	6,295
1/3	1143,0	6,546	0,510	7,056
1/2	»	»	»	»

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU III. — **Moteurs sans condensation.**

INTRODUCTION	FORCE en chevaux indiquée	VAPEUR THÉORIQUE nécessaire par cheval et heure	VAPEUR CONDENSÉE par cheval et heure	VAPEUR TOTALE dépensée par cheval et heure	FORCE en chevaux indiquée	VAPEUR THÉORIQUE nécessaire par cheval et heure	VAPEUR CONDENSÉE par cheval et heure	VAPEUR TOTALE dépensée par cheval et heure	FORCE en chevaux indiquée	VAPEUR THÉORIQUE nécessaire par cheval et heure	VAPEUR CONDENSÉE par cheval et heure	VAPEUR TOTALE dépensée par cheval et heure	FORCE en chevaux indiquée	VAPEUR THÉORIQUE nécessaire par cheval et heure	VAPEUR CONDENSÉE par cheval et heure	VAPEUR TOTALE dépensée par cheval et heure
	ch.	kil.	kil.	kil.	ch.	kil.	kil.	kil.	ch.	kil.	kil.	kil.	ch.	kil.	kil.	kil.
	P = 2 atmosphères.				**P = 3 atmosphères.**				**P = 4 atmosphères.**				**P = 5 atmosphères.**			
1/5	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	194,4	10,180	1,000	11,180
1/4	»	»	»	»	»	»	»	»	163,4	12,340	0,770	13,110	246	10,270	0,780	11,050
1/3	»	»	»	»	124	16,430	0,990	17,420	220	12,180	0,638	**12,818**	317	10,400	0,610	**11,010**
1/2	68	30,8	0,946	**31,746**	184,5	18,680	0,660	**17,340**	301	13,570	0,460	14,030	417	11,800	9,440	12,240
	P = 6 atmosphères.				**P = 8 atmosphères.**				**P = 10 atmosphères.**				**P = 12 atmosphères.**			
1/12	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	317,3	5,900	1,095	6,995
1/10	»	»	»	»	»	»	»	»	290	6,540	1,166	7,706	380	5,913	0,915	6,828
1/8	»	»	»	»	259,1	7,420	1,078	8,498	365	6,497	0,924	7,421	471	5,963	0,745	6,678
1/6	219,5	8,930	1,020	9,950	347,3	7,383	0,793	8,176	475	6,654	0,672	**7,326**	636,5	5,883	0,546	**6,429**
1/5	266,2	8,810	0,850	9,650	410,1	7,504	0,668	**8,172**	551	6,886	0,616	7,502	694	6,475	0,501	6,976
	328	8,951	0,688	**9,629**	492,4	7,808	0,556	8,364	661	7,175	0,461	7,686	826,5	6,797	0,420	7,217
1/3	413	9,470	0,550	10,020	605	8,470	0,440	8,910	799	7,900	0,400	8,300	991,5	7,547	0,320	7,867
1/2	534,5	10,980	0,429	11,390	76 8	10,010	0,358	10,660	»	»	»	»	»	»	»	»

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU IV

FORCE EN CHEVAUX	A 10 ATMOSPHÈRES SANS CONDENSATION CONTRE-PRESSION 1kg,200 — SURFACE PISTON 1,000 / COURSE — 1,400			A 10 ATMOSPHÈRES ET A CONDENSATION CONTRE-PRESSION 0kg,100 — SURFACE PISTON 0,580 / COURSE — 1,720			INTRODUCTION	FORCE EN CHEVAUX
	VAPEUR TOTALE dépensée par cheval et heure	VAPEUR CONDENSÉE par cheval et heure	VAPEUR THÉORIQUE nécessaire par cheval et heure	VAPEUR TOTALE dépensée par cheval et heure	VAPEUR CONDENSÉE par cheval et heure	VAPEUR THÉORIQUE nécessaire par cheval et heure		
	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.		
290	8,646	2,076	6,540	7,706	1,166	6,540	1/20	201,7
365	8,092	1,595	6,497	7,421	0,924	6,497	1/15	321
503	**7,445**	1,159	6,286	**6,958**	0,672	6,286	1/12	388,4
551	7,914	1,062	6,886	7,502	0,616	6,886	1/10	441
661	8,036	0,881	7,175	7,686	0,514	7,175	1/8	516,4
							1/6	659,4
							1/5	702
							1/4	812,4

FORCE EN CHEVAUX	A 10 ATMOSPHÈRES SANS CONDENSATION CONTRE-PRESSION 1kg,200 — SURFACE PISTON 1,000 / COURSE — 1,400			A 10 ATMOSPHÈRES ET A CONDENSATION CONTRE-PRESSION 0kg,100 — SURFACE PISTON 0,580 / COURSE — 1,720			INTRODUCTION	FORCE EN CHEVAUX
	VAPEUR TOTALE dépensée par cheval et heure	VAPEUR CONDENSÉE par cheval et heure	VAPEUR THÉORIQUE nécessaire par cheval et heure	VAPEUR TOTALE dépensée par cheval et heure	VAPEUR CONDENSÉE par cheval et heure	VAPEUR THÉORIQUE nécessaire par cheval et heure		
	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.		
201,7	7,608	3,984	3,624	5,934	2,310	3,624	1/20	201,7
321	7,452	3,243	3,910	5,790	1,880	3,910	1/15	321
388,4	6,718	2,678	4,070	**5,620**	1,550	4,070	1/12	388,4
441	6,663	2,365	4,300	5,671	1,371	4,300	1/10	441
516,4	6,610	2,020	4,390	5,762	1,171	4,390	1/8	516,4
659,4	**6,490**	1,660	4,830	5,754	0,924	4,830	1/6	659,4
702	6,960	1,556	5,404	6,264	0,860	5,404	1/5	702
812,4	7,112	1,282	5,830	6,573	0,743	5,830	1/4	812,4

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cette consommation et par suite d'obtenir un meilleur rendement calorimétrique du moteur.

Afin de bien mettre en relief l'importance de l'action des parois sur la consommation, ainsi que l'intérêt qui s'attache à leur réduction dans la construction des moteurs à vapeur, nous avons dressé le *tableau n° 4*, dans lequel nous avons inscrit d'une part les consommations trouvées plus haut pour un moteur marchant à la pression de 10 atmosphères, et en regard les consommations d'un autre moteur de même puissance que le moteur précédent et par suite ayant un cylindre de même volume, mais avec des dimensions différentes, que nous admettrons être de 1 mètre carré de surface de piston pour 1 mètre de course.

La surface totale des parois sera donc de 2 mètres carrés plus $0^m,2200$ ou de $2^m,2200$, en tenant compte des surfaces additionnelles des canaux de vapeur et autres évaluées à 1/10 en plus de celles des couvercles et piston.

L'examen de ce tableau fait voir que les consommations du deuxième moteur à grandes surfaces de parois ont subi une augmentation importante par rapport à celles du premier moteur, augmentation due uniquement à la présence de parois plus étendues et à leur action sur la vapeur qu'elles renferment.

Mais ce qui est le plus remarquable, c'est que, par suite de cette action des parois, l'introduction correspondant au fonctionnement le plus économique est passée de 1/12 à 1/6 pour le moteur à condensation, tandis qu'elle est restée de 1/6 dans les deux cas pour le moteur sans condensation.

Ainsi donc, plus les surfaces de parois ont d'étendue dans les cylindres des moteurs à vapeur à condensation, et plus la détente doit être réduite pour obtenir la consommation minimum. Ce sont les parois seules qui sont cause, par leur action, que les grandes détentes théoriques ne peuvent être réalisées; et, si cette action n'existait pas, les consommations pourraient être considérablement réduites.

On voit donc tout l'intérêt que présente la réduction desdites surfaces au minimum possible, d'où il ressort que les moteurs à faible diamètre de piston et à grande course doivent être, toutes choses égales, puissance produite et vitesse, supérieurs sous le rapport de la consommation à ceux à grands diamètres de piston et à faible course.

Ces derniers ne peuvent racheter leur infériorité que par une allure de marche plus rapide, à laquelle ils se prêtent d'ailleurs en raison de leurs courses réduites, ce qui leur permet de diminuer dans une certaine mesure l'influence de l'action des parois sur la consommation et d'avoir des consommations se rapprochant de celles des moteurs à marche lente à petit diamètre de piston et à grande course.

La pratique confirme les déductions auxquelles nous venons d'arriver. Aussi remarque-t-on chez les constructeurs de moteurs à vapeur une tendance constante à l'augmentation de vitesse de ces moteurs, que la perfection de la construction rend possible sans qu'il en résulte aucun inconvénient sérieux.

Les constructeurs s'ingénient aussi à réduire les surfaces internes des parois pour réduire les consommations.

Il serait encore désirable, à ce dernier point de vue, de protéger mieux qu'on ne le fait les tuyauteries, cylindres et boîtes à vapeur contre les refroidissements extérieurs. Certaines consommations anormales trouvées en expérience et en pratique n'ont pas d'autres causes qu'une protection insuffisante, qui revient toujours très cher aux industriels qui s'en dispensent.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les consommations que nous avons calculées plus haut s'appliquent à un moteur de très grandes dimensions.

Lorsque ces dimensions sont moindres, et que, par suite, la puissance des moteurs est plus faible, les surfaces croissent en étendue par rapport au volume du cylindre, et la consommation est modifiée.

C'est ce qui explique pourquoi les consommations des moteurs de grandes dimensions sont toujours favorables, c'est-à-dire moins élevées que celles des moteurs de dimensions moindres.

Afin de mettre ceci en évidence, nous avons refait les mêmes calculs que précédemment, mais pour un moteur de $1^m,100$ de course et $0^m,550$ de diamètre, et nous avons inscrit les consommations trouvées dans le *tableau n°* 5 .

TABLEAU V

INTRODUCTION	FORCE EN CHEVAUX	VAPEUR THÉORIQUE DÉPENSÉE	VAPEUR CONDENSÉE	CONSOMMATION TOTALE	FORCE EN CHEVAUX	VAPEUR THÉORIQUE DÉPENSÉE	VAPEUR CONDENSÉE	CONSOMMATION TOTALE
	ch.	kil.	kil.	kil.	ch.	kil.	kil.	kil.
	4 atmosphères				**5 atmosphères**			
1/10	43,7	4,770	3,790	8,560	55,5	4,630	3,094	7,724
1/8	51,5	5,000	3,215	8,215	65,4	4,902	2,625	**7,527**
1/6	63	5,518	2,629	**8,147**	78,4	5,470	2,190	7,660
	6 atmosphères				**8 atmosphères**			
1/10	67	4,540	2,732	7,272	91	4,390	2,218	6,608
1/8	79	4,820	2,316	**7,136**	106,7	4,670	1,891	**6,561**
1/6	96	5,280	1,906	7,186	129,6	5,140	1,557	6,697

De ce tableau, il ressort que les consommations sont notablement plus fortes que celles des moteurs ayant un cylindre de plus grand volume, que l'introduction correspondant à la marche la plus économique a augmenté, et que, par suite, le degré de détente le plus favorable à cette marche a diminué.

Il y a lieu de remarquer que, pour les pressions de 5, 6 et 8 atmosphères du tableau, l'introduction correspondant à la marche la plus économique est égale à 1/8 de la course du piston, et que c'est précisément cette introduction qui, en pratique, correspond au fonctionnement le plus économique des meilleurs moteurs à un cylindre de dimensions approchant celles que nous avons admises.

De tout ce qui précède, il nous est permis de conclure en disant que, pour chaque système de moteurs à vapeur, le fonctionnement doit être régi par une loi dépendant et de la pression et de la vitesse de marche et de l'étendue interne des parois. — Il serait donc désirable que des essais méthodiques et rationnels fussent faits sur des moteurs à vapeur de types divers, à diverses allures de marche et dans diverses con-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ditions de fonctionnement, en vue de déterminer les meilleures conditions de fonctionnement de chacun d'eux.

Il en résulterait certainement un enseignement profitable à l'étude des moteurs à vapeur dont les consommations peuvent, à notre avis, être encore diminuées, si, comme nous l'avons établi plus haut, on observe avec soin les phénomènes physiques dont les cylindres à vapeur et leurs accessoires sont le siège et les précautions à prendre pour les réduire au minimum compatible avec la construction.

Nous attirons l'attention des ingénieurs sur ce sujet, avec l'espoir que l'étude que nous avons exposée ci-dessus aura par la suite son utilité démontrée, en établissant toute l'importance qu'il mérite.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MÉTALLURGIE

SUR LA DIFFUSION DES MÉTAUX (*Bakerian Discourse*), par W. C. ROBERTS-AUSTEN, *membre de la Société Royale de Londres*, TRADUCTION PAR F. OSMOND.

INTRODUCTION (par le traducteur)

Ce dernier travail de M. le professeur Roberts-Austen présente, pour le *Bulletin*, en dehors de son intérêt propre, un intérêt spécial d'actualité, au moment où la *Société d'Encouragement* patronne de très utiles recherches sur les alliages. Les essais de l'auteur prouvent la possibilité de mouvements moléculaires dans les métaux cristallisés à des températures voisines de la température ordinaire et franchement inférieures au point de fusion de l'alliage eutectique possible. Si l'on rapproche ces résultats des changements de structure qui se produisent dans l'or, au-dessous de 250°, en présence de 2 millièmes d'antimoine ou d'aluminium, et des mouvements de concentration du carbone pendant le refroidissement lent des aciers, on est conduit à appliquer aux solides les lois de la diffusion et de la solution liquides. Ce n'est pas que ces mouvements moléculaires dans les solides soient la règle; mais il suffit qu'ils puissent se produire dans certaines circonstances pour qu'on soit désormais obligé de compter avec eux et avec les conséquences mécaniques qui peuvent s'ensuivre. Tout n'est pas dit pour un alliage quand la solidification est achevée, et les corps solides ne sont pas forcément des corps morts. Quelques dix-millièmes de telle ou telle impureté peuvent entrer en jeu sous l'influence d'une élévation ultérieure de température; de même que certains germes organiques longtemps endormis reviennent à l'activité quand ils retrouvent un milieu favorable. C'est là un fait dont il serait prématuré de vouloir mesurer l'importance pratique, mais qui ne saurait manquer d'attirer l'attention des savants et des industriels.

Première partie. — Diffusion des métaux liquides.

DIFFUSION DE L'OR, DU PLATINE ET DU RHODIUM DANS LE PLOMB ET LE BISMUTH FONDUS

La diffusion des métaux, solides ou fondus, a depuis longtemps sollicité l'attention des chercheurs. Cette question présente à la fois un grand intérêt scientifique pour l'étude de la constitution de la matière et une grande importance industrielle.

L'analogie entre les alliages et les solutions salines a été souvent remarquée; et, dans ces derniers temps, on a consacré beaucoup d'expériences à la détermination de la pression osmotique par l'abaissement du point de congélation, lorsqu'on ajoute au dissolvant une petite quantité d'un corps étranger (1). Les effets généraux sont les

(1) HEYCOCK and NEVILLE, " Trans. Chem. Soc. ", vol. 55, 1889. p. 666; vol. 57, 1890, pp. 376 and 656; vol. 59, 1891, p. 936; vol. 61, 1892, pp. 914 and 888 : vol. 65, 1894, pp. 31 and 65; vol. 67, 1895, p. 1024; and ROBERTS-AUSTEN, " Proc. Roy. Soc. ", vol. 49, 1891, p. 347.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mêmes, qu'il s'agisse d'un dissolvant liquide comme l'eau ou d'un métal fondu. Mais on n'a prêté que très peu d'attention aux mouvements moléculaires qui permettent à deux ou plusieurs métaux fondus de se mélanger spontanément et de former une masse fluide vraiment homogène. C'est cependant cette méthode d'investigation qui paraît devoir, mieux que toute autre, révéler l'analogie entre les solutions salines et les alliages. Prenons, par exemple, la préparation de l'alliage des monnaies d'or : 33 kilogrammes d'or et 3 kilogrammes de cuivre environ sont fondus ensemble dans un même creuset, et les résultats des essais au commencement et à la fin de la coulée accusent rarement des différences de plus d'un dix-millième. Cette remarquable homogénéité n'est pas due seulement à une agitation mécanique toujours grossière; la mobilité moléculaire des composants a eu son influence sur le résultat, et les métaux, dissous l'un dans l'autre, ont formé spontanément un mélange homogène. Dans le cas considéré, l'homogénéité persiste après la solidification.

Il est remarquable qu'un phénomène aussi intéressant n'ait donné lieu à aucune expérience directe. Les difficultés ont probablement rebuté les chercheurs, et ces difficultés sont en effet nombreuses. Les métaux appropriés ne fondent qu'à des températures plus ou moins élevées et, dans ces phénomènes de diffusion, de petits écarts de température peuvent avoir une grande importance : la diffusibilité du chlorure de sodium, par exemple, est plus que doublée, d'après Graham, pour une élévation de 33°. On sait d'ailleurs que la pression osmotique d'un sel dissous est mesurée par la diffusion qui se produit; une élévation de température, en augmentant la pression osmotique, augmente donc aussi la vitesse de diffusion. De plus, Graham a montré que les différences de diffusibilité à basse température entre sels différents s'atténuent à une température plus élevée (1).

Dans le cas des métaux fondus, on avait à compter jusqu'à ces derniers temps avec la mesure des hautes températures; les courants de convection pouvaient aussi inspirer des craintes. Et en entendant Ostwald dire « que des expériences exactes sur la diffusion sont l'un des problèmes les plus ardus de la physique pratique » (2), on pouvait se demander si de telles expériences sur les métaux fondus étaient abordables avec des chances de succès. Cependant ma longue collaboration avec Graham me faisait presque un devoir d'essayer d'étendre aux métaux ses recherches sur la diffusion liquide, et je me mis à l'œuvre, il y a de cela quatorze ans; mais je fus arrêté par la difficulté de mesurer exactement les températures, et je n'ai pu reprendre mon travail que pendant ces deux dernières années.

Quant à l'historique du sujet, je crois avoir réuni, dans une courte communication à la Section de chimie de l'Association Britannique (Meeting de Southport, en septembre 1883) les résultats des premières expériences directes sur la diffusion des métaux fondus et des alliages autres que les amalgames liquides à la température ordinaire. J'établissais que « la mobilité de l'or et de l'argent dans le plomb fondu est relativement grande, tandis que le cuivre fondu et l'antimoine se pénètrent lentement (3). Pour le mercure et ses amalgames fluides, la bibliographie est plus étendue. Dès 1713, Homberg (4), dans son travail : *Sur les corps qui pénètrent et traversent les métaux sans fusion*, a donné tout au moins une première esquisse de la question de

(1) GRAHAM, " Collected Papers, " p. 570, ou' Phil. Trans. Roy. Soc. ", 1861, p. 183-224.
(2 OSTWALD, " Solutions, " English Edition, 1891, p. 122.
(3) ROBERTS-AUSTEN, " British Association Report ", 1883, p.402.
(4) HOMBERG, "Mém. de l'Acad. Royale des Sciences ", 1713 (vol. publié en 1739), p. 306.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la diffusion des métaux, tant solides que liquides, et a montré incidemment, par expérience, avec quelle rapidité le mercure pénètre l'étain.

En novembre 1883, Guthrie (1) a publié une remarquable étude : *Sur certaines constantes moléculaires*, dans laquelle il examine la diffusion du zinc, du plomb, de l'étain, du sodium et du potassium dans le mercure, et trouve que ces métaux, beaucoup moins denses que le mercure, « apparaissent au bout d'un mois en quantité appréciable à la distance d'un pied au-dessous de la surface, la température étant de 16° à 17° environ ». Comme conclusion, l'auteur présente une « courbe générale d'amalgamation » qui lui paraît représenter la vitesse d'amalgamation des métaux étudiés et aussi « les vitesses relatives de la diffusion élémentaire atomique et moléculaire en général ».

Guthrie admet que, le mercure étant un bon conducteur de la chaleur, on n'a pas grand'chose à craindre de l'influence perturbatrice des courants de convection. L'existence de tels courants m'a cependant donné beaucoup d'inquiétude au cours des premières expériences qui furent commencées en 1881 et que je vais décrire.

Au début de ces recherches, le plomb et le bismuth fondus furent choisis comme les fluides les plus convenables pour étudier la diffusion d'autres métaux. Ces deux corps présentaient l'avantage de ne pas s'unir au fer, même à des températures très supérieures à leur point de fusion. Les métaux précieux, alliés au plomb ou au bismuth, ne s'unissent pas davantage au fer, à moins qu'il ne soit très propre et poli : le fer pouvait donc être employé comme récipient. En premier lieu, des tubes de fer remplis de plomb furent disposés dans un bain de plomb maintenu fort au-dessus du point de fusion. Des morceaux pesés d'or ou de platine chauds, mais encore solides, étaient rapidement immergés au fond des tubes dans de petits vases en fer fermés par un couvercle ; les couvercles étaient retirés avec précaution au moyen d'une tige d'acier, et le métal précieux se trouvait en contact avec le plomb ; la dissolution était rapide et la diffusion commençait. Les tubes à diffusion avaient environ 200 millimètres de long ; plusieurs tubes semblables étaient disposés dans le même bain, et on avait soin de maintenir la surface du bain plus chaude que le fond, pour éviter l'entraînement de l'or par des courants de convection. Le principal résultat de ces premiers essais fut le suivant : au bout des trois premières heures, le plomb prélevé avec un tuyau de pipe à la surface des tubes contenait régulièrement une quantité pesable d'or, et après une nouvelle période de trois heures, la proportion du métal précieux n'était plus dosable. La méthode paraissait donc défectueuse ; on avait dû avoir des courants de convection, ou bien l'or se diffuse très rapidement quand il est allié au plomb en proportion très faible : je crois que cette dernière explication se trouvera finalement la bonne.

Les tubes droits furent alors remplacés par des tubes de fer en forme d'U dont chaque branche avait 230 millimètres de long et 10 millimètres de diamètre intérieur. Ces tubes étaient remplis de plomb et chauffés par l'extérieur dans un bain de plomb fondu à l'aide d'un procédé qui sera décrit plus bas ; le métal précieux, sous forme d'un alliage de plomb riche, était introduit dans l'une des branches. L'expérience montra que l'or, en tombant par son poids, se distribuait rapidement et uniformément dans la colonne de plomb *ab* qui l'avait reçu et dans l'arrondi *bc* à la base du tube en U (fig. *a*). Au bout d'un nombre donné de jours, les tubes étaient retirés avec précaution et

(1 GUTHRIE, " Phil. Mag. ", vol. 16, 1883, p. 321. W. S. HUMPHREYS a fait récemment des expériences sur la diffusion du zinc, du plomb, de l'étain, du bismuth, de l'argent et du cuivre dans le mercure, Trans. Chem. Soc. ", vol. 69, 1896, p. 243.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

refroidis à partir du fond. Le tube était alors scié en tranches numérotées d'épaisseur connue et on dosait l'or dans chaque tranche.

Il se trouva que l'usage de tubes en U augmentait beaucoup les difficultés du calcul, parce qu'on est très mal renseigné sur la distribution, pendant l'expérience, du métal diffusé dans la région du coude de l'U. En fin de compte, on admit que la concentration au coude était restée constamment égale à la moyenne des concentrations initiale et finale; mais les résultats étaient moins sûrs que ceux d'expériences postérieures faites avec des tubes simples, et je me suis décidé à les sacrifier.

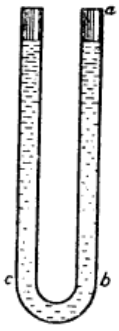


Fig. *a*.

Lord Kelvin avait bien voulu s'intéresser à mes recherches, et c'est lui surtout qui m'a engagé à les poursuivre. Dans une lettre du 4 novembre 1883, il me rappelait la nécessité de maintenir une température décroissante de la surface au fond des tubes, et, depuis lors, il m'a donné, sur divers points de détail, des conseils qui, je n'ai pas besoin de le dire, ont été suivis.

Description des derniers appareils. — Les tubes qui contiennent le plomb dans lequel la diffusion se produit sont arrangés dans un petit four de construction spéciale. Dans les premières expériences, ces tubes avaient été, comme on l'a dit, placés dans un bain de plomb fondu; mais ce dispositif a été abandonné pour un bain d'air à double paroi qui peut être porté au-dessus du point de fusion du plomb et maintenu facilement à une température déterminée. La figure 2 montre l'agencement général. Les tubes, tels que T et T', sont placés dans un cylindre de fer I, de 76 millimètres de diamètre et de 178 millimètres de haut. La coupe (même figure) fait voir six tubes de diffusion, disposés symétriquement dans le cylindre de fer, qui est lui-même enveloppé par un cylindre de cuivre épais, C, de 108 millimètres de diamètre et de 210 millimètres de hauteur. La moitié inférieure du vase en cuivre est entourée d'une couche d'asbeste A. Deux disques de cuivre DD', séparés aussi par une couche d'asbeste, forment couvercle.

Le chauffage se fait par une série de brûleurs à gaz en terre réfractaire, BB', montés sur un tuyau annulaire, RR, et entourant la partie supérieure du cylindre en cuivre. Des manchons GG'G''G''' et un couvercle H, le tout en terre, complètent la construction du four.

Il est naturellement très important d'avoir un débit de gaz régulier : c'est ce que l'on obtient au moyen d'un régulateur (fig. 3). Un manomètre très sensible, qui n'est pas représenté sur la figure, indiquerait toute variation de la pression du gaz.

Le manque d'une méthode exacte, pour la mesure des températures, aurait rendu les expériences impossibles. Mais on réussit aisément avec les couples thermo-électriques. Ces couples J,J',J'' sont représentés sur la fig. 2. J'ai décrit longuement ailleurs (1) la manière de s'en servir et le dispositif annexe pour l'enregistrement photographique des températures. Il suffira d'énumérer ici les différentes parties de l'appareil. C'est une chambre noire d'environ $1^{m},50$ de long (fig. 2) dans laquelle est enfermé le galvanomètre. La plaque sensible mobile est placée dans une autre chambre D, reliée à la première par un soufflet J, ce qui permet de régler la position de la plaque à angle droit sur le rayon lumineux réfléchi par le miroir fixe F du galvanomètre. A l'intérieur de la chambre se trouve une lunette T avec une lentille L qui

(1) " Roy. Soc. Proc. ", vol. 49, 1891, p. 347. "Inst. Civil Engineers Proc. ", vol. 110, 1891-2, Part. IV.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

reçoit du miroir H la lumière extérieure et la renvoie sur les miroirs F et M du galvanomètre. Le miroir M est mobile; c'est lui qui est dévié par le courant thermo-électrique. Le miroir F, au contraire, est fixé sur le bâti du galvanomètre par l'intermé-

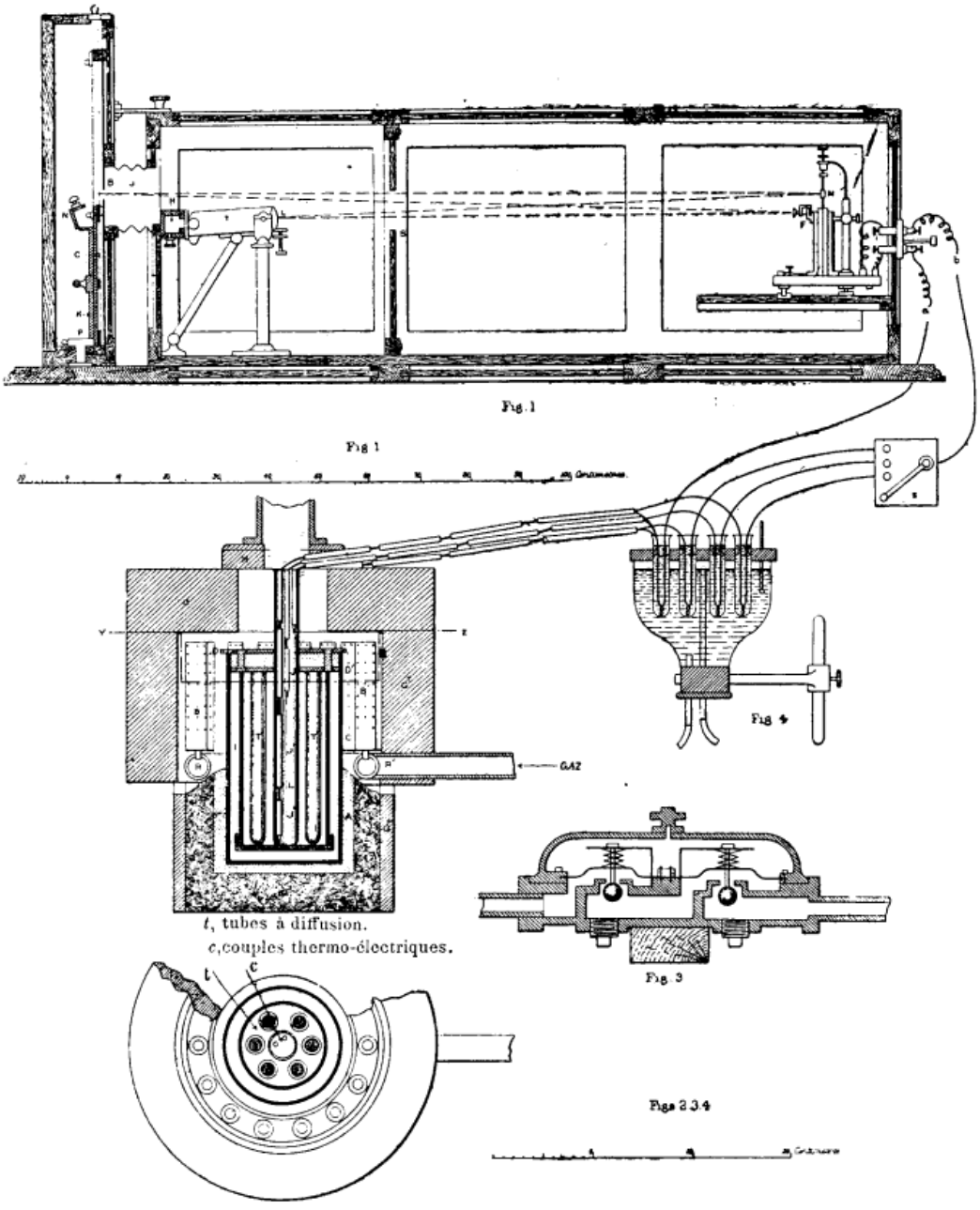


Fig. 1 à 4.

diaire d'un bras : son rôle est de renvoyer un rayon lumineux du miroir H sur la fente B et de tracer ainsi une ligne de repère sur la plaque sensible en mouvement. La température est mesurée par la position de l'index lumineux réfléchi par le miroir mobile M. Un écran interrompt la lumière renvoyée par les pièces polies du galvanomètre. L'ex-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

trémité du tube T est munie d'une fente dont on peut régler l'ouverture pour faire varier la largeur des raies sur la plaque photographique. Le miroir H est monté sur un support convenable qui permet de recevoir la lumière extérieure d'un côté ou de l'autre. On peut, de l'extérieur de la chambre, déplacer la lentille L pour la mise au point. Sur le derrière se trouvent les bornes pour relier les couples au galvanomètre par l'intermédiaire des fils *a*, *b*, et des soudures froides que montre la fig. 4. La plaque sensible est fixée à son chariot C par de petites cames et le chariot C est enfermé dans un châssis K muni d'une porte dont les joints ne laissent pas passer la lumière. Ce châssis est maintenu en place par un verrou P. La plaque photographique est reliée en D au moteur; elle se déplace devant la fente B, conduite par le poids d'un beau mouvement d'horlogerie dû à l'artiste bien connu, M. David Glasgow.

En se reportant à la figure 2, on voit qu'au centre du cylindre intérieur qui contient les tubes de diffusion se trouve un tube métallique L et, dans ce tube, plusieurs couples J, J′, J″ à différentes profondeurs. Chaque tube, comme le montre la fig. 2, est dûment protégé et isolé par des tuyaux de terre qui remplissent à peu près le tube L en y empêchant la libre circulation de l'air. Ces couples, par l'intermédiaire d'un commutateur S mû par un mouvement d'horlogerie, sont mis tour à tour en communication avec le galvanomètre (fig. 4). Et, par la déviation du miroir M, (fig. 1), la température de chaque soudure peut à tout moment être observée sur une échelle transparente ou enregistrée photographiquement. On peut ainsi obtenir un enregistrement continu de la température en trois endroits du bain d'air; les indications de chaque couple sont, il est vrai, intermittentes, et donnent sur la plaque sensible une ligne ponctuée. Mais les points sont très rapprochés et, en fait, on a trois courbes bien distinctes de la température par rapport au temps; il est facile de découvrir et de mesurer sur ces courbes toute variation de température. Les expériences, très nombreuses, montrent qu'il ne se produit pas de variation rapide; mais la température s'abaisse lentement depuis le commencement jusqu'à la fin d'un essai, parce que les produits de la combustion du gaz encrassent légèrement les brûleurs. A l'avenir, on fera usage d'un thermostat. Mais, en réglant de temps en temps à la main les robinets de gaz suivant les indications des pyromètres, on arrivait à rendre la température pratiquement constante. On s'est assuré que les couples placés dans le tube central donnaient bien les différences moyennes de température entre le fond, le milieu et le haut du bain et on n'a pas trouvé de raisons pour continuer l'usage du bain de plomb qui avait d'abord été adopté et qui compliquait beaucoup les manipulations.

Maintenant que l'on est fixé sur la possibilité de mesurer exactement la diffusion des métaux fondus et que l'on sait n'être pas gêné par les courants de convection, même quand les températures aux deux extrémités d'un tube ne diffèrent pas de plus de 35°, on pourra essayer de supprimer cette différenee de température, comptant seulement sur la différence des densités entre le métal dissolvant et le métal qui se diffuse. Il faudra aussi établir un appareil où la température puisse être réglée automatiquement pendant un temps prolongé en un point quelconque entre 15 et 600 degrés.

Après un temps donné, qui a varié de six heures à sept jours, les tubes de diffusion étaient retirés, refroidis à partir du bas, soigneusement mesurés et finalement coupés en tranches numérotées dont chacune était pesée et analysée, Quand on opère sur l'or, le dosage dans les diverses tranches de plomb peut se faire avec la plus grande précision par la méthode ordinaire de la coupellation, à la condition de conduire simultanément des essais sur des alliages préparés par synthèse. C'est ce que savent tous les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

chimistes compétents. Le dosage du platine ou du rhodium dans le plomb est plus difficile; mais il est inutile d'entrer dans les détails analytiques.

Si le bain est chauffé par le haut et non protégé à sa base, le dessus sera beaucoup plus chaud que le fond et la diffusion sera naturellement beaucoup plus rapide vers le haut des tubes. Il faut aussi que la surface soit convenablement abritée; sinon elle se refroidirait et il se produirait des courants de convection. D'autre part, la surface du plomb s'oxyde et forme une scorie séparable, de sorte que l'or ou le platine se concentrent dans la tranche supérieure : on a souvent remarqué que cette première tranche était un peu plus riche que la tranche immédiatement inférieure.

Dans les expériences dont les graphiques des figures 6 et 7 (p. 253) représentent les résultats, la température indiquée par le couple du haut avait été portée graduellement à 550° et était restée pratiquement constante pendant la plus grande partie de la durée de l'expérience, c'est-à-dire pendant près de sept jours. Pendant les deux derniers jours seulement, elle était lentement descendue à 500°, par suite de l'obstruction des brûleurs. Le couple du milieu marquait 25° de moins et le couple inférieur 35° de moins; on a admis pour température de l'expérience la température moyenne du couple moyen. Les températures ont été calculées en prenant pour bases la fusion de l'or à 1045° et celle du plomb à 325°. Les derniers travaux relatifs à la pyrométrie tendent à montrer que le premier chiffre serait de 15° environ trop bas (1).

Quelques considérations générales sur le phénomène étudié peuvent trouver ici leur place.

On admet aujourd'hui que la diffusion liquide est le résultat de la pression osmotique (2). Il se produit un mouvement des molécules ou des atomes de la substance dissoute; ces particules sont chassées par une force moléculaire des régions où elles sont plus serrées, et où elles exercent par conséquent la plus grande pression, vers les régions où elles sont plus rares. Le mouvement continue jusqu'à ce que la concentration et, avec elle, la pression du métal diffusé soient uniformes dans tout le liquide.

La méthode de Graham pour l'étude de la diffusion liquide consistait à introduire dans de grands cylindres pleins d'eau des fioles à large ouverture contenant les solutions salines et à laisser le sel se diffuser. Mais cette méthode ne s'adaptait pas très bien aux présentes expériences, à cause de la difficulté des manipulations et des calculs. D'où l'emploi des tubes verticaux qui ont été décrits.

Dans mes premiers essais de 1883, les petites sphères de métal précieux extraites des tranches successives de plomb avaient été disposées sur un carton à des distances mesurées; chacune d'elles figurait donc la teneur en or de la tranche correspondante, et l'aspect général présenté par cet arrangement semblait témoigner de l'exactitude de la méthode. Il paraissait dès lors probable que la loi de la diffusion des sels, donnée par Fick, s'appliquerait également à la diffusion des métaux les uns dans les autres. Cette loi de Fick pose que « la quantité de sel qui se diffuse à travers une surface donnée est proportionnelle à la différence de concentration entre deux surfaces infiniment rapprochées ».

Fick a appliqué aux phénomènes généraux de la diffusion de la matière la théorie de la conduction établie par Fourier. La loi de la diffusion est énoncée comme il suit

(1) Voir Heycook and Neville, " Trans. Chem. Soc. ", vol. 67, 1895, p. 160. Roberts-Austen, " Nature ", May 9, 1895, p. 40. Le Chatelier, " Comptes Rendus ", vol. 121, 1895, p. 323.

(2) Nernst, " Zeitsch. für Physikal. Chemie ", vol. II, 1888, p. 613.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

par lord Kelvin(1) : « La variation de la *condition* pendant l'unité de temps est égale au produit du coefficient de diffusibilité par la variation seconde de la *condition* par unité de longueur. » Dans le cas de la diffusion des sels ou des métaux, la *condition* est la concentration du corps qui se diffuse ou la différence de concentration par comparaison avec une certaine valeur fixée.

Le mouvement de diffusion linéaire peut donc être exprimé par l'équation différentielle

$$\frac{dv}{dt} = k \frac{d^2v}{dx^2}$$

x est la distance dans le sens de la diffusion, v le degré de concentration du métal qui se diffuse et t le temps; k est le coefficient de diffusibilité ou la constante de diffusion, c'est-à-dire le nombre qui représente le poids du métal (en grammes) diffusé pendant l'unité de temps (un jour) à travers l'unité de surface (1 centimètre carré), quand la différence de concentration (en grammes par centimètre cube) reste égale à l'unité de part et d'autre d'une couche de 1 centimètre d'épaisseur. L'unité de diffusibilité a les dimensions $[L^2T^{-1}]$; de sorte que les constantes de diffusion peuvent être exprimées en centimètres carrés par jour. Chaque couple de métaux possède une constante de valeur fixe à une température donnée, et l'objet des expériences sur la diffusion est de déterminer cette valeur.

Dans l'équation, $\frac{dv}{dt}$ est l'accroissement de concentration qui se produit en un point pendant l'unité de temps; $\frac{dv}{dx}$ est la différence de concentration de part et d'autre d'une couche de 1 centimètre d'épaisseur et $\frac{d^2v}{dx^2}$ représente la variation de $\frac{dv}{dx}$ qui se produit quand on déplace le point considéré d'une longueur égale à l'unité parallèlement à l'axe du tube.

Dans les figures 6, 7 et 9 (pp. 253 et 256), les valeurs de x sont prises pour abscisses, celles de t pour ordonnées; $\frac{dv}{dx}$ est la tangente de l'inclinaison de la courbe sur l'horizon; $\frac{d^2v}{dx^2}$ est la variation de cette tangente pour une variation de x égale à l'unité, c'est-à-dire la courbure de la courbe de diffusion.

Mes expériences et mes calculs étaient déjà fort avancés quand j'ai vu qu'il était possible d'utiliser les tables de Stefan (2). Avec l'aide de ces tables, on peut, connaissant la distribution du métal dissous, déterminer la constante de diffusion dans le cas des essais sur les tubes droits.

Résultats d'expérience. — Les tableaux suivants, A, B, C, D, réunissent les résultats de quatre expériences faites simultanément, deux sur l'or et deux sur le platine, avec des tubes droits verticaux. Ils montrent comment on peut déduire les diffusibilités respectives des données expérimentales. Dans le cas du tableau A, par exemple, l'alliage d'or et de plomb a été abandonné à la diffusion, comme il a été dit. L'alliage relativement riche (30 p. 100 d'or) occupait $2^{cm},108$ de la longueur du tube. Le tube,

(1) " Mathematical and Physical Papers ", vol. III, 1890, p. 428.
(2) STEFAN, " Wien. Akad. Ber. ", vol. LXXIX, 1879, p. 161.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dont la longueur totale était de 16 centimètres, a été ultérieurement coupé en tranches de $1^{cm},054$, chiffre égal à la moitié de la longueur occupée par l'alliage riche. La raison de ce mode de division était la suivante : dans les expériences de Graham sur la diffusion des sels qui forment la base des tables de Stefan, la solution concentrée soumise à la diffusion occupait deux des tranches entre lesquelles on partageait pour l'analyse le contenu des cylindres. La longueur de l'une de ces tranches, c'est-à-dire la demi longueur de la partie du tube occupée par l'alliage riche, est désignée dans les calculs par la lettre h. Dans l'expérience du tableau A, on a quatorze de ces tranches, dont les numéros consécutifs forment la colonne 1. La colonne 2 donne le poids de chaque tranche et celui de l'or qui en a été extrait. On en déduit la teneur en or pour 100 parties d'alliage en poids (colonne 3) et pour des volumes égaux de *solution* (colonne 4), correction faite pour les variations de densité. En effet, la densité des alliages de plomb et d'or augmente avec la proportion d'or; et la concentration, c'est-à-dire le poids d'or contenu dans un même volume d'alliage, n'est pas exactement donné par les chiffres de la colonne 3. On peut d'ailleurs admettre que les densités des alliages liquides sont proportionnelles à leurs densités calculées et ce sont les nombres ainsi obtenus qui ont été inscrits dans la colonne 4.

Les tables de Stefan pour le calcul de la diffusilité absolue en partant des expériences de Graham donnent, pour différentes valeurs du facteur $\frac{h}{2\sqrt{kt}}$, la concentration dans chaque tranche d'un cylindre de diffusion, en supposant que les deux volumes de la solution concentrée originelle contenaient 10 000 unités de sel. Il résulte de là que la somme des nombres représentant la concentration dans toutes les tranches sera toujours égale à 10 000. Les chiffres de la colonne 4 doivent donc être divisés par un nombre convenable; et l'on obtient ce commun diviseur en divisant par 10 000 la somme des nombres de la colonne 4. Pour l'expérience du tableau A, on trouve ainsi 0,005719 : la colonne 5 donne les quotients des chiffres de la colonne 4 par le commun diviseur.

La colonne 6 donne la concentration théorique dans chaque tranche pour les deux valeurs 0,11 et 0,12 du facteur $\frac{h}{2\sqrt{kt}}$, les résultats de l'expérience considérée (sur la diffusion de l'or dans le plomb) tombant entre ces deux valeurs.

Stefan a utilisé, pour le calcul des résultats de Graham, l'analogie formelle qui rapproche les mouvements de diffusion des mouvements ondulatoires; ces deux sortes de mouvements sont exprimés par l'équation différentielle déjà citée : $\frac{dv}{dt} = k\frac{d^2v}{dx^2}$. Les calculs avaient été faits dans l'hypothèse d'un cylindre infiniment long; pour les rendre applicables à un cylindre de longueur finie (ce qui est notre cas), on a recours au principe de la réflexion et de la superposition; c'est-à-dire que la quantité de substance qui se serait diffusée au delà de l'extrémité du cylindre de longueur finie est supposée réfléchie en totalité, puis distribuée par diffusion et retenue dans les différentes tranches du tube. Les chiffres de la colonne 6 ont été corrigés en conséquence.

La dernière colonne, 7, donne, pour chaque tranche, la valeur du facteur $\frac{h}{2\sqrt{kt}}$ correspondant à la concentration observée. Si les expériences ne comportaient pas d'erreurs, tous les chiffres de cette colonne 7 devraient être identiques, en vertu de la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

loi de Fick. En réalité, ils sont bien concordants et les écarts trouvés peuvent être attribués aux erreurs d'expérience. Il est clair qu'une expérience a d'autant plus de valeur que ces chiffres de la colonne 7 sont plus uniformes.

Extrait du registre de laboratoire montrant la méthode de calcul appliquée aux résultats de quatre expériences sur la diffusion de l'or ou du platine dans le plomb. Les expériences ont commencé le 9 octobre 1894 et ont duré 6,96 jours. Température moyenne = 492°.

TABLEAU A. — TUBE 1. — DIFFUSION DE L'OR DANS LE PLOMB.

1 — NUMÉRO de la tranche du tube à diffusion.	2 — POIDS DE MÉTAL EN GRAMMES DANS CHAQUE TRANCHE. Alliage d'or et de plomb.	2 — POIDS DE MÉTAL EN GRAMMES DANS CHAQUE TRANCHE. Or.	3 — OR p. 100 dans chaque tranche.	4 — OR p. 100 rapporté à des volumes égaux de solution.	5 — QUOTIENTS par 0,005719.	6 — CHIFFRES THÉORIQUES POUR $\frac{h}{2\sqrt{kt}} = 0.11$.	6 — CHIFFRES THÉORIQUES POUR $\frac{h}{2\sqrt{kt}} = 0.12$.	7 — $\frac{h}{2\sqrt{kt}}$ par interpolation.
1	2.63	0.1876	7.13	7.38	1291	1217	1322	0.117
2	3.20	0.2247	7.02	7.26	1270	1188	1286	0.118
3	3.15	0.2096	6.65	6.87	1201	1135	1217	0.118
4	3.02	0.1846	6.11	6.29	1100	1058	1120	0.117
5	3.57	0.1950	5.46	5.60	979	965	1004	0.113
6	2 52	0.1212	4.81	4.92	860	860	874	0.110
7	3.16	0.1317	4.17	4.25	743	749	742	0.119
8	2.93	0.1030	3.52	3.58	626	640	613	0.115
9	3.19	0.0903	2.83	2.87	502	538	496	0.119
10	2.67	0.0593	2.22	2.24	392	447	393	0.120
11	2.74	0.0477	1.74	1.75	306	370	308	0.120
12	2.61	0.0354	1.35	1.36	238	310	244	0.121
13	3.16	0 0308	0.97	0.97	170	269	201	0.125
14	4.37	0.0374	0.85	0.85	149	249	180	0.125
		SOMME.		57.19			MOYENNE	0.1184

$h = 1{,}054^{cm}$ à froid $= 1{,}082^{cm}$ à 492°; d'où $kt = 20{,}88$;
$t = 6{,}96$ jours; d'où $k = 3{,}00^{cm^2}$ par jour.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU B. — TUBE 2. — DIFFUSION DE L'OR DANS LE PLOMB.

1 — NUMÉRO de la tranche du tube à diffusion.	2 — POIDS DE MÉTAL EN GRAMMES DANS CHAQUE TRANCHE. Alliage d'or et de plomb.	Or.	3 — OR p. 100 dans chaque tranche.	4 — OR p. 100 rapporté à des volumes égaux de solution.	5 — QUOTIENTS par 0,0054785.	6 — CHIFFRES THÉORIQUES POUR $\frac{h}{2\sqrt{kt}} = 0.13.$	$\frac{h}{2\sqrt{kt}} = 0.14.$	7 — $\frac{h}{2\sqrt{kt}}$ par interpolation.
1	2.44	0.1855	7.603	7.887	1440	1427	1530	0.1313
2	3.72	0.2768	7.442	7.717	1408	1381	1474	0.1329
3	3.64	0.2529	6.948	7.186	1312	1295	1369	0.1321
4	3.35	0.2111	6.302	6.500	1187	1176	1225	0.1322
5	3.50	0.1931	5.518	5.666	1034	1035	1056	
6	3.54	0.1688	4.769	4.879	891	882	878	
7	3.20	0.1242	3.882	3.954	722	728	706	0.1327
8	3.36	0.1050	3.125	3.170	579	585	544	0.1315
9	3.85	0.0928	2.411	2.439	445	475	407	0.1324
10	3.79	0.0691	1.823	1.839	336	352	298	0.1330
11	3.29	0.0451	1.371	1.379	252	272	217	0.1338
12	3.17	0.0349	1.101	1.107	202	218	163	0.1330
13	2.99	0.0313	1.047	1.062	194	191	136	»
	SOMME.			54.785		MOYENNE.		0.1325

$h = 1{,}194^{cm}$ à froid $= 1{,}225^{cm}$ à 492°; d'où $kt = 21{,}37$; $t = 6{,}96$ jours; d'où $k = 3{,}07^{cm^2}$ par jour.

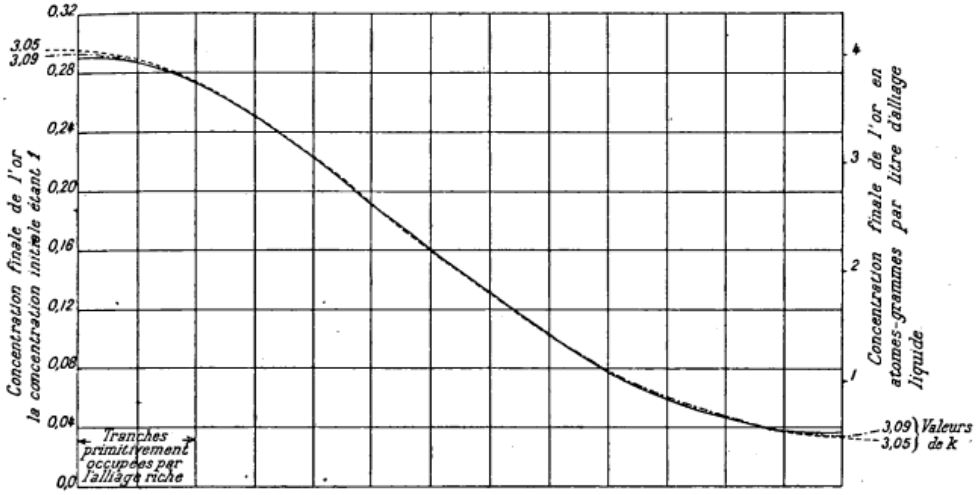
TABLEAU C. — TUBE 3. — DIFFUSION DU PLATINE DANS LE PLOMB.

1 — NUMÉRO de la tranche du tube à diffusion.	2 — POIDS DE MÉTAL EN GRAMMES DANS CHAQUE TRANCHE. Alliage de platine et de plomb.	Platine.	3 — Platine p. 100 dans chaque tranche.	4 — Platine p. 100 rapporté à des volumes égaux de solution.	5 — QUOTIENTS par 0,0048654.	6 — CHIFFRES THÉORIQUES POUR — $\frac{h}{2\sqrt{kt}} = 0{,}18.$	$\frac{h}{2\sqrt{kt}} = 0{,}19.$	7 — $\frac{h}{2\sqrt{kt}}$ (par interpolation).
1	3.11	0.2805	9.020	9.744	2003	1927	2023	0.188
2	3.37	0.2845	8.442	9.076	1865	1817	1895	0.186
3	3.40	0.2527	7.434	7.925	1629	1614	1664	0.183
4	3.68	0.2265	6.155	6.492	1334	1352	1368	
5	3.67	0.1850	5.041	5.268	1083	1067	1054	
6	3.94	0.1383	3.510	3.619	744	793	760	0.194
7	3.84	0.0933	2.430	2.482	510	556	513	0.190
8	3.32	0.0530	1.596	1.618	332	368	324	0.188
9	3.98	0.0404	1.015	1.024	210	230	193	0.185
10	3.65	0.0216	0.592	0.595	122	137	108	0.185
11	3.16	0.0132	0.418	0.420	86	83	60	0.179
12	4.33	0.0169	0.390	0.391	80	57	39	
	SOMME.			48.654		MOYENNE.		0.186

$h = 1{,}245^{cm}$ à froid $= 1{,}277^{cm}$ à 492°; d'où $kt = 11{,}79$; $t = 6{,}96$ jours; d'où $k = 1{,}69^{cm^2}$ par jour.

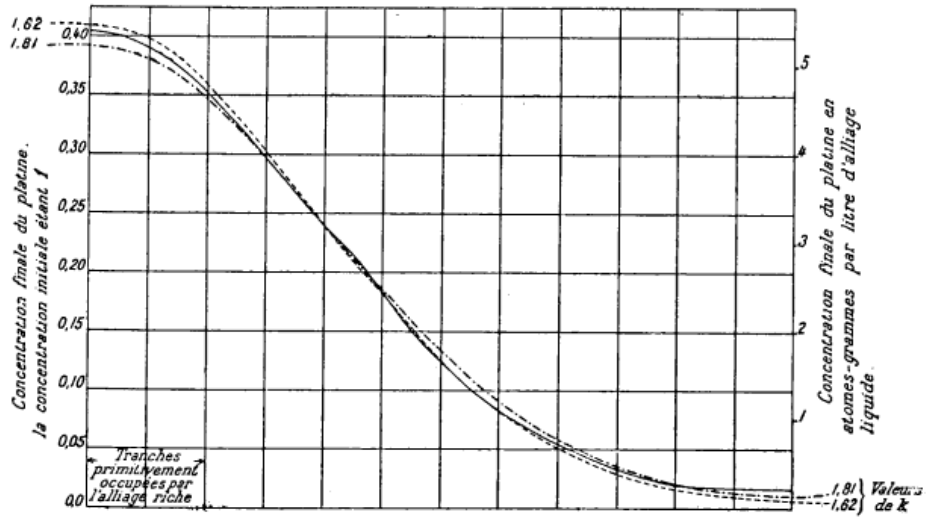
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans les fig. 6 et 7, les expériences des tableaux B et C sont mises en courbes (lignes pleines) en prenant pour coordonnées les distances et les concentrations. Les



Distances le long des tubes à diffusion.

Fig 6 (d'après le tableau B). — Diffusion de l'or dans le plomb pendant 6,96 jours à 492°.



Distances le long des tubes à diffusion.

Fig. 7 (d'après le tableau C). — Diffusion du platine dans le plomb pendant 6,96 jours à 492°.

Chaque ligne verticale marque une des coupes du cylindre de plomb solidifié. La longueur de chaque tranche est de 1cm,225 pour la fig. 6 et de 1cm,277 pour la fig. 7. Le métal précieux occupait à l'origine les deux premières tranches. Les courbes pointillées montrent la distribution théorique du métal précieux dans un cylindre de plomb fluide, les valeurs de k étant respectivement 3,05 et 3,09 (fig. 6), 1,62 et 1,81 fig. 7).
La courbe pleine montre la distribution réelle trouvée par expérience.

courbes pointillées montrent les distributions théoriques pour deux valeurs voisines de $\frac{h}{2\sqrt{kt}}$ qui comprennent entre elles la valeur vraie de ce facteur.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU D. — TUBE 4. — DIFFUSION DU PLATINE DANS LE PLOMB.

1 — NUMERO de la tranche du tube à diffusion.	2 — POIDS DE MÉTAL EN GRAMMES DANS CHAQUE TRANCHE. Alliage de platine et de plomb.	Platine.	3 — Platine p. 100 dans chaque tranche.	4 — Platine p. 100 rapporté à des volumes égaux de solution.	5 — QUOTIENTS par 0,0048556.	6 — CHIFFRES THÉORIQUES POUR $\frac{h}{2\sqrt{kt}}=0,18.$	$\frac{h}{2\sqrt{kt}}=0,19.$	7 — $\frac{h}{2\sqrt{kt}}$ par interpolation).
1	3.17	0.2795	8.817	9.509	1958	1927	2023	0.183
2	3.85	0.3435	8.922	9.613	1980	1817	1895	0.201
3	3.49	0.2690	7.707	8.235	1696	1614	1664	0.196
4	4.47	0.2761	6.177	6.517	1344	1352	1368	0.175
5	2.62	0.1280	4.885	5.093	1049	1067	1054	0.194
6	4.12	0.1471	3.571	3.682	758	793	760	0.191
7	3.62	0.0891	2.462	2.514	517	556	513	0.189
8	3.40	0.0491	1.444	1.462	301	368	324	0.195
9	3.73	0.0342	917	0.925	190	230	193	0.191
10	3.57	0.0169	473	0.475	102	137	108	0.191
11	3.26	0.0099	304	0.305	62	83	60	0.189
12	3.28	0.0074	226	0.226	46	57	39	0.186
	SOMME			48.556		MOYENNE.		0.190

$h = 1,27^{cm}$ à froid $= 1,303^{cm}$ à 492°; d'où $kt = 11,76$
$t = 6,96$ jours; d'où $k = 1,69^{cm^2}$ par jour.

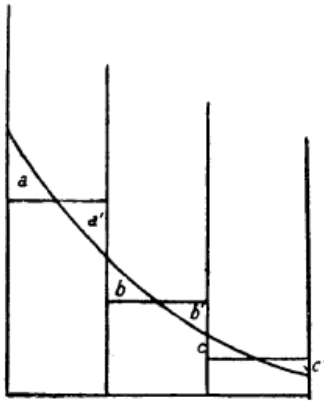


Fig. 8

La longueur de la base de la figure représente la hauteur du tube à diffusion, et cette longueur est partagée par les ordonnées en autant de parties égales qu'il a été fait de tranches dans le tube. La concentration dans chaque tranche était marquée par un trait horizontal au crayon : la courbe continue de la fig. 8 et celles des fig. 6 et 7 ont été menées à travers ces traits de telle façon que la surface limitée par la courbe et deux ordonnées voisines représentât la concentration moyenne dans la tranche correspondante. C'est-à-dire que l'on prenait $a = a'$, $b = b'$, $c = c'$ (fig. 8). On évitait ainsi la petite erreur qui eût été commise, si la concentration moyenne eût été simplement pointée au milieu de chaque tranche. La courbe n'est donc pas, à proprement parler, tracée par points; mais sa position moyenne dans chaque tranche représente un résultat d'analyse.

Les courbes pointillées donnent les concentrations calculées à l'aide des tables de Stefan pour les deux valeurs de $\frac{h}{2\sqrt{kt}}$ qui comprennent entre elles les résultats d'expérience dans le plus grand nombre des tranches; elles ont été construites par la même méthode que les courbes pleines; la valeur de k déduite de chaque valeur de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

$\frac{h}{2\sqrt{kt}}$ est indiquée aux deux extrémités de la courbe pointillée correspondante, et ces chiffres ne doivent pas être confondus avec les concentrations.

Pour construire ces courbes pointillées, il a fallu prendre, dans le cas de la fig. 7, des valeurs de k beaucoup plus écartées que dans le cas de la fig. 6. La fig. 6, qui représente la diffusion de l'or dans le plomb, est très bien d'accord avec la théorie; la fig. 7, qui représente la diffusion du platine dans le plomb, montre de grandes irrégularités, dues probablement à des erreurs d'expérience. On a pris pour la valeur définitive de $\frac{h}{2\sqrt{kt}}$ la moyenne des chiffres de la colonne 7; et de là, connaissant h et t, on tire la valeur de k.

On se rappelle que la longueur de chaque tranche (tableau A) est de 1,054 centimètre, c'est-à-dire la moitié de la longueur du tube occupée par l'alliage riche en or. Cependant, comme la mesure a été prise sur le métal solide et refroidi, il a fallu la corriger pour la rapporter à la température de l'expérience. Cette correction a été fondée sur la détermination expérimentale de la dilatation linéaire des métaux fondus, contenus dans les tubes de fer. C'est la valeur corrigée de h, 1,082 centimètre, qui a été portée avec celle du temps (6,96 jours) dans l'équation $\frac{h}{2\sqrt{kt}} = 0{,}1184$.

On a trouvé ainsi $k = 3{,}00$, les unités étant le *centimètre* et le *jour*. Les expériences des tableaux A, B, C et D ont été conduites simultanément; les conditions de temps et de température sont donc les mêmes pour tous les quatre.

Les expériences A et B ont porté sur la diffusion de l'or, C et D sur celle du platine dans le plomb. Les valeurs obtenues pour k sont respectivement 3,00 et 3,07 dans le cas de l'or, 1,69 et 1,69 dans le cas du platine, la température étant toujours de 492°. On peut penser qu'il n'était pas nécessaire d'opérer à une température aussi élevée. Mais d'autres essais sont en cours pour lesquels il est fait usage d'alliages de plomb riches en or, et il a paru convenable de se placer au-dessus du point de fusion de toute la série des alliages.

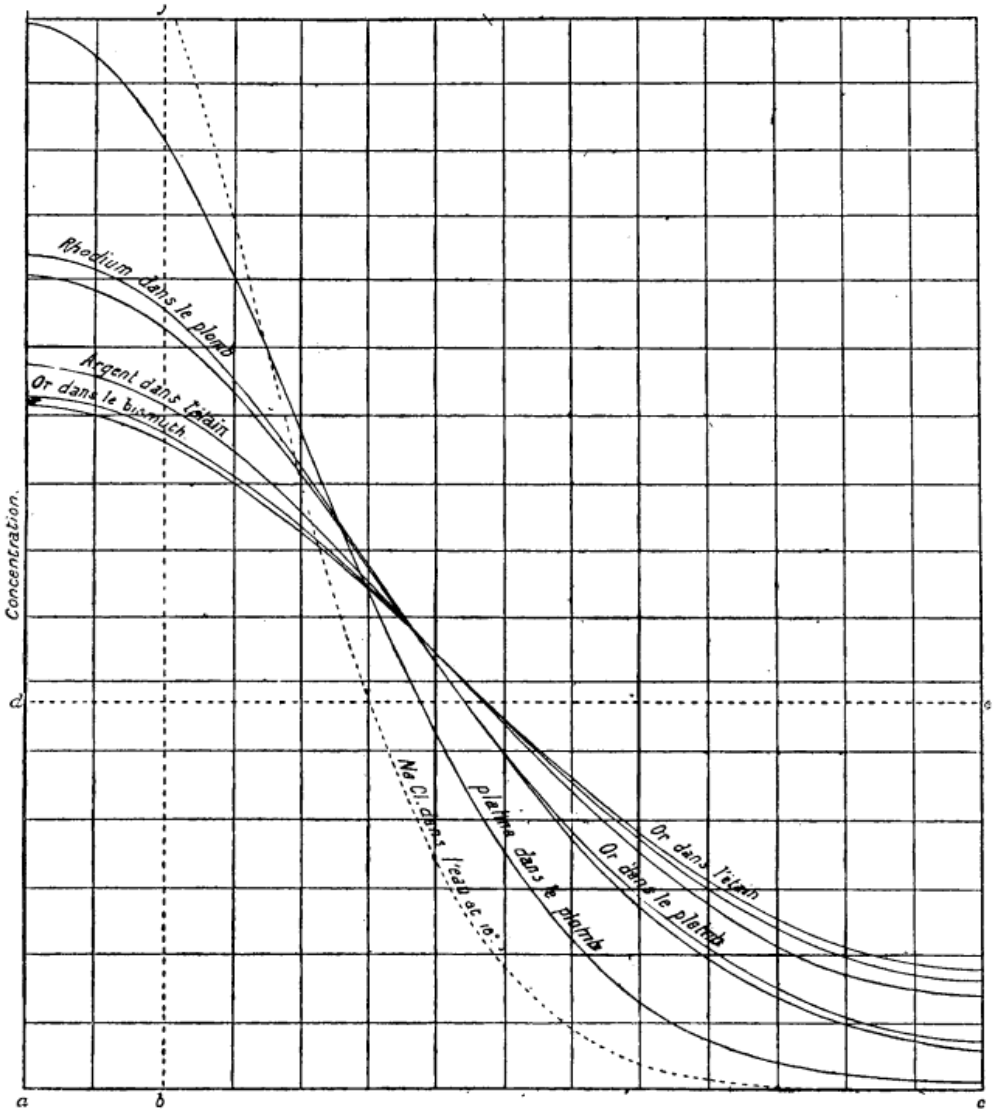
TABLEAU E

MÉTAL EN DIFFUSION.	DISSOLVANT.	TEMPÉRATURE.	k (EN CENTIMÈTRES CARRÉS.) PAR JOUR.	k (EN CENTIMÈTRES CARRÉS.) PAR SECONDE.
		Degrés.		
Or.	Plomb.	492	3.00	3.47×10^{-5}
—	—	492	3.07	3.55 »
Platine.	—	492	1.69	1.96 »
—	—	492	1.69	1.96 »
Or.	—	555	3.19	3.69 »
—	Bismuth.	555	4.52	5.23 »
—	Etain.	555	4.65	5.38 »
Argent.	—	555	4.14	4.79 »
Plomb.	—	555	3.18	3.68 »
Or.	Plomb.	550	3.185	3.69 »
Rhodium.	—	550	3.035	3.51 »

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le tableau E contient les résultats d'expériences plus récentes; les valeurs de k y sont données en centimètres carrés par jour et par seconde. Le coefficient de diffusibilité du plomb dans l'étain est moins sûr que les autres.

Les résultats sont représentés graphiquement par les courbes de la fig. 9, qui



Longueur de la colonne fluide réduite aux 2/3.

Fig. 9. — Résultats de la diffusion pendant 7 jours de métaux fondus à 500° et du chlorure de sodium dans l'eau à 18°.

montrent la distribution théorique des différents métaux après sept jours de diffusion à la température de 500° environ.

Les abscisses sont les distances dans le sens de la diffusion; les ordonnées sont les concentrations. En faisant tourner le graphique de 90°, on verrait immédiatement la marche verticale de la diffusion le long du tube. Chacun des métaux occupait à l'ori-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

gine la partie ab du tube et la concentration initiale était la même dans tous les cas.

Au bout d'un temps infiniment long, l'état final serait représenté pour tous les essais par l'horizontale de; et, pour chaque couple de métaux, la diffusibilité relative est d'autant plus grande que la distribution réalisée pendant l'expérience se rapproche davantage de cet état final.

La figure 10 montre clairement ce que serait un tel état. La longueur cd représente la partie du tube occupée par l'alliage d'or d'où part la diffusion et ca la concentration originelle de cet alliage: l'aire $abdc$ représente donc la quantité totale d'or employé, tout l'or étant, à l'origine, sur la gauche de la ligne db. L'état final de complète diffusion serait figuré par l'aire $cefg$ = aire $abdc$, puisque la quantité d'or reste constante. De même, l'aire $cxyg$ figurerait la distribution de l'or à un certain moment de la diffusion.

Plus grand est le pouvoir diffusif du métal représenté par l'aire $cxyg$, plus vite cette aire atteindra la forme $cefg$; et, pour une même durée d'expérience, plus la courbe xy sera aplatie, plus la diffusibilité du métal sera grande.

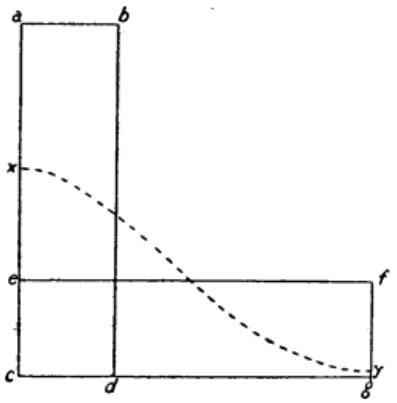


Fig. 10.

La diffusion du chlorure de sodium dans l'eau à 18° a été figurée fig. 9 (en ligne pointillée), comme terme de comparaison. On verra que (à 18°) le sel marin se diffuse beaucoup moins dans l'eau que les métaux étudiés dans le plomb ou le bismuth à 500°.

Les différentes expériences sur la diffusion des métaux avaient été conduites dans des conditions si différentes que les courbes de distribution vraiment observées, réunies sur une même planche, n'auraient offert aucun sens. La fig. 9 représente donc la distribution théorique calculée, d'après la valeur expérimentale de k, pour une température de 500°, une durée de sept jours et une division des tubes en 14 tranches de 1,27 centimètre.

Les figures 6 et 7 et les tableaux A, B, C, D ont d'ailleurs montré combien peu ces distributions calculées différaient des distributions trouvées. Les courbes ont été tracées, pour plus de simplicité, en pointant la concentration moyenne de chaque tranche au milieu de cette tranche : l'erreur ainsi introduite est presque imperceptible et, en tout cas, n'affecte pas les positions *relatives* des courbes. On n'a pas donné d'échelle pour la concentration initiale : la distribution du métal soumis à la diffusion n'est que peu affectée par de petites différences de concentration.

Mais la valeur absolue de cette concentration et les variations qu'elle subit naturellement pendant la durée d'une expérience sont d'une importance grande. La diffusibilité est plus rapide pour les alliages pauvres en métal précieux, et cela à un degré extrêmement marqué. C'est ce qui arrive surtout dans les expériences courtes, alors que la plupart des tranches contiennent des solutions extrêmement diluées. Le fait demande peut-être une étude attentive, car il indiquerait une simplification possible de la molécule de l'or sous de faibles pressions osmotiques. Il paraît demander une concentration inférieure à 0,005 atome-gramme par litre de plomb, ce qui correspond, pour une température de 450°, à une pression osmotique d'un tiers d'atmosphère environ.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les chiffres consignés dans le tableau E montrent qu'une élévation de température de 50° n'augmente pas, à beaucoup près, la diffusibilité des métaux autant que celle des sels. Il est probable que la résistance opposée par les métaux aux molécules en voie de diffusion n'est pas fortement réduite par la chaleur; et les molécules métalliques peuvent être moins sujettes à se désagréger sous l'influence d'une élévation de température.

Mais il sera bon de réunir des résultats plus nombreux avant de chercher à se faire une opinion sur l'état moléculaire des métaux dans les alliages. Cependant la diffusion métallique présente à cet égard plusieurs avantages sur la diffusion des solutions salines: avec ces dernières, on est limité pour le choix du dissolvant et resserré dans un intervalle étroit de température; de plus, si le sel est dissocié en ses ions, les vitesses de diffusion sont modifiées; enfin, le dissolvant et le sel dissous sont tous les deux des corps composés. Les métaux, au contraire, présentent, après les gaz, le cas le plus simple que l'on puisse trouver, celui de la diffusion d'un corps simple dans un autre : les résultats d'expérience doivent être, par cette raison, d'une interprétation plus facile.

Dès maintenant, on peut tirer des essais quelques déductions générales.

On a vu que l'or se diffuse plus rapidement dans le bismuth et dans l'étain que dans le plomb, métal plus dense. Le platine (bien que le chiffre ne soit pas porté dans le tableau E) se diffuse également plus vite dans le bismuth que dans le plomb. Dans les deux cas, pour le platine et pour l'or, la substitution du bismuth au plomb comme dissolvant augmente la diffusibilité sensiblement dans le même rapport. D'autre part, le platine dans le plomb se diffuse beaucoup plus lentement que l'or, bien que les poids atomiques et les densités ne soient pas très différents. Le rhodium, un autre métal du groupe du platine, se diffuse dans le plomb presque aussi rapidement que l'or, mais se rapproche du platine si on tient compte de sa moindre densité. Il paraît résulter de ces faits que les métaux du platine ont une molécule plus complexe que l'or et l'argent, puisque la complexité de la molécule tend à diminuer la pression osmotique et la vitesse de diffusion.

Les savants qui se sont occupés les premiers de la diffusion des sels n'avaient pris que l'eau pour dissolvant; cependant Kawalki (1) a donné récemment des tables de diffusion pour l'eau et l'alcool et les diffusibilités des sels dans ces deux dissolvants restent dans un rapport à peu près constant. Les expériences ci-dessus tendent à montrer qu'il en serait de même pour deux dissolvants métalliques comme le plomb et le bismuth.

Calcul des anciennes expériences. — Les résultats des premières expériences (celles qui avaient été faites dans des tubes en U) n'ont pas été donnés, comme il a été dit, parce que la grande différence de température entre le fond et la surface des tubes en rendait la signification passablement incertaine. Les calculs ont cependant été faits, à l'aide de tables de distribution théorique analogues à celles de Stefan, dans l'hypothèse d'un cylindre infini et d'une concentration constante à la base, hypothèse qui cadrait assez bien avec les conditions expérimentales réalisées. Les valeurs ainsi obtenues s'accordent très convenablement avec celles que fournissent les derniers essais; mais les inégalités de température font varier k d'un point du tube à l'autre et il était impossible de déterminer cette constante avec quelque précision.

(1) Wied, *Ann.*, vol. 52, 1894, p. 300.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Diffusion des amalgames dans le mercure. — De nombreuses expériences ont été faites sur la diffusion, à la température ordinaire, de l'or et autres métaux dans le mercure et seront l'objet d'une communication ultérieure. Je puis dire cependant que la diffusibilité de l'or dans le mercure à 11° est de 0.72 cm² par jour, celle de l'or dans le plomb étant de 3 cm² à 500° pendant le même temps. Comme on l'a vu plus haut, le docteur Guthrie (1) a publié en 1883 le compte rendu d'expériences semblables sur la diffusion dans le mercure du zinc, de l'étain, du plomb, du sodium et du potassium. Cet auteur n'a pas fait de calculs pour déterminer les diffusibilités absolues ou relatives; il dit en effet, après avoir donné la proportion centésimale du métal diffusé dans des quantités successives de mercure: « Ce n'était guère la peine de diviser ces *proportions centésimales* par les poids atomiques des métaux. » Ses expériences étaient compliquées par l'emploi, dans certains cas, de métaux solides aux lieu et place d'amalgames comme sources de diffusion. Malgré tout, avec ses chiffres et à l'aide de mesures prises sur les appareils originaux actuellement déposés au South Kensington Museum, il a été possible de faire des calculs approximatifs. Les résultats, obtenus par la méthode ci-dessus décrite, sont les valeurs suivantes de k, en centimètres carrés par jour:

Étain dans le mercure vers 15°			1,22
Plomb	—	—	1,00
Zinc	—	—	1.00
Sodium	—	—	0,45
Potassium	—	—	0,40

Guthrie concluait que « le potassium et le sodium se diffusent beaucoup plus énergiquement que les métaux plus denses examinés ». On voit que cette conclusion n'était pas justifiée par les résultats de ses expériences.

2e Partie. — Diffusion des métaux solides.

DIFFUSION DE L'OR DANS LE PLOMB SOLIDE

Les expériences décrites dans la première partie de ce travail conduisaient naturellement à chercher si l'or ne pénétrerait pas aussi le plomb à des températures très inférieures au point de fusion de ce dernier. La diffusion dans le plomb solide se produirait-elle à la température ordinaire ou devait-on communiquer au plomb une certaine viscosité en le chauffant à une température modérée ? C'est ce qu'il fallait examiner.

Historique. — L'histoire de la diffusion des solides est des plus intéressantes et, pour la passer en revue, il paraît convenable de grouper les faits connus sans s'astreindre strictement à l'ordre chronologique.

Grillage des pyrites cuprifères. — L'idée que la diffusion peut se produire dans les solides est loin d'être nouvelle et se trouve confirmée par les procédés de certaines industries importantes. Un de ces procédés, relativement ancien, puisqu'on l'applique à Agordo depuis 1692, est le grillage des pyrites cuprifères. Quand les morceaux de pyrite de fer sont chauffés graduellement en présence de l'air, le cuivre se concentre

(1) *Loc. cit.*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

au milieu de la masse de l'oxyde de fer sous la forme d'un noyau de sulfure presque pur; en même temps l'argent du minerai tend à sortir et vient former à la surface un enduit brillant. Ces phénomènes compliqués se produisent dans un corps solide et supposent des mouvements apparentés à la diffusion. (Cu^2S fond à 1065°.)

Cémentation. — De tous les procédés qui mettent la diffusion en jeu, le plus intéressant peut-être et le plus vénérable est celui qui consiste à extraire l'argent, par *cémentation*, de feuilles ou de globules d'or : le mot cémentation vient de *cément*, la mixture dans laquelle on chauffait les feuilles. Pline a indiqué le principe de la méthode et les manipulations qu'elle comporte ont été minutieusement décrites par Geber dès le VIII^e^ siècle et par plusieurs anciens métallurgistes. Savot (1), par exemple, remarque, au commencement du XVII^e^ siècle, que la *cémentation* retire de l'or l'argent qui s'y trouve contenu, *si petite* qu'en soit la proportion : l'élimination de l'argent du centre d'un morceau d'or solide suppose donc un mouvement intermoléculaire analogue à la diffusion. Mais la preuve n'est pas concluante, parce que le gaz chlore intervient et peut jouer un rôle important dans la pénétration du métal.

Un autre exemple de cémentation, depuis longtemps connu, est la transformation du fer en acier par le passage du carbone solide à l'intérieur du fer fortement chauffé, mais également solide. Les explications proposées à diverses reprises forment une volumineuse littérature. Le Play considérait la cémentation, qui est en réalité la pénétration lente d'un solide dans un autre, comme une opération *inexpliquée et mystérieuse*, et il attribuait l'introduction du carbone au cœur des barres de fer à la seule action de l'oxyde de carbone gazeux. Gay-Lussac (2) avouait que l'étude de ce procédé avait ébranlé sa foi dans l'axiome des vieux chimistes : *Corpora non agunt nisi soluta;* « car il est certain, dit-il, que tous les corps solides, liquides ou aériformes, agissent les uns sur les autres, mais que, des trois états des corps, l'état solide est le moins favorable à l'exercice de l'affinité ».

En 1881, M. A. Colson (3), dans une note à l'Académie des sciences, a montré que le fer et le carbone se pénètrent mutuellement dès la température de 250°. L'interpénétration des solides en général a d'ailleurs attiré l'attention de nombreux expérimentateurs : Colson a remarqué que l'argent pur se diffuse à l'état de chlorure dans le chlorure de sodium sec; il a trouvé que le calcium passe dans le platine chauffé dans une brasque de chaux et que la silice traverse le carbone pour céder son silicium au platine. La perméabilié pour le carbone de la porcelaine fortement chauffée a été démontrée par Marsden, Violle et d'autres. Spring (4), en 1885, a montré que le sulfate de baryum solide et le carbonate de sodium réagissent l'un sur l'autre jusqu'à ce que l'équilibre soit établi.

Les doutes qui pouvaient subsister sur la possibilité de cémenter le fer en l'absence de tout intermédiaire gazeux ont été, je puis le rappeler, levés par une de mes expériences (5) : en 1889, j'ai carburé du fer pur dans le vide par le diamant à une température très inférieure au point de fusion du fer et dans des conditions qui excluaient complètement la présence ou l'influence de gaz occlus. Je dois à l'obligeance de mon ami, M. Osmond, la photographie, au grossissement de 100 diamètres, de la coupe d'un

(1) *Discours sur les médailles antiques*, 1627, p. 76.
(2) *Ann. de Chimie et de Phys.*, vol. 17, 1846, p. 221.
(3) *Comptes rendus*, vol. 93, 1881, p. 1074; vol. 94, 1882, p. 26.
(4) *Bull. de l'Acad. Roy. de Belgique*, vol. 10, 1885, p. 204.
(5) *Nature*, vol. 41, 1889, p. 14.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

morceau de fer électrolytique carburé à 1050° par le contact d'un diamant (figure 11). Cette coupe montre bien la pénétration graduelle, et de haut en bas, du carbone dans le fer : les grains blancs à la base sont du fer non modifié. D'ailleurs, le travail de M. Osmond sur les transformations du fer et du carbone apporte la preuve frappante de la mobilité moléculaire du fer à une température inférieure de plus de 600° au point de fusion.

Pénétration des gaz dans les métaux solides. — La question, comme tout le monde le sait, a été étudiée par Graham, *le maître atomiste de sa génération*. Mais, dès 1863, avant que son attention eût été directement appelée sur ce sujet, Graham avait été conduit, par l'ensemble des preuves expérimentales, à émettre, dans le beau mémoire qui condensait ses *idées théoriques sur la constitution de la matière* (1), des vues singulièrement intéressantes. Il remarquait que certaines molécules peuvent rester liquides ou même gazeuses dans les solides. « Les trois états, dit-il expressément (états solide, liquide et gazeux), coexistent probablement toujours dans tout corps solide ou liquide ; mais l'un d'eux prédomine sur les autres... La liquéfaction ou la solidification peuvent donc ne pas impliquer la suppression du mouvement atomique ou moléculaire, mais seulement sa limitation. » Plus tard, en 1866, il apportait à l'appui de ses spéculations la découverte de la pénétration des métaux solides par les gaz (2).

Fig. 11.

Après la mort de Graham, les preuves de la mobilité moléculaire des métaux s'amassèrent lentement. E. Wiedemann (3), en 1878, montrait que les métaux solides ne sont pas nécessairement inertes et que certaines transformations supposant le mouvement des atomes se produisent dans les alliages du plomb avec le bismuth. C'est là un exemple très clair de changement allotropique sur lequel j'ai fait aussi récemment quelques expériences (4).

L'exactitude des idées de Graham sur la coexistence de molécules liquides et gazeuses dans un solide a été confirmée vingt ans plus tard. Le professeur W. Spring (5), dans son remarquable travail sur les alliages de plomb et d'étain, a prouvé expérimentalement que les mouvements moléculaires se poursuivent après la solidification. « On serait, dit-il en propres termes, porté à penser qu'entre deux molécules de deux corps solides il y a un va-et-vient perpétuel d'atomes. » Et il ajoute : « Si les deux molécules sont de même nature, l'équilibre chimique ne paraîtra pas troublé ; mais si leur nature est différente, ce mouvement sera révélé par la formation de nouvelles substances. »

Formation d'alliages par cémentation. — Les métallurgistes savent depuis longtemps que deux métaux peuvent s'unir à des températures inférieures au point de fusion du plus fusible des deux. L'exemple le plus frappant peut-être que nous en offre l'histoire moderne de la question est dû à Faraday et Stodart (6). Au cours de leurs

(1) *Phil. Mag.*, February 1864 ; *Collected Papers*, p. 299.
(2) *Phil. Trans. Roy. Soc.*, 1866, pp. 399-439.
(3) Wied, *Ann.*, 3, 1878, p. 237.
(4) *Second Report Alloys Research Committee*, Proc. Inst. Mech. Engineers, 1893, p. 127.
(5) *Bull. de l'Acad. Royale de Belgique*, vol. 11, 1886, p. 355.
(6) *Quarterly Journal of science*, vol. 9, 1820, p. 319.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

recherches sur les alliages du fer, ces deux savants constataient qu'ils n'avaient pas réussi à produire certains alliages par *cémentation* et trouvaient *remarquable* que le platine s'unît avec l'acier à une température où l'acier lui-même n'est pas affecté. Ils montraient encore que l'acier et le platine solides, sous forme de paquets de fils, peuvent se souder l'un à l'autre *aussi facilement que le fer à l'acier* et, attaquant par un acide la surface de la masse soudée, ils observaient *que le fer paraissait allié au platine*. Ce fait singulier avait si fort excité leur intérêt, qu'ils promettaient des expériences directes sur *cet alliage apparemment dû à la cémentation*, c'est-à-dire à l'interpénétration de deux solides. Depuis lors, il a été fait beaucoup d'observations plus ou moins isolées dont je rappellerai rapidement les plus importantes dans l'ordre chronologique. En 1877, Chernoff (1) montrait que deux surfaces du même fer placées en contact intime s'unissent à 650° environ. En 1882, Spring (2) obtenait des alliages par la compression des métaux constituants à la température ordinaire. O. Lehmann (3) suggérait, en 1885, et Hallock (4) prouvait, en 1888, que la compression n'est pas nécessaire : il suffit de juxtaposer les métaux constituants préalablement bien nettoyés et de les chauffer au point de fusion de l'alliage cherché, c'est-à-dire à une température quelquefois inférieure de 150° au point de fusion du métal le plus fusible. En 1889, Coffin rapprochait les cassures fraîches d'une barre d'acier de $9^{mm},5$ de côté et, les chauffant au-dessous du rouge, les trouvait assez adhérentes pour qu'il fût difficile de les séparer par une traction à la main. J'ai plusieurs fois répété et vérifié cette expérience : l'acier est carburé et la diffusion d'un carbure de fer joue probablement un rôle important; mais il faut bien qu'une interpénétration moléculaire se produise, quoique la température soit inférieure au point de fusion d'environ 1000°. Enfin, en 1894, Spring (5) prouvait que deux métaux, fortement comprimés l'un contre l'autre par des surfaces soigneusement préparées et chauffés à des températures qui ont varié de 180 à 400°, se pénètrent mutuellement, avec formation de véritables alliages au contact.

Dans ces expériences, très intéressantes, la température restait fort inférieure au point de fusion du plus fusible des deux métaux. Spring paraît aussi avoir évité de pousser jusqu'au point de fusion de l'alliage *eutectique*, bien qu'il s'en soit quelquefois approché. La nécessité de cette précaution est évidente ; autrement, l'union des deux cylindres comprimés pourrait être opérée par la fusion d'un alliage eutectique à point de fusion relativement bas.

Le fer déposé par électrolyse sur une plaque de cuivre bien propre y adhère si fortement, comme je l'ai observé en 1887, que, si l'on sépare les deux métaux par force, une pellicule de cuivre est emportée par le fer. Les métaux se sont donc manifestement pénétrés à la température ordinaire et cette pénétration peut aussi se produire à travers une pellicule de nickel électrolytique (6). Mylius et Fromm ont formé des alliages en précipitant par électrolyse les métaux constituants de leurs solutions aqueuses (7).

La diffusion des métaux les uns dans les autres doit être intimement reliée à l'éva-

(1) *Revue Universelle des Mines*, vol. 1, 1877, p. 411.
(2) *Ber. der Deutsch. Chem. Gesell.*, 15, 1882, p. 595.
(3) WIED, *Ann.*, 24, 1885, p. 1.
(4) *Communicated to Phil. Soc. of Washington*, Feb. 18, 1888; Zeitsch. Phys. Chem., 2, 1888, p. 6, ou Chem. News, vol. 63, 1891, p. 17.
(5) *Bull. de l'Acad. Royale de Belgique*, vol. 28, 1894, p. 23.
(6) *Journ. Iron and Steel Inst.*, Part. I, 1887, p. 73.
(7) *Ber. der D. Chem. Gesell.*, vol. 27, 1894, p. 630.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

poration de ces métaux et de leurs alliages très au-dessous du point de fusion. Il convient donc, avant d'aborder les nouvelles expériences relatives à la diffusion des métaux solides, de rappeler brièvement les faits connus. Pour rencontrer la notion précise des phénomènes en question, il n'est pas nécessaire de remonter au delà du temps de Boyle (1), qui croyait pouvoir attribuer, « même aux corps solides, leurs petites atmosphères »; ... « car personne, ajoute-t-il, n'a encore essayé, ce me semble, si le verre, et même l'or, ne perdent pas à la longue quelque chose de leur poids. »

L'opinion de Boyle était correcte, puisque le mercure, *congelé*, s'évapore dans l'atmosphère environnante, comme l'a montré Merget deux siècles plus tard (2). C'est là un fait d'un grand intérêt et qui se relie à l'observation bien connue de Gay-Lussac sur l'égalité de tension des vapeurs émises à 0° par l'eau et la glace. Demarçay (3) a prouvé que les métaux s'évaporent dans le vide à des températures sensiblement plus basses que sous la pression atmosphérique et pense que même les métaux du groupe du platine seraient volatils à des températures relativement basses. Ainsi, le cadmium se volatilise à 160°, le zinc à 184°, le plomb et l'étain à 360°. Spring (4) a aussi démontré ultérieurement (1894) que, sous la pression atmosphérique, le zinc est volatil vers 300°, le cadmium vers 400°; le cuivre même est faiblement volatil à la même température.

Tout dernièrement, Moissan (5) a établi que la tension de vapeur du silicium solide permet à ce métalloïde de s'unir avec le fer et le chrome, par une véritable *cémentation*, à une température de 1200°, très inférieure aux points de fusion de ces métaux.

Les intéressantes expériences que je viens de citer ont été faites, il ne faut pas l'oublier, dans des conditions qui s'écartent plus ou moins de celles de la diffusion liquide ordinaire. Dans ce dernier cas, la substance soumise à la diffusion se trouve généralement en présence d'un grand excès de dissolvant et le dissolvant est supposé n'avoir sur elle qu'une faible action chimique. Ce sont aussi les conditions réalisées dans les expériences sur la diffusion des métaux liquides auxquelles a été consacrée la première partie de ce travail. Cependant Van't Hoff (6) a rendu très probable l'opinion que la pression osmotique des corps en solution *solide* est analogue à celle de ces corps en solution liquide et obéit aux mêmes lois; il est également probable que ces lois seraient très simplifiées dans le cas des solutions solides très étendues, comme il arrive pour les solutions liquides.

Nernst exprime l'espoir qu'on arrivera à mesurer indirectement les pressions osmotiques dans les solutions solides. Je pense que les expériences suivantes justifieront cet espoir : elles apportent la mesure d'un phénomène tributaire de la pression osmotique dans les *métaux solides* sous la pression atmosphérique et à une température où l'existence de la diffusion y avait été à peine découverte.

Ces expériences sont, si je ne me trompe, la première tentative pour déterminer effectivement la diffusibilité d'un métal solide dans un autre. La réunion de deux surfaces métalliques bien propres et l'interpénétration même des métaux à une faible profondeur, ne dépendent pas nécessairement de la diffusion seule; l'écoulement visqueux peut y contribuer dans une large mesure. La théorie de la soudure n'est pas complète,

(1) *Collected Works*, Shaw's edition, 1738. vol. 1, p. 400.
(2) *Ann. de Chimie et de Phys.*, vol. 25, 1872, p. 121.
(3) *Comptes rendus*, vol. 95, 1882, p. 183.
(4) *Loc. cit.*, 1894, p. 42.
(5) *Comptes rendus*, vol. 121, 1895, p. 621.
(6) *Zeitschr. Phys. Chem.*, vol. 5, 1890, p. 322.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mais la réunion des métaux par soudure s'effectue pour le mieux quand les métaux sont à l'état colloïdal, c'est-à-dire quand la diffusion vraie est le moins marquée. Il est à remarquer que des disques d'or et de plomb, pressés les uns sur les autres à la température ordinaire pendant trois mois, se sont plus complètement soudés que deux disques semblables pressés à 100 degrés pendant six semaines; cependant, la quantité de métal diffusé était au moins dix fois plus grande dans le second cas que dans le premier.

Diffusion de l'or dans le plomb solide. — Un essai préliminaire fut fait pour voir s'il était possible de mesurer la diffusion de l'or dans le plomb solide à 250°, 75° au-dessous du point de fusion du plomb. Pour cela, de minces feuilles d'or furent fondues à l'extrémité de ronds cylindriques de plomb ayant 7 centimètres de long sur 14 millimètres de diamètre. On y réussit facilement avec la pointe du dard d'un chalumeau, le cylindre de plomb étant maintenu froid par une immersion dans l'eau jusqu'à quelques millimètres de son extrémité : l'or s'allie rapidement et, comme de nombreuses analyses l'ont montré, ne pénètre pas de plus d'un millimètre dans le cylindre de plomb. De pareils cylindres furent maintenus pendant trente et un jours dans une petite chambre en fer revêtue d'asbeste à la température de 250 degrés (à 1 ou 2 degrés près). Les cylindres furent ensuite mesurés et coupés en tranches dans chacune desquelles on détermina la teneur en métal précieux. Il faut remarquer que l'or et le plomb conviennent particulièrement pour ces recherches, parce que le dosage de l'or se fait avec une extrême précision. La balance, spécialemennt construite pour la vérification des poids employés à la Monnaie de Londres pour les essais d'or, donnait facilement le demi-dixième de milligramme.

Diffusion de l'or dans le plomb à 251 degrés. — Le tableau ci-dessous donne le résultat de deux essais.

La longueur totale du cylindre était de 6,5 centimètres pour l'expérience I et de 7 centimètres pour l'expérience II; des fragments d'or avaient été fondus contre les extrémités inférieures. Temps = trente et un jours.

NUMÉRO de la TRANCHE à partir de la base.	POIDS de L'ALLIAGE. en grammes.	POIDS D'OR en grammes.	OR p. 100.	DIFFUSIBILITÉ en cm² par jour.
I. 1	26.9	0.0824	0.3064	
2	22.2	0.0053	0.0239	
3	19.6	0.0015	0.0076	0.023
4	22.3	0.00013	0.0006	
5	24.6	0.00002	0.0001	
II. 1	2.83	0.1803	0.3700	
2	2.55	0.0020	0.0784	
3	3.12	0.0013	0.0417	
4	2.84	0.0006	0.0211	0.03
5	2.99	0.00026	0.0087	
6	5.92	0.00013	0.0022	
7	6.03	0.00001	0.0002	
8	4.40			

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pour le calcul de la diffusibilité, dans cette expérience et les suivantes, la concentration initiale de l'alliage d'or et de plomb, d'où partait la diffusion, a été déduite de l'allure générale de la courbe obtenue avec les chiffres ci-dessus. Dans tous les cas, la première tranche, qui contenait naturellement des fragments d'or en partie alliés, a été négligée.

Diffusion de l'or dans le plomb à 200 degrés. — Les expériences suivantes ont été faites à 200 degrés et n'ont duré que dix jours. Les résultats de deux d'entre elles sont donnés ci-dessous.

Dans l'essai n° I, le cylindre de plomb avait 2,5 centimètres de longueur et l'or avait été fondu à l'une des extrémités.

Dans l'essai n° II, le cylindre avait 1 centimètre de longueur et la feuille d'or, soigneusement dressée, était simplement serrée contre l'extrémité au moyen d'un écrou à chapeau.

NUMÉRO de la TRANCHE à partir de la base.	POIDS de L'ALLIAGE en grammes.	POIDS D'OR en grammes.	OR p. 100	DIFFUSIBILITÉ en cm² par jour.
I. 1	1.30	0.2147	14.3	
2	1.05	perdu		
3	2.00	0.00055	0.0275	
4	2.14	0.000185	0.0086	0.007
5	2.18	0,000022	0 0010	
6	3.95	trace		
7	4.60	néant		
II. 1	0.39	0.00082	0.210	
2	0.49	0.000140	0.029	
3	0.82	0.000187	0.023	0.008
4	2.12	0.000220	0.010	
5	2.50	0.000040	0.002	

Beaucoup d'autres expériences semblables, faites à la même température, ont donné des résultats très concordants. Cependant, il ne faut pas perdre de vue que l'alliage *eutectique* d'or et de plomb fond vers 200 degrés. Il était donc possible que, dans les expériences précédentes, l'or formât, en se diffusant, un alliage liquide, et c'est l'alliage liquide qui pouvait se diffuser dans le plomb solide. Il était donc nécessaire de voir si la diffusion aurait lieu à une température très inférieure au point de fusion de l'alliage eutectique : celle de 165 degrés fut choisie.

Diffusion de l'or dans le plomb à 165 degrés. — Dans l'expérience I, la longueur du cylindre était de 0,64 cent. et la température a été maintenue pendant trente et un jours; dans l'expérience II, la longueur du cylindre était de 0,60 centimètre et le chauffage a duré vingt-neuf jours.

Dans les deux cas, la diffusion partait d'un alliage d'or et de plomb à 5 pour cent

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

comprimé contre l'extrémité du cylindre de plomb (1); on pouvait donc utiliser la première tranche.

NUMÉRO de la TRANCHE à partir de la base.	POIDS de L'ALLIAGE en grammes.	POIDS D'OR en grammes.	OR p. 100.	DIFFUSIBILITÉ en cm² par jour.
I. 1	0.64	0.00025	0.039	
2	2.33	0.00069	0.030	0.005
3	2.02	0.00030	0.015	
II. 1	0.80	0.00031	0.039	
2	2.06	0.00060	0.029	0.004
3	1.40	0.00027	0.019	

Diffusion de l'or dans le plomb à 100 degrés. — Dans les expériences suivantes, les dernières de la série, les cylindres de plomb avaient 0,45 centimètre de long et ont été maintenus à 100 degrés pendant quarante et un jours dans une étuve à eau bouillante. Une feuille d'or pur était pressée contre l'extrémité de chaque cylindre.

NUMÉRO de la TRANCHE à partir de la base.	POIDS de L'ALLIAGE en grammes.	POIDS D'OR en grammes.	OR p. 100.	DIFFUSIBILITÉ en cm² par jour.
I. 1	0.22	0.00013	0.059	
2	1.19	0.00006	0.005 (1)	0.00002
3	1.98			
II. 1	0.22	0.00034	0.155	
2	1.52	0.00010	0.007	0.00002
3	1.43			

(1) On pourrait penser qu'il est difficile de mesurer avec exactitude une proportion d'or égale à 0,005; mais cela ne fait pas moins de 50 grammes par tonne de plomb et c'est là une teneur très supérieure à celle que les essayeurs dosent journellement dans les plombs aurifères du commerce.

Il est digne d'attention que l'or, placé à l'une des extrémités d'un cylindre de plomb solide de 7 centimètres de longueur, puisse, à 250 degrés, apparaître au bout d'un mois à l'extrémité opposée en quantité appréciable. La diffusion de l'or dans le plomb *solide* est cependant beaucoup plus lente que dans le plomb *liquide*. La diffusibilité à

(1) Cette précaution était nécessaire, la diffusion devant être très lente, et il importait d'éviter toute complication résultant du chauffage du cylindre pendant la fusion de l'or sur le plomb. A la fin de l'expérience, on a simplement détaché l'alliage d'or en le brisant.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

500 degrés étant 3,0, comme on l'a vu dans la première partie, n'est plus que 0,03 à 250 degrés, c'est-à-dire 100 fois plus faible. Elle s'abaisse à 0,00002 à la température de 100 degrés. Mais le fait que la diffusion se produit encore à une température aussi modérée, à 225 degrés au-dessous du point de fusion du plomb, n'en est pas moins remarquable et n'avait pas encore été soupçonné.

Soudure de l'or avec le plomb et diffusion de l'or dans le plomb à la température ordinaire. — Tout le monde sait que deux surfaces de plomb, bien propres, se soudent à la température ordinaire. Il convient d'ajouter que, si l'on dresse de petites barres d'or ou d'argent, qu'on les presse contre du plomb et qu'on maintienne le tout pendant quatre jours dans le vide, à la température de 40 degrés seulement, l'interpénétration des deux métaux est telle que leur séparation exige déjà une charge de 50 grammes par millimètre carré, le trentième de la charge de rupture du plomb. Le fait est à rapprocher des expériences déjà citées, de Demarçay, sur la volatilisation des métaux dans le vide.

Il reste à voir si la diffusion de l'or dans le plomb solide est encore mesurable à la température ordinaire et l'expérience est en cours d'exécution.

Dans le même ordre d'idées, il sera bon d'examiner certains alliages du Japon. Les artistes de ce pays emploient fréquemment un alliage de cuivre avec une petite proportion d'or (*shakudo*) et le soudent avec le cuivre pur en couches alternantes. La présence de l'or donne au cuivre, après attaque par des solutions convenables, une belle patine pourpre, tandis que le cuivre pur garde sa couleur ordinaire; et l'on obtient ainsi de curieux effets. Beaucoup de pièces de ce genre remontent à plusieurs siècles : j'ai essayé, en grattant l'ancienne patine et réattaquant la surface, de voir si les bandes sombres ne seraient pas devenues plus larges, par suite d'une diffusion de l'or du *shakudo* dans le cuivre. Il y a apparence que cette supposition est fondée; mais l'essai n'est pas facile et demande l'habitude de la micrographie. M. Osmond et moi avons l'intention d'examiner la question ensemble; et, si j'y fais allusion aujourd'hui, c'est pour montrer comment la diffusion dans le cuivre, l'argent et l'or, si elle se produit à la température ordinaire, pourrait nous être révélée par les vieux objets d'art de l'Orient.

Diffusion de l'or dans l'argent solide. — Un cylindre court d'argent allié à 20 pour 100 d'or a été pressé contre l'extrémité soigneusement dressée d'un cylindre d'argent pur de 1 centimètre de diamètre et de 2,5 centimètres de longueur. Ces cylindres mixtes étaient maintenus pendant dix jours dans un four à recuire, à une température qui n'a pas dépassé 800 degrés (160 degrés de moins que le point de fusion de l'argent). Le plus bas point de fusion dans la série des alliages d'or et d'argent est 850 degrés. Le cylindre fut ensuite débité en tranches, à la manière habituelle, et la teneur en or déterminée par l'analyse. Comme la température n'était pas restée constante, on ne pouvait avoir la valeur exacte de la diffusibilité; mais je suis arrivé à cette conclusion que la diffusibilité de l'or solide dans l'argent solide à 800 degrés est du même ordre de grandeur que celle de l'or dans le plomb à 200 degrés. Les températures de fusion des métaux semblent donc avoir une influence dominante sur leur résistance à la diffusion.

Diffusion des régions chaudes vers les régions froides dans un métal solide. — On sait que, dans la diffusion liquide des solutions salines, la pression osmotique pousse les molécules des régions chaudes vers les régions froides. Le professeur Thorpe m'a engagé à tenter une expérience de cette nature avec les alliages solides. Une telle

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

expérience impliquerait évidemment le principe de la *réflexion*, auquel il a été fait allusion plus haut à propos de la diffusion des métaux liquides. La difficulté était de préparer un alliage homogène : cependant, après beaucoup d'essais, on obtint un rond de bismuth dans lequel l'or allié (3,75 pour 100) a paru distribué uniformément. Ce rond fut disposé, comme le montre la fig. 12, dans un double bloc de laiton, de telle manière que l'une des moitiés du rond pût être chauffée à 170 degrés (au-dessous du point de fusion de l'alliage *eutectique* d'or et de bismuth), tandis que l'autre moitié était refroidie par un courant d'eau. Le chauffage fut maintenu pendant six jours et l'analyse montra une concentration appréciable de 0,1 pour cent d'or au point A, à l'entrée de la chambre froide. Des résultats semblables ont été obtenus avec les alliages d'or et de plomb; et, si l'on atteint 240 degrés, température supérieure au point de fusion de l'alliage eutectique, l'effet est très marqué. Mais ces indications demandent à être confirmées, et je ne les donne que sous réserve.

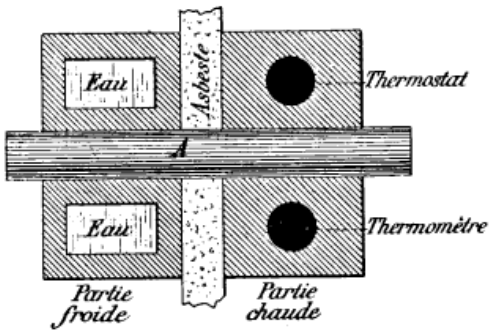


Fig. 12.

Les données publiées dans cette note ne représentent qu'une petite partie des recherches poursuivies depuis longtemps. Les manipulations étaient singulièrement difficiles et absorbantes et le travail serait probablement beaucoup moins avancé qu'il ne l'est, si je n'avais eu l'avantage d'être aidé par un de mes anciens élèves de l'École des Mines, M. Alfred Stansfield. C'est lui qui a fait les calculs nécessaires pour étendre les tables de Stefan, et il a conduit avec une attention infatigable les expériences de ces deux dernières années.

Le fondateur de cette conférence demandait, en 1768, que le sujet en fût tiré de *telle partie de l'histoire naturelle ou de la physique expérimentale qu'il plairait au Conseil de la Société Royale*. Pendant le siècle qui a suivi le legs de M. Baker, ces branches de nos connaissances ont paru s'écarter; mais la recherche et la mesure des mouvements moléculaires les ont rapprochées, grâce surtout aux efforts de Graham. L'œuvre de ce physicien a, plus que toute autre, appris au physiologiste que l'étude des phénomènes vitaux, dans leurs rapports avec la diffusion, la transpiration et l'osmose, peut apporter à l'histoire naturelle ses plus précieuses acquisitions.

Les preuves amassées, par le métallurgiste, de l'activité des mouvements atomiques dans les métaux liquides et solides, semblent promettre au physiologiste qu'un jour viendra où il saura mesurer les mouvements atomiques d'où dépendent la vie et la pensée.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

PROPRIÉTÉS DES ALLIAGES DE FER ET DE NICKEL

par une commission de la Société d'Encouragement pour l'Industrie de Berlin (1).

(TRADUCTION DE **M. T. Castagnol.**)

Le travail résumé ici est la seconde partie d'une étude d'ensemble sur les propriétés des alliages du fer et du nickel qui est poursuivie sous les auspices de la *Société d'Encouragement pour l'Industrie, de Berlin*. Cette étude a été entreprise sur l'initiative du professeur Wedding, qui a résumé dans un rapport préliminaire (2) l'état actuel de nos connaissances sur les alliages; les recherches expérimentales ont été confiées à une commission composée de MM. A. Frank, Freund, von Helmholtz, Hoppe, Kirchner, Knoll, Kosmann, Martens, Siemens et H. Wedding, Hausding, Heinecke, Köpsel, Lœwenherz et Holborn.

Ces savants, dans une première étude (3), ont déterminé les propriétés du fer et du nickel à peu près chimiquement purs.

La seconde série de recherches est résumée dans les pages qui suivent; elle porte sur les alliages de fer et de nickel aussi exempts que possible de corps étrangers, et en particulier de carbone, et reproduit dans le cas limite du fer et du nickel pur les conclusions du premier travail.

I. — MATIÈRES SOUMISES AUX ESSAIS ET PRÉLÈVEMENT DES ÉCHANTILLONS

Les matières employées dans la confection des alliages étaient :

1° Du nickel préparé sans manganèse par *MM. Basse et Selve.*

2° Du fer à peu près chimiquement pur, fabriqué à cette occasion par *M. Krupp* à Essen.

La composition de ces matières premières est indiquée dans le tableau I ci-dessous.

TABLEAU I

	Ni	Fe	Co	Cu	Pb	Si	SiO^3	C	S	Alcalis CaO Al^2O^3	Mg	Ni et Co	Ph
	p. 100	p. 100	p. 100	p. 100	p. 100	p. 100	p. 100	p. 100	p. 100	p. 100	p. 100	p. 100	p. 100
Nickel. . .	98,21	0,25	1,19	0,07	»	»	0,24	traces	traces	traces	»	»	»
Fer	»	99,710	»	0,068	»	0,013	»	0,070	0,013	»	0,079	0,039	0,007

La fusion des alliages fut exécutée chez *MM. Basse et Selve*, à Altena. Les lingots pesaient 20 kilogrammes et renfermaient en proportion variable les deux métaux composants, suivant les indications du tableau n° 2.

(1) *Verhandl. des Ver. zur Beförd. des Gewerbfl.* 1896, page 65.
(2) Traduit dans le *Moniteur scientifique*, 1894, page 666.
(3) *Verhandlungen des Vereins...*, 1894, page 124.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU II

LINGOTS N° :	NUMÉROS DES LINGOTS.												
	1-3	4-6	7-9	10-12	13-15	16-18	19-21	22-24	25-27	28-30	31-33	34-36	37-39
	kg	kg	kg	kg	kg	kg		kg	kg	kg	kg	kg	kg
Nickel. . .	0,0	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,6	3,2	6,0	12	19	20
Fer	20	19,9	19,8	19,6	19,4	19,2	19,0	18,4	16,8	14,0	8	1	0

Les opérations de fusion furent toutes conduites d'une manière identique. On se servit de deux fours juxtaposés de $0^m,85$ de hauteur sur $0^m,53$ de diamètre, chauffés au coke avec courant d'air forcé sous la grille; la buse avait $0^m,10$ de diamètre et la pression de l'air, prise en avant de la valve d'admission, qui, suivant l'usage, était à demi fermée, s'élevait à 6 millimètres de colonne d'eau. Le revêtement du four était formé de magnésite agglomérée au goudron.

L'alliage fondu était chauffé jusqu'à ce que le bain eût acquis une fluidité convenable : à cette température, correspondant au blanc bleuâtre, le platine pouvait être fondu.

Les lingotières dont on se servit d'abord avaient été fournies par *C. Hoppe* de Berlin; elles mesuraient 1 mètre de longueur et avaient une section carrée de 40 millimètres de côté aux extrémités et de 50 millimètres à la partie moyenne. Elles furent abandonnées à cause des inconvénients que présentaient leur trop grande longueur et la faiblesse de leurs parois.

Il n'y eut donc que les premiers lingots qui présentèrent les dimensions précédentes. Tous les autres furent coulés dans une lingotière fournie par *Basse* et *Selve*, dont la figure 1 donne les dimensions. Son poids s'élevait à six fois celui du lingot tandis que la lingotière de *Hoppe* n'avait que une fois et demie le poids du lingot.

Les diverses particularités qui se produisirent pendant l'opération de la coulée donnèrent lieu aux remarques suivantes :

1° L'emploi de la craie pour enduire et égaliser les parois de la lingotière déterminait souvent des fissures à la surface des lingots, dont l'aspect était alors toujours irrégulier; au contraire, les lingotières enduites d'argile produisaient des lingots bien mieux conditionnés.

2° Le fer pur et les alliages riches en fer ne pouvait être coulés sans adjonction d'aluminium; de même, le nickel pur et les alliages riches en nickel devaient être additionnés de magnésium avant la coulée; sans cette précaution, les alliages riches en fer ne donnaient que des lingots creux, tandis que les lingots où dominait le nickel étaient spongieux.

Ces considérations amenèrent la commission, en dérogation partielle aux mesures précédemment arrêtées, à prescrire :

1° L'emploi exclusif des lingotières de *Basse* et *Selve*.

2° L'usage de l'argile pour enduire les parois des lingotières.

3° L'adjonction, pour 20 kilos environ d'alliage, de 20 grammes d'aluminium aux alliages riches en fer et de 10 grammes de magnésium aux alliages riches en nickel.

Les lingots furent débités, pour les essais, de la manière suivante. Après avoir enlevé les extrémités irrégulières et caverneuses, on scia le lingot suivant son axe longitudi-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nal et parallèlement à sa plus petite face latérale puis, on préleva sur toute la longueur de la surface de section une lame mince destinée aux préparations microscopiques, et le métal sous-jacent, détaché à l'étau limeur, servit aux analyses chimiques. Afin d'obtenir une moyenne de la composition du lingot, on rabotait la face de section tout entière, puis, en laissant de côté les parties voisines des gerçures, on recueillait

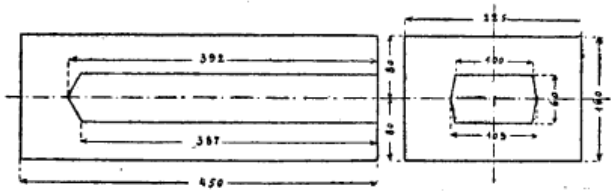


Fig. 1.

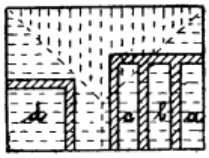


Fig. 2.

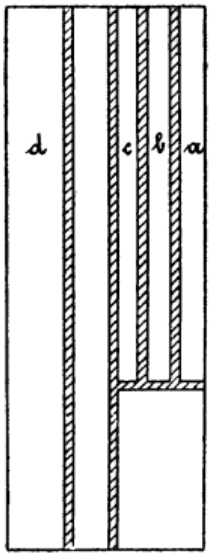


Fig. 3.

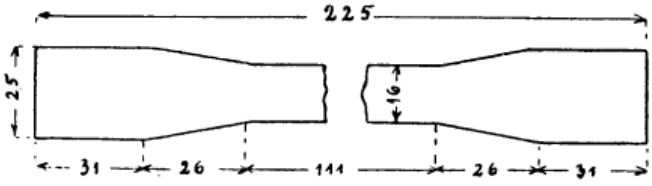


Fig. 4.

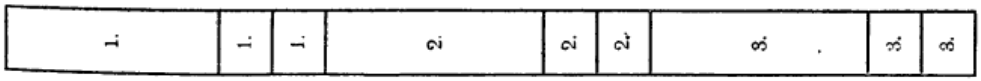


Fig. 5.

Fig. 1. — Lingotière fournie par *Basse et Selve,* à Altena. — Fig. 2. Demi-coupe en travers. — Fig. 3. Coupe longitudinale du lingot. — Fig. 4. Éprouvette pour essais de traction. — Fig. 5. Éprouve tte pour essais de compression de choc et de cisaillement.

(1), (1), (1), Cisaillement, compression, choc. (2), (2), (2), cisaillement, compression, choc. (3) (3) (3) Cisaillement, compression, choc.

les copeaux que l'on mélangeait avec soin ; 50 grammes des copeaux de chaque lingot furent envoyés à chacun des deux chimistes, les docteurs *von Knorre* et *Pufahl*. Les lingots n° 6, 26 et 34 furent exclus des essais à cause des soufflures qu'ils présentaient.

Les figures 2 et 3 montrent la disposition que l'on adopta pour prélever, dans chaque demi-lingot, 3 barres rectangulaires aplaties *a*, *b*, *c*, pour les essais à la traction, et une barre *d* plus longue et de section carrée pour les autres épreuves. En procédant de la sorte, on chercha, en s'inspirant de la structure cristalline des lingots, à laisser en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dehors des barres prélevées les surfaces limitant les faisceaux cristallins orientés normalement à la face latérale du lingot : ce désidératum se réalisait facilement pour les barres *a* et *d*, le plus souvent aussi pour la barre *b;* quant à la barre *c*, elle contenait toujours une certaine quantité de ces faisceaux cristallins à orientation différente, ce dont on a pu s'assurer dans quelques cas par l'examen de la cassure.

Les dimensions des éprouvettes destinées aux essais de traction étaient (fig. 4) identiques à celles qui ont servi précédemment pour les essais de nickel pur.

Les autres éprouvettes étaient cylindriques, de 15 millimètres de diamètre, et leur hauteur seule variait suivant les épreuves qu'elles devaient subir : pour les essais à la compression ou au choc, elles avaient 15 millimètres de hauteur, et 60 millimètres de hauteur pour les essais au cisaillement. Toutes ces éprouvettes provenaient de tronçons de la barre *d*, sciés suivant l'ordre particulier indiqué dans la figure 5; et, de plus, la première éprouvette de cisaillement provenait toujours de la partie inférieure du lingot considéré dans sa position de coulée; cette disposition avait pour but de faire constater dans les résultats des essais les variations de résistance provenant de la place qu'occupait l'éprouvette aux différentes hauteurs du lingot coulé.

II. — DÉTERMINATION DES COEFFICIENTS DE DILATATION

La commission décida que les recherches des coefficients de dilatation porteraient sur le métal des lingots suivants :

Lingot n° 3.	Fer pur.
Lingot n° 16.	4 p. 100 de nickel.
Lingot n° 27.	16 p. 100 de nickel.
Lingot n° 38.	Nickel pur.

On confectionna les règles métalliques propres à ces expériences, en prenant trois éléments dans chacun de ces lingots : d'abord la barre *d* précédemment définie, puis deux autres barres pareilles, sciées dans les parties restantes au-dessus de *d* de chaque demi-lingot. Ces trois barres, tournées à 16 millimètres de diamètre, furent soudées bout à bout et rognées à la longueur de $1^{m},1$. Après la recherche du coefficient de dilatation de la règle ainsi composée, la barre *d* fut isolée et traitée ainsi qu'on l'a vu précédemment.

Les recherches ont porté sur des barres provenant de quatre lingots de compositions diverses : les résultats obtenus sont réunis dans le tableau n° 3.

Chaque coefficient comprend trois termes, et le dernier d'entre eux montre que, dans les recherches actuelles aussi bien que dans celles qui ont été faites précédemment sur le nickel pur, le coefficient de dilatation du métal est fonction de la température *t*. Ce dernier terme a la même valeur $(0,0036 \pm 0,0015)t$ pour les quatre coefficients.

Le second terme a une valeur différente dans chacun des coefficients; il augmente avec la teneur en nickel et varie entre les limites 0,02 et 0,07. La comparaison de la valeur de ces trois termes, montre que l'on peut négliger les deux derniers dans l'examen de l'influence de la teneur en nickel sur les coefficients de dilatation.

Les résultats obtenus font constater que le coefficient de dilatation diminue constamment lorsque la teneur en nickel croît de 0 à 16 p. 100; mais que, par contre, l'al-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

liage à 98 p. 100 de nickel se dilate plus que le fer pur. Ces différences, rapportées aux coefficients du fer pur sont :

de — 5,7 p. 100, avec 4 p. 100 de nickel.
de — 10,9 — — 16 — —
de + 9,1 — avec les alliages très riches en nickel.

TABLEAU III. — COEFFICIENTS DE DILATATION

NUMÉRO de la barre.	NUMÉRO du lingot.	TENEUR en nickel.	DILATATION EN MICROM PAR MÈTRE. Degrés Celsius.
		p. 100	
1	3	0,0	$11{,}56 \pm 0{,}02 + (0{,}0056 \pm 0{,}0015)\,t$
2	16	4	$10{,}90 \pm 0{,}02 + (0{,}0056 \pm 0{,}0015)\,t$
3	27	16	$10{,}30 \pm 0{,}05 + (0{,}0056 \pm 0{,}0015)\,t$
4	38	100	$12{,}61 \pm 0{,}07 + (0{,}0056 \pm 0{,}0015)\,t$

III. — ANALYSES CHIMIQUES

Les analyses faites en double et séparément par le Prof.-Dr. *von Knorre* et le Dr. *Pufahl* donnèrent des résultats très suffisamment concordants et montrèrent que la composition réelle des lingots ne différait pas beaucoup de celle que l'on avait prévue; dans ces conditions, il parut avantageux de réunir en une seule moyenne les nombres obtenus pour les trois lingots ayant approximativement la même teneur en nickel : cette disposition permet d'embrasser d'un coup d'œil et de comparer plus facilement les résultats obtenus.

Toutefois cette remarque sur la similitude de composition des lingots d'un même groupe ne s'applique pas au lingot n° 1, dont la teneur en manganèse s'élevait, d'après les analyses des deux chimistes, à 0,21 et 0,24 p. 100, tandis que les lingots du même groupe, nos 2 et 3, contenaient 0,04 et 0,05 p. 100 de ce métal. D'ailleurs la comparaison des résultats obtenus dans les essais de ces trois lingots de fer sans nickel montre que la haute teneur en maganèse du lingot 1 n'a pas été sans influer sur leur résistance. Tandis que les lingots nos 2 et 3 donnaient des valeurs à peu près concordantes, le lingot n° 1 conduisit, dans les essais à la traction, à de plus grands efforts et à de moindres allongements; dans les essais à la compression, à de moindres écrasements sous la charge de 113 kilos par millimètre carré; à la constatation d'une plus grande résistance au cisaillement; enfin à de moindres écrasements, dans les essais au choc, pour la même somme d'efforts cumulés, supportés par l'éprouvette. Il parut, par suite, nécessaire d'exclure les résultats relatifs au lingot n° 1, des moyennes formées à la suite des analyses chimiques et des essais de résistance.

Les remarques suivantes résultent de la comparaison des moyennes fournies par les autres lingots.

a. La teneur en cuivre des divers alliages est presque constante, elle oscille en effet entre 0,10 p. 100 dans l'alliage à 60 p. 100 de nickel et 0,05 p. 100 dans l'alliage à 30 p. 100 de nickel.

Ces différences ne sauraient être attribuées aux quantités inégales de métaux constituants que renferment les divers lingots, parce que ces métaux constituants, fer et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nickel, ont à peu près la même proportion de cuivre (0,06 et 0,07 p. 100) et que, d'ailleurs, les deux alliages considérés se suivent immédiatement dans l'ordre des teneurs croissantes de nickel.

b. Le manganèse, l'aluminium et le soufre n'existaient pas dans le nickel pur, ou s'y rencontraient seulement à l'état de traces, aussi a-t-on constaté que ces impuretés diminuaient dans les alliages à mesure que la teneur en nickel augmentait. D'une manière générale, le manganèse n'apparaît qu'au-dessous de 5 p. 100 de nickel, l'aluminium au-dessous de 60 p. 100 et le soufre au-dessous de 95 p. 100 de nickel. Cette règle présente cependant une exception pour le lingot n° 30 à 30 p. 100 de nickel ; il renferme en effet 0,05 ou 0,06 p. 100 de manganèse comme les lingots à 0,05 p. 100 de nickel : les deux autres lingots de même composition (nos 28 et 29) rentrent dans la règle énoncée et ne contiennent que des traces de manganèse.

c. La teneur en cobalt augmente régulièrement avec la teneur en nickel, et cette progression est toujours uniforme pour les trois lingots d'un même groupe.

d. La proportion de silicium dans les alliages varie peu, car le fer pur et le nickel pur contiennent respectivement 0,04 et 0,10 p. 100 de ce métalloïde : ainsi de l'alliage à 60 p. 100 de nickel, si l'on passe à l'alliage à 95 p. 100 de nickel, on constate que la teneur en silicium ne s'élève que de 0,06 p. 100 à 0,08 p. 100.

e. La teneur du nickel pur en magnésium, 0,14 p. 100, est plus élevée que celle du fer pur, 0,03 p. 100; cependant jusqu'à 8 p. 100 de nickel, les divers alliages contiennent une quantité de magnésium à peu près constante. Si la teneur en nickel augmente encore, la proportion de magnésium diminue jusqu'à l'alliage à 30 p. 100 de nickel, qui n'en renferme que des traces : elle augmente ensuite, et les alliages à 60 et à 95 p. 100 de nickel contiennent respectivement 0,07 et 0,09 p. 100 de magnésium.

Les analyses des échantillons prélevés au centre et à la superficie des lingots nos 7, 8 et 33 ont donné des résultats concordants qui permettent de conclure que la composition de l'alliage et en particulier sa teneur en silicium n'est pas influencée par le revêtement en craie ou en argile de la lingotière.

TABLEAU IV. — RÉSULTATS DES ANALYSES CHIMIQUES

NUMÉROS des lingots.	TENEUR en nickel prévue.	COMPOSITION DES LINGOTS POUR 100.								
		Fer.	Nickel.	Cobalt.	Cuivre.	Manganèse.	Magnésium.	Aluminium.	Silicium.	Soufre.
1, 2, 3. . .	0,0	99,39	0,05	0,01	0,06	0,05	0,01	0,06	0,04	0,02
4, 5. . . .	0,5	98,98	0,76	0,04	0,07	0,06	0,01	0,02	0,03	0,02
7, 8, 9. . .	1,0	98,75	1,01	0,02	0,04	0,05	0,02	0,05	0,04	0,02
10, 11, 12.	2	97,72	2,05	0,05	0,06	0,03	0,02	0,03	0,06	0,02
13, 14, 15.	3	96,63	3,00	0,06	0,07	0,03	0,03	0,03	0,06	0,02
16, 17, 18.	4	95,81	3,98	0,07	0,06	0,02	0,03	0,04	0,05	0,02
19, 20, 21.	5	94,81	4,92	0,09	0,07	traces	0,02	0,05	0,05	0,02
22, 23, 24.	8	91,89	7,84	0,11	0,06	traces	0,02	0,07	0,04	0,02
25, 27. . .	16	84,12	15,59	0,13	0,06	traces	0,01	0,07	0,05	0,02
28, 29, 30.	30	69,74	29,77	0,28	0,05	0,02	traces	0,03	0,05	0,02
31, 32, 33.	60	39,69	59,60	0,49	0,10	»	0,07	»	0,06	0,01
34, 35, 36.	95	5,15	93,68	0,98	0,08	traces	0,09	»	0,08	traces
37, 38, 39.	100	0,33	98,39	1,03	0,07	»	0,12	»	0,10	traces

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

IV. — ESSAIS A LA TRACTION

On se servit pour ces essais de la machine de 50 tonnes du *professeur A. Martens ;* l'allongement des éprouvettes, pendant l'accroissement progressif de la charge, fut mesuré à l'aide de l'appareil à miroir de *Martens,* qui permet de faire les lectures au 1/10 000 de millimètre.

En examinant les résultats obtenus, on constate que certaines éprouvettes ont donné des allongements proportionnels aux charges, jusqu'à une certaine charge nettement définie qui caractérise la *limite d'élasticité proportionnelle* du métal; tandis que dans d'autres cas, on ne put, à aucun moment de l'expérience, observer cette proportionnalité, les accroissements d'allongement produits par des accroissemeuts égaux de la charge, augmentant dès le début de l'épreuve. La limite apparente d'élasticité, c'est-à-dire la valeur de la charge, rapportée au millimètre carré, pour laquelle l'éprouvette présentait brusquement un allongement considérable, n'était pas nettement indiquée, lorsque métal avait été simplement fondu et non soumis à un travail mécanique. Il y avait intérêt à fixer ce point d'une manière uniforme; aussi, on considérait comme *limite apparente d'élasticité* la charge pour laquelle un accroissement de 75 ou 150 kilogrammes déterminait un accroissement d'allongement de 300 ou 600 divisions de la mire (0,03 ou 0,06 p. 100).

Pour trouver l'*allongement de rupture,* on traçait avant l'essai, sur les deux petites faces de chaque éprouvette, une échelle graduée de 5 millimètres en 5 millimètres, sur une longueur de 100 millimètres. Après l'expérience, on comptait à partir de la surface rompue, et sur les deux échelles de chacun des fragments, un même nombre de divisions (de 5 à 10) ; on les mesurait soigneusement, et la moyenne des quatre longueurs ainsi obtenues permettrait de calculer l'allongement p. 100, c'est-à-dire rapporté à la dimension primitive de 100 millimètres.

Les trois lingots ayant approximativement la même teneur en nickel donnaient un groupe de neuf éprouvettes ; dans chacun de ces groupes on choisit une éprouvette que l'on soumit à des essais de traction statique et à des charges répétées de la manière suivante : la charge initiale, pour laquelle l'appareil de mesure marquait zéro, était, pour tous ces essais, de 50 kilos; on l'augmentait toujours ensuite par degrés de 75 kilos. On appliquait d'abord successivement cinq de ces degrés de charge, et pour chacun d'eux, l'allongement correspondant de l'éprouvette était relevé aussitôt après leur mise en action, puis après une et deux minutes de repos; on déchargeait ensuite jusqu'à 50 kilos et l'on notait l'allongement permanent de l'éprouvette. On appliquait alors 10 degrés de charge avant le prochain déchargement, en relevant les allongements comme précédemment; toutefois on ne faisait aucune pause pour l'action statique de la charge avant le sixième degré. On continuait de la même manière; après chaque déchargement, on rechargeait par degrés, sans arrêt jusqu'à la plus haute valeur de la charge précédemment atteinte, puis on appliquait cinq nouveaux degrés de charge à des intervalles de deux minutes, et ainsi de suite jusqu'à la rupture.

Résultats. — Dans les essais à la traction, on nota le travail du métal correspondant à la limite d'élasticité proportionnelle ε, à la limite apparente d'élasticité ρ, à la rupture R, et relativement au coefficient d'élasticité E et à l'allongement de rupture α; les résultats obtenus sont résumés dans le tableau n° 5; afin de bien mettre en évidence l'influence de la teneur en nickel des alliages sur leurs propriétés mécaniques, chaque

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nombre inscrit est la moyenne des valeurs fournies par les trois éprouvettes de chaque lingot.

TABLEAU V

NUMÉROS des lingots.	TENEUR en nickel p. 100. Ni	KILOGRAMMES PAR MILLIMÈTRE CARRÉ. Limite d'élasticité proportionnelle. ε	Limite apparente d'élasticité. ρ	Charge de rupture. R	COEFFICIENT d'élasticité. E	ALLONGEMENT DE RUPTURE pour 100, mesuré à partir de la surface rompue sur 25 millim. α_1	50 millim. α_2
1.	0,045	8,1	17,5	36,9	20630	29,3	24,3
2.	0,05	6,0	15,5	32,2	21600	38,1	28,9
3.	0,05	6,0	13,7	32,5	23450	35,4	30,5
4.	0,56	5,4	14,8	32,2	21770	28,1	25,4
5.	0,96	7,0	17,0	31,9	19800	22,0	15,7
7.	1,01	7,2	16,6	33,9	21770	26,5	23,3
8.	0,98	6,1	16,4	33,9	21000	35,6	29,1
9.	1,03	8,4	16,7	33,2	20370	33,4	26,9
10.	2,12	9,6	19,2	36,5	19070	25,6	22,0
11.	2,02	8,6	21,2	37,7	20430	29,9	25,2
12.	2,01	12,3	20,3	36,9	20200	22,9	21,0
13.	2,97	17,9	26,8	42,8	19030	21,8	18,3
14.	3,01	15,2	22,7	39,2	20770	24,5	21,5
15.	3,04	15,2	22,6	39,7	20400	23,9	20,4
16.	3,97	15,3	25,7	41,6	19970	19,2	17,1
17.	3,97	17,7	28,6	43,5	20400	16,2	14,0
18.	3,99	16,8	26,3	36,7	20130	24,9	21,6
19.	4,91	19,6	32,3	43,0	19330	11,8	10,1
20.	4,92	18,9	32,6	45,8	20300	17,0	14,2
21.	4,94	20,4	32,5	44,9	20170	9,8	8,2
22.	7,86	24,0	44,1	55,0	18870	5,6	5,3
23.	7,84	22,5	44,8	56,4	19770	14,9	12,8
24.	7,83	21,9	43,7	57,1	19200	12,7	10,7
25.	15,60	»	»	49,8	»	1,2	0,9
27.	15,59	16,0	»	32,2	16200	0,6	0,3
28.	29,71	3,4	10,2	9,6	11310	2,8	2,2
29.	29,71	7,9	17,0	10,2	13100	»	»
30.	29,91	7,8	»	»	12500	»	»
31.	59,85	6,6	12,0	42,4	13800	52,3	49,1
32.	59,41	5,3	13,4	37,0	14430	32,8	31,8
33.	59,55	6,0	12,0	34,1	15230	28,5	27,4
35.	93,68	3,4	10,7	32,4	17570	19,7	18,7
36.	93,36	4,7	10,9	34,0	17600	20,5	19,3
37.	98,94	3,0	9,8	28,8	16730	16,9	16,0
38.	98,38	3,4	9,1	29,6	15170	17,1	16,8
39.	98,35	4,3	8,5	33,0	18700	20,6	18,4

Les courbes de la figure 6 représentent graphiquement ces résultats, les teneurs en nickel sont portées en abscisses et les ordonnées sont proportionnelles aux efforts expri-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

més en kilogrammes par millimètre carré. Ces courbes se rapportent aux quatre quantités ε, ρ, R, α précédemment définies.

Les conclusions de cette étude sont les suivantes.

La résistance générale, ainsi que les efforts correspondant à la limite d'élasticité proportionnelle ε, à la limite apparente d'élasticité ρ et à la rupture R, croissent d'abord avec la teneur en nickel jusqu'à 10 p. 100, d'une manière à peu près proportionnelle; mais, de 10 à 30 p. 100 de nickel, on constate au contraire une diminution notable et croissante de la résistance générale pour de plus fortes teneurs en nickel, tandis que les efforts correspondant aux limites élastiques ε et ρ décroissent encore,

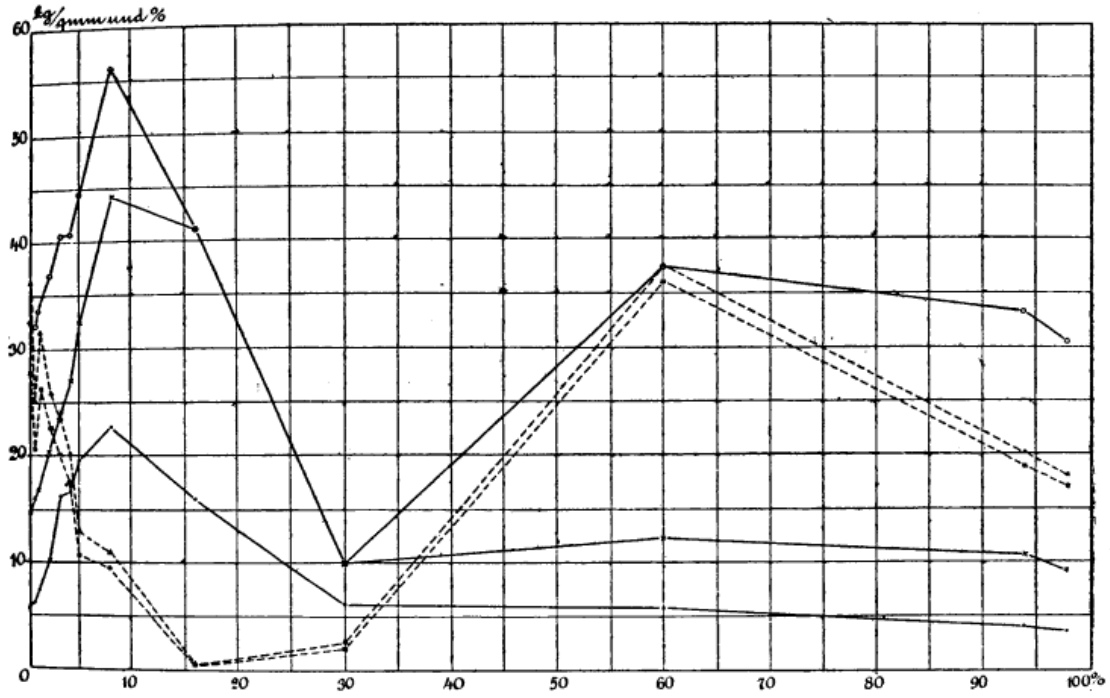


Fig. 6. — Les abscisses représentent les teneurs p. 100 en nickel et les ordonnées les charges en kilogrammes par millimètre carré.

o——o——o charge de rupture R.
× ——× ——× limite apparente d'élasticité ρ.
·——·——· limite d'élasticité proportionnelle ε.
– – – – – – – allongement de rupture α.

l'effort de rupture R, au contraire, passe à 30 p. 100 de nickel par un minimum et remonte ensuite jusqu'à environ 60 p. 100 de nickel pour diminuer ensuite lentement.

L'allongement de rupture α diminue d'abord puis augmente, et passe par un maximum; il décroît ensuite jusqu'à 16 p. 100 de nickel, teneur pour laquelle il est presque nul; il remonte ensuite, atteint à 60 p. 100 de nickel un maximum absolu, puis décroît constamment.

Le tableau n° 6 a été dressé pour faire ressortir avec encore plus de clarté l'influence de la composition des alliages sur leur résistance en les comparant au fer pur. Pour ce dernier métal ε, ρ, R, α ont été pris égaux à 100, et les colonnes du tableau donnent

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les valeurs proportionnelles de ces diverses quantités pour des alliages dont les teneurs en nickel correspondent aux points remarquables des courbes de la figure 6.

On voit que l'adjonction du nickel au fer a surtout pour effet d'élever la limite d'élasticité proportionnelle avec 8 p. 100 de nickel; cet effort limite est de 280 p. 100 plus fort que celui du fer pur. Dans les mêmes conditions, l'effort correspondant à la limite apparente d'élasticité de l'alliage est de 203 p. 100, et l'effort de rupture, de 73 p. 100 plus fort que celui du fer pur.

TABLEAU VI

TENEUR moyenne en nickel p. 100.	CHARGE CORRESPONDANT A LA			ALLONGEMENT de rupture compté sur 25 millim. à partir de la surface rompue.
	Limite d'élasticité. ε	Limite de résistance. ρ	Rupture. R	
0,05	100	100	100	100
8	380	303	173	30
16	207	280	126	2
30	105	86	31	8
60	100	86	117	103
98	60	62	94	50

On peut résumer de la manière suivante les observations faites au point de vue de la structure des alliages étudiés.

Les alliages constitués avec 0,5 p. 100 de nickel tendent à présenter l'aspect bulleux; déjà avec 1 p. 100, de nickel, le métal redevient compact, et avec 3 p. 100 de nickel, une structure finement écailleuse prédomine. Si la teneur en nickel augmente, la structure devient grenue et de plus en plus cristalline, puis se compose finalement de cristaux en aiguilles très nets. Cette modification progressive de la structure présente une irrégularité pour 60 p. 100 de nickel, car la surface rompue prend alors de nouveaux l'aspect finement écailleux.

Avec une teneur de 30 p. 100 de nickel, les lingots tendent à présenter dans leur masse des marques d'oxydation.

La résistance du métal dont la surface de rupture est à grains cristallins ne paraît diminuer que lorsque les faces cristallines deviennent considérables.

Un alliage constitué par des cristaux en aiguilles est moins résistant que celui dont la surface rompue est finement écailleuse, surtout si le lingot présente çà et là dans sa masse des traces d'oxydation.

INFLUENCE DES CHARGES RÉITÉRÉES. — En général, l'allongement des éprouvettes est plus grand pendant la première minute de l'action statique de la charge que pendant la seconde; cependant l'inverse se produit dans quelques cas pour les charges élevées qui ont dépassé la limite de résistance du métal, mais seulement alors pour un degré de charge.

L'influence des chargements et des déchargements réitérés se montre bien lorsque la limite d'élasticité proportionnelle a été dépassée. On remarque alors dans quelques essais que, lors d'un rechargement, l'allongement que produit pendant la première minute le premier degré de charge supérieur à la plus haute charge précédemment atteinte, est inférieur à l'allongement qu'avait déterminé cette valeur précédente et inférieure de la charge.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ainsi l'éprouvette 19 du lingot n° 4 :

Sous $8^{kg},5$ par millimètre carré avait eu l'allongement 2
Sous $9^{kg},4$ — — — 20

on effectua alors, suivant la méthode précédemment exposée, le déchargement et le rechargement, et l'on observa que

Sous $10^{kg},3$ par millimètre carré, l'allongement était. 0
Sous $11^{kg},1$ — — — 4

Les lingots 13 et 16 fournirent également des exemples très nets de ce phénomène. Les courbes de la figure 7 représentent les allongements des éprouvettes sous

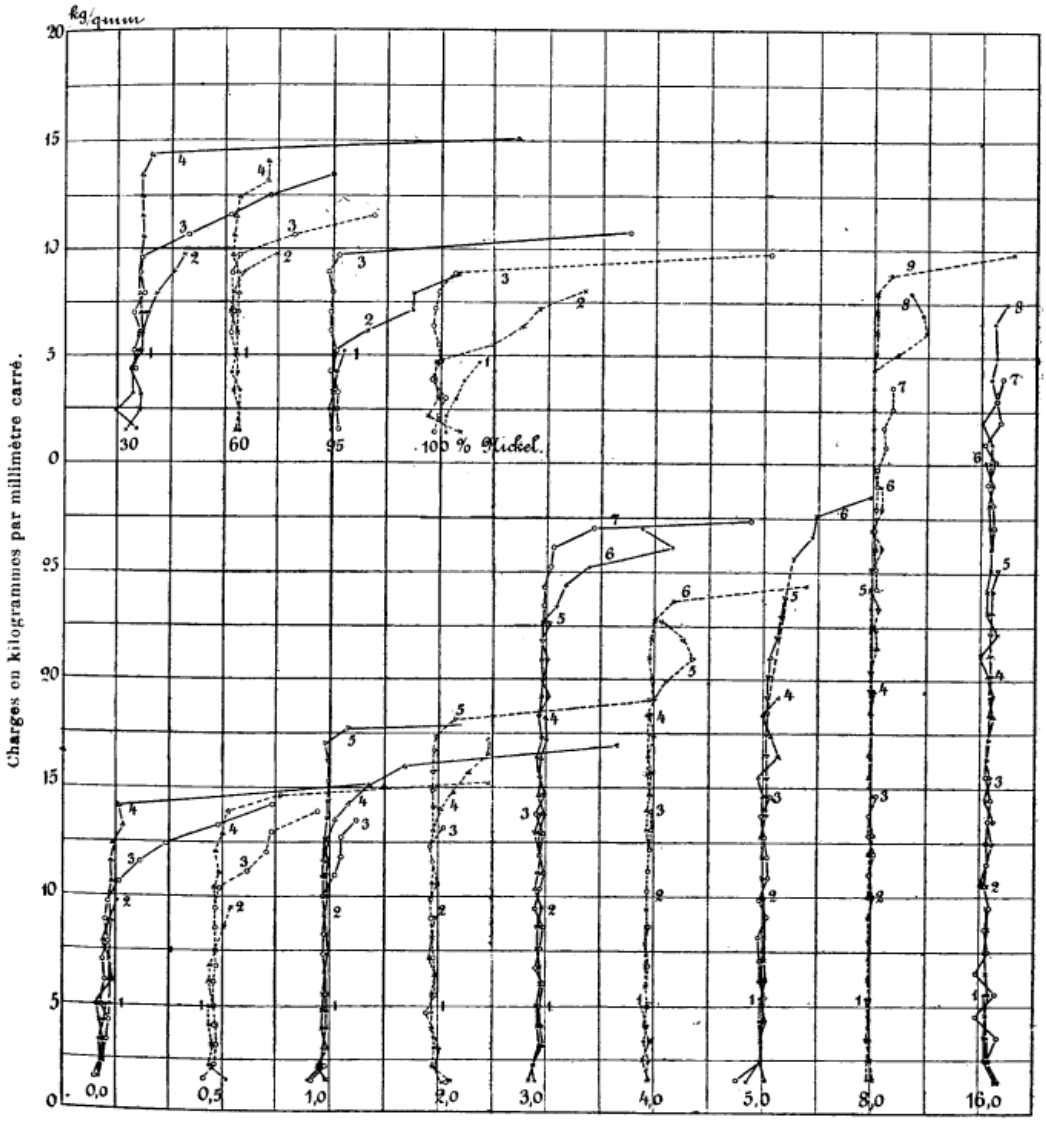


Fig. 7. — Les ordonnées représentent les charges en kilogrammes par millimètre carré et les abscisses les allongements p. 100 correspondants, pour chacun des groupes de courbes des alliages dont les teneurs en nickel sont indiquées, en p. 100, par les chiffres 0,0... 0.5... 16.0.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'influence de ces charges réitérées; les abscisses représentent les allongements; les ordonnées représentent les charges en kilogrammes par millimètre carré. A chaque

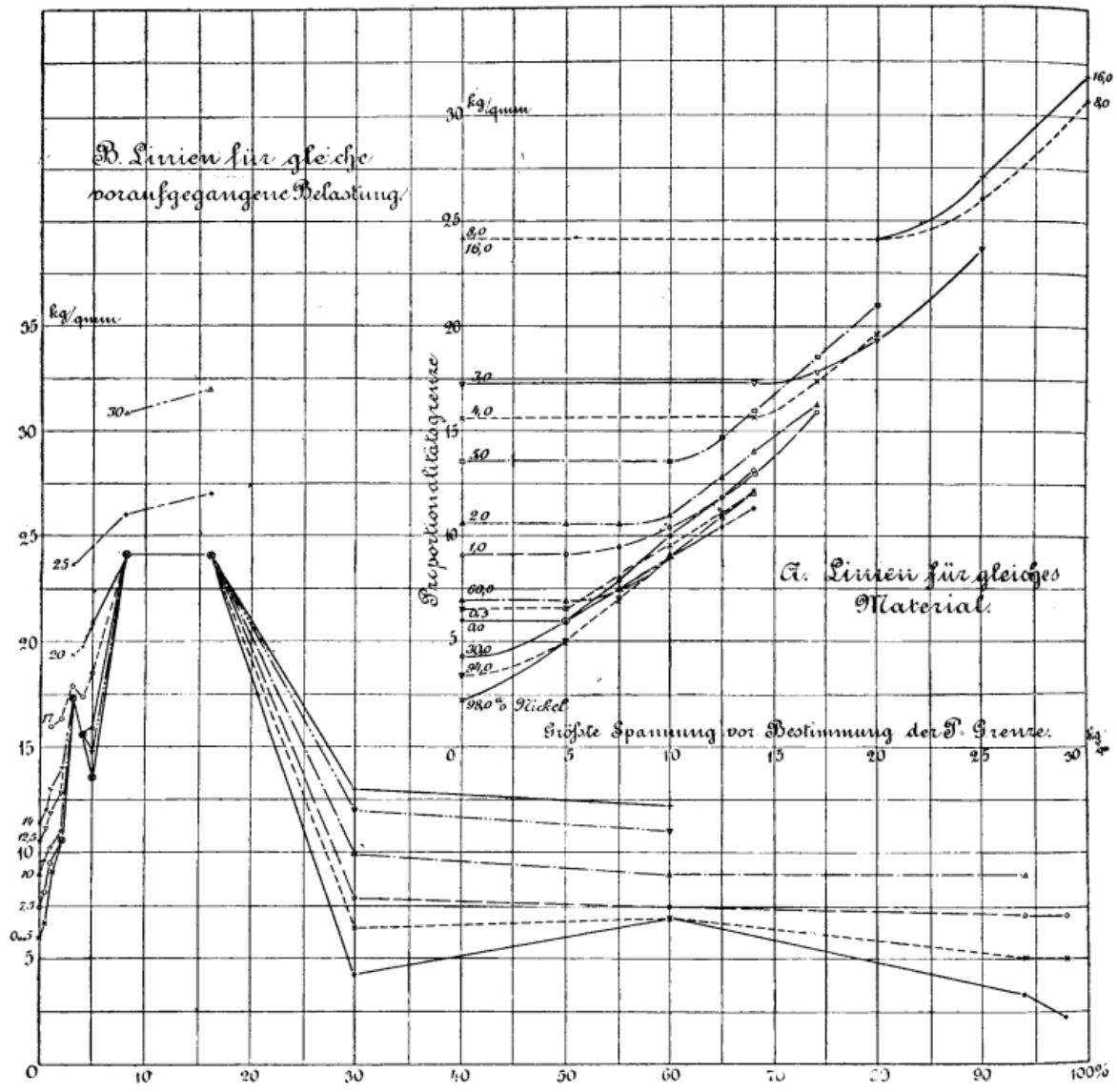


Fig. 8.

GROUPE A : chaque courbe se rapporte à un même métal.
Abscisses : valeur de la plus haute charge, précédant l'opération où l'on observe la limite d'élasticité.
ordonnées ; kilogr. par millimètre carré.

GROUPE B : chaque courbe se rapporte à une seule et même valeur de la plus haute charge qui a précédé l'opération où l'on observe la limite d'élasticité.
Abscisses : teneurs en nickel.
ordonnées charges relatives à la limite d'élasticité.

éprouvette correspond un groupe de lignes qui, partant du même point zéro, se rapportent aux chargements successifs.

On voit que pour les premiers chargements, le tracé général des lignes est à peu près parallèle à l'axe des ordonnées, cela montre bien que les allongements sont alors

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

proportionnels aux charges; ce fait est intéressant à signaler, parce qu'en général les métaux simplement fondus et non travaillés mécaniquement ne présentent pas cette proportionnalité.

Dans le même groupe de lignes, plus le numéro d'ordre du chargement considéré est élevé, plus les tracés, dans leur ensemble, sont rectilignes pour de grandes charges; ce fait s'accorde avec les observations de Bauschinger sur les métaux forgés: les charges réitérées relèvent la limite d'élasticité lorsque cette limite a été dépassée dans les essais précédents.

La figure 8 a été établie pour que l'on puisse se rendre bien compte de ce phénomène : les tracés qu'elle contient forment deux groupes, A et B. Chacune des lignes du groupe A se rapporte à la même éprouvette dont la teneur en nickel est inscrite à l'origine du tracé. Sur l'axe des abscisses, on a porté en kilogrammes, par millimètre carré, la plus haute charge qui a précédé le rechargement dans lequel on observe la limite d'élasticité, et les ordonnées représentent, également en kilogrammes par millimètre carré, les charges correspondant aux limites d'élasticité observées. Dans le groupe B, chaque ligne se rapporte à une seule et même valeur de la plus haute charge qui a précédé le rechargement dans lequel on observe la limite d'élasticité, et la valeur de cette charge est inscrite à l'origine du tracé. Les abscisses sont les teneurs en nickel et les ordonnées les charges relatives aux limites d'élasticité observées.

Comme on devait s'y attendre, la ligne inférieure du groupe B, qui donne les valeurs de la limite d'élasticité proportionnelle pour le premier chargement, a le même aspect que le tracé *e* de la figure 6.

Dans le même groupe, les points correspondant aux teneurs de 3 et de 5 p. 100 de nickel sont remarquables le premier pour la valeur élevée, le second pour la petite valeur de la limite d'élasticité proportionnelle; toutefois ces écarts relatifs aux charges faibles disparaissent progressivement à mesure que les chargements répétés comportent des charges plus fortes; ainsi, par exemple, lorsque la plus haute valeur de traction due au chargement précédent atteint 20 kilogrammes par millimètre carré, les limites d'élasticité proportionnelle deviennent d'autant plus élevées que la teneur en nickel de l'alliage est plus grande.

V. — ESSAIS A LA COMPRESSION

Ces essais ont été faits à l'aide de la machine *Polhmeyer* de 50 tonnes, qui donne automatiquement les tracés relatifs aux charges supportées par l'éprouvette et aux écrasements qui en résultent.

On détermina :

1° La limite apparente d'élasticité à la compression;

2° L'écrasement de chaque éprouvette rapporté à la hauteur primitive égale à 100; la charge s'élevant à 20 000 kilogrammes, soit à 113 kilogrammes par millimètre carré de la section primitive.

La détermination de la limite apparente d'élasticité résulta de l'examen des courbes de résistance, dont la figure 9 reproduit deux spécimens, *a* et *b*. Lorsque les courbes présentaient l'aspect général figuré en *a*, l'évaluation était facile et suffisamment rigoureuse, elle consistait dans la mesure de l'ordonnée correspondant au point anguleux *m*; mais dans le plus grand nombre des essais, le tracé se recourbait progressivement en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

présentant un aspect analogue à celui de la courbe *b*. L'évaluation de la limite apparente d'élasticité se fit alors à l'œil, d'après la forme de la courbe, sans caractères absolus d'exactitude ; cependant, pour obtenir dans les résultats toute l'uniformité possible, les points correspondant à la limite apparente d'élasticité furent marqués sur les courbes en une seule séance par le rapporteur lui-même.

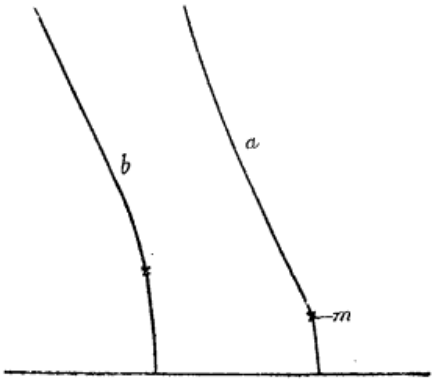


Fig. 9.

Résultats. — Les résultats des essais ont permis d'établir les moyennes inscrites dans le tableau n° 7. On a remarqué que certaines valeurs trouvées pour la limite apparente d'élasticité ne s'accordent qu'imparfaitement avec les autres ; cela tient, sans doute, à l'inexactitude de la détermination de cette limite sur certains tracés de la machine. Au contraire, la concordance des valeurs de l'écrasement sous la charge de 113 kilogrammes est presque complète et montre nettement que la résistance du métal à la compression n'est pas influencée par la situation de l'éprouvette dans le lingot.

TABLEAU VII

NUMÉROS des lingots.	MOYENNES des teneurs en nickel.	LIMITE APPARENTE d'élasticité en kilogrammes par millim. carré.	ÉCRASEMENT de l'éprouvette sous 113kg par millim. carré, rapportée à la hauteur primitive prise égale à 100.
1, 2, 3.	0,05	19,6	47,8
4..	0,56	15,8	47,4
7, 8, 9.	1,01	19,9	45,5
10, 11, 12..	2,06	26,9	42,1
13, 14, 15..	3,01	28,6	38,8
16, 17, 18..	3,98	28,2	37,5
19, 20, 21..	4,92	38,6	34,1
22, 23, 24..	7,84	51,0	29,2
25, 27.	15,60	115,1	(0,7)
28, 29, 30..	29,78	21,3	37,5
31, 32, 33..	59,60	16,1	33,1
35, 36.	93,52	9,8	34,6
37, 38, 39..	98,39	12,7	36,9

La figure 10 renferme deux tracés relatifs aux moyennes des résultats fournis par les éprouvettes prélevées dans les lingots de même teneur en nickel. Ces deux tracés se rapportent l'un à la limite apparente d'élasticité, l'autre à l'écrasement des éprouvettes sous la charge de 113 kilogrammes. Leur aspect montre que la limite apparente d'élasticité augmente en même temps que la teneur en nickel jusqu'à la valeur de 16 p. 100; tandis que les écrasements décroissent dans les mêmes limites : il résulte même de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'allure rectiligne des tracés que les variations en sens inverse de ces deux grandeurs sont, entre 0 et 16 p. 100, proportionnelles aux teneurs en nickel. Au delà de 16 p. 100, la limite apparente d'élasticité décroît rapidement ; elle atteint de nouveau, pour 30 p. 100 de nickel, la même valeur que pour le fer pur, puis diminue encore, mais moins vite, de sorte que pour 94 p. 100 de nickel, sa valeur n'est plus que la moitié de celle du fer pur; au delà, pour 98 p. 100 de nickel, la limite apparente d'élasticité se relève un peu.

Les écrasements augmentent entre 16 et 30 p. 100 de nickel, décroissent ensuite

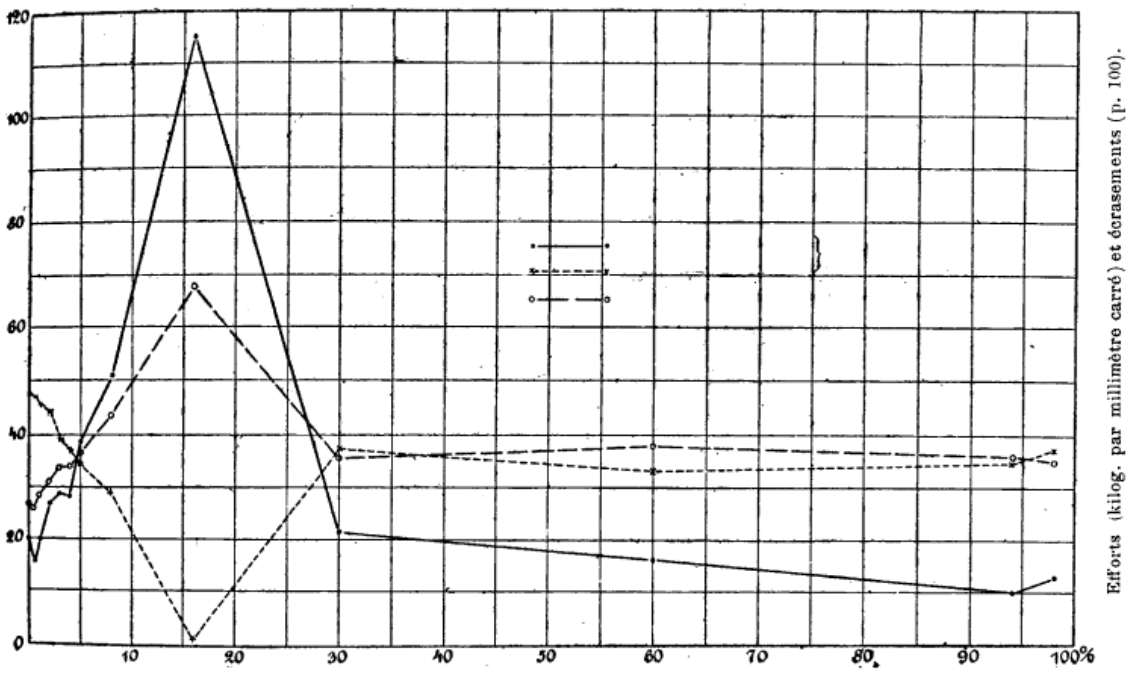


Fig. 10.

o———o———o Limite apparente d'élasticité } compression.
×- - - - -×- - - - -+ Écrasements. }
o———o———o Efforts de rupture (cisaillement).

légèrement jusqu'à 60 p. 100, puis augmentent de nouveau, de manière à atteindre pour 98 p. 100 de nickel à peu près la même valeur que pour 30 p. 100.

En résumé, on peut remarquer une grande analogie entre les résultats des essais à la compression et ceux des essais à la traction. Ainsi, le lingot n° 4, qui contient 0,5 p. 100 de nickel, s'est montré en même temps, dans ces deux modes d'essais, moins résistant que le fer pur et que l'alliage à 1 p. 100 de nickel. Cependant, la limite apparente d'élasticité présente des différences dans sa variation : sa valeur maximum se produit à 8 p. 100 de nickel dans les essais à la traction, tandis que dans les essais à la compression, elle a lieu pour 16 p. 100 de nickel.

VI. — ESSAIS AU CHOC

Les essais au choc ont été exécutés avec le petit appareil de *A. Martens* qui comporte un mouton du poids de 56^{kg},47. L'effort supporté par le métal fut évalué par la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

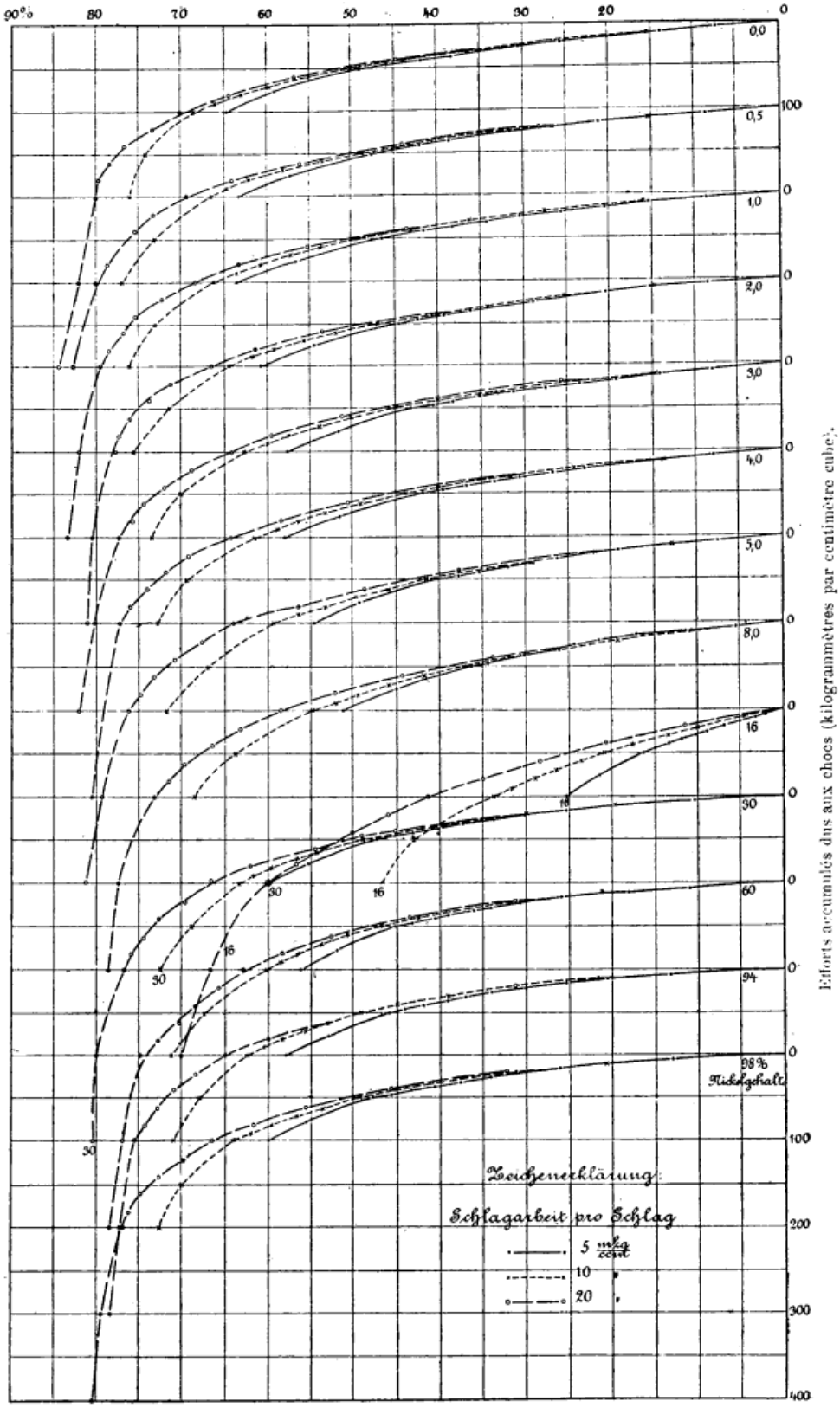


Fig. 11. — Résultats des essais au choc.

.———.——— chocs de 5 kilogrammètres par centimètre cube du volume de l'éprouvette.
.———.———. — de 10 kilogrammètres.
o———o———o — de 20 kilogramm

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

force vive du mouton au moment du choc, rapportée à 1 centimètre cube du volume de l'éprouvette.

Les essais consistèrent, pour chaque éprouvette, en une volée de vingt coups égaux, et les écrasements furent mesurés après chaque coup jusqu'au dixième, et ensuite seulement de cinq en cinq coups.

Au point de vue de l'effort supporté par le métal, les trois éprouvettes fournies par chaque lingot furent différemment traitées. Ainsi, chacun des vingt coups frappés sur les premières correspondit à un effort de 5 kilogrammètres par centimètre cube du volume de l'éprouvette; pour les secondes, cet effort fut de 10 kilogrammètres par centimètre cube, et pour les troisièmes, de 20 kilogrammètres par centimètre cube.

Les résultats obtenus sont représentés graphiquement dans la figure 11. Chaque groupe de courbes se rapporte aux trois éprouvettes d'un même lingot. Pour chaque tracé, les abscisses sont proportionnelles aux écrasements, les ordonnées sont proportionnelles, pour chaque coup, aux efforts cumulés supportés par l'éprouvette et correspondant à la fois au coup considéré et aux précédents : c'est ainsi que le premier tracé de chaque groupe se termine à l'ordonnée $20 \times 5 = 100$ kilogrammètres par centimètre cube; le second tracé se termine à l'ordonnée $20 \times 10 = 200$ kilogrammètres par centimètre cube; le troisième tracé, à l'ordonnée $20 \times 20 = 400$ kilogrammètres par centimètre cube.

On peut remarquer que dans chaque groupe, les troisièmes tracés sont toujours situés au-dessus des deux autres, cette disposition montre que pour un même effort total supporté par le métal, plus les coups sont énergiques, plus l'écrasement de l'éprouvette est grand.

Si l'on excepte le groupe des courbes relatives au lingot à 16 p. 100 de nickel, les autres tracés s'écartent dans chaque groupe à peu près également les uns des autres : il semble donc possible de discuter l'influence de la teneur en nickel sur la résistance du métal, en se basant sur une seule des trois séries d'épreuves. On choisit dans ce but le tracé du milieu qui correspond aux essais dans lesquels l'éprouvette reçoit une volée de vingt coups qui lui transmettent chacun un effort de 10 kilogrammètres par centimètre cube de son volume.

Pour plus de clarté, les résultats de ces essais sont représentés par de nouveaux tracés dans la figure 12 : les ordonnées sont proportionnelles aux écrasements mesurés après le deuxième, le troisième, le sixième, le neuvième et le vingtième coups; les abscisses sont proportionnelles aux teneurs en nickel. Les tracés joignent les points qui se rapportent à des quantités égales de force vive transmises à l'éprouvette.

Ainsi que l'on pouvait s'y attendre, ces cinq tracés ont le même aspect général que celui de la figure 10, qui représente les écrasements déterminés par une compression de 113 kilogrammes par millimètre carré de la section de l'éprouvette. Pour les chocs comme pour les compressions, les écrasements diminuent donc lorsque la teneur en nickel croit de 0 à 16 p. 100: avec 30 p. 100 de nickel, ils reviennent à peu près aux valeurs observées pour le fer pur, ils diminuent peu à peu ensuite jusqu'à 60 p. 100, puis se relèvent; pour 60 p. 100 de nickel, ces écrasements atteignent encore des valeurs voisines de celles correspondant au fer pur.

Pour des teneurs en nickel inférieures à 16 p. 100, les tracés sont d'autant moins inclinés qu'ils sont situés plus bas dans la figure ; en d'autres termes, ils paraissent converger les uns vers les autres à la partie inférieure; il résulte de cette disposition que, jusqu'à la valeur limite de 16 p. 100 de nickel, les écrasements déterminés par

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des chocs identiques, mais répétés, diminuent d'autant plus que la teneur en nickel est plus forte. Cette diminution des écrasements est causée par le durcissement progressif

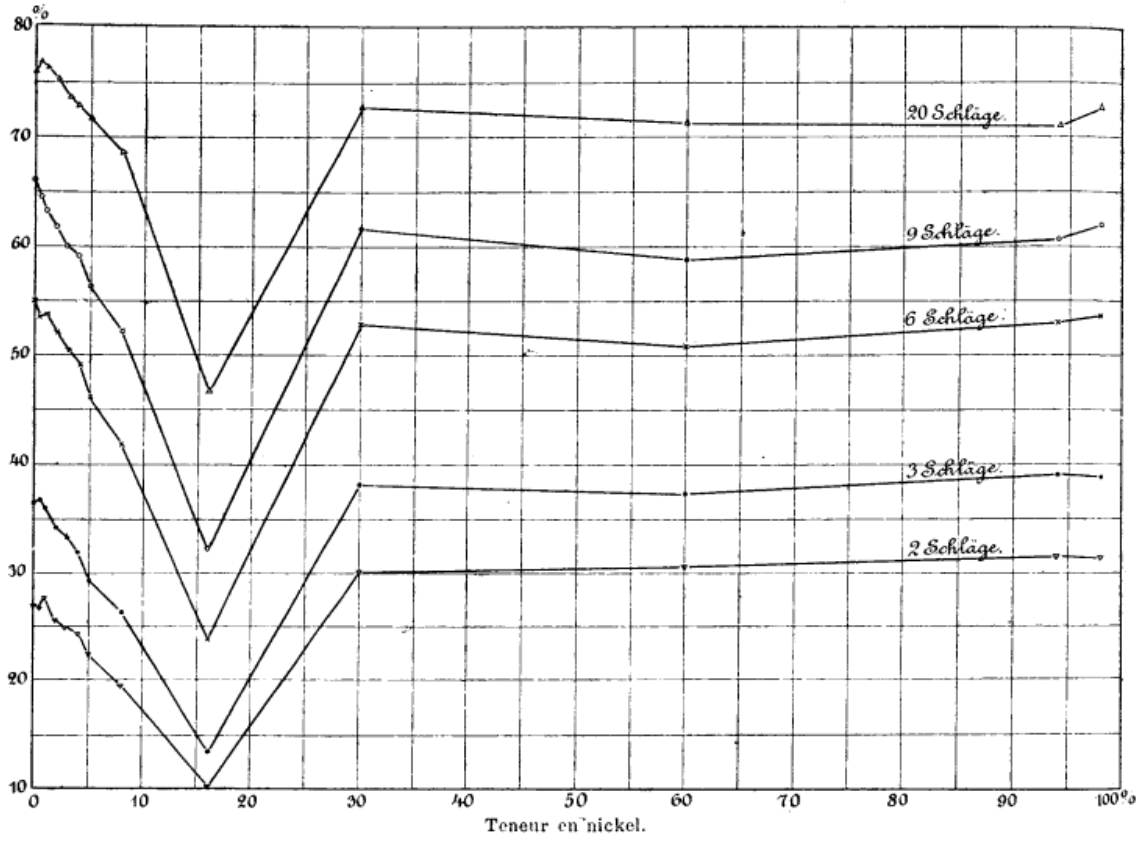


Fig. 12.

Essais au choc : Écrasements des éprouvettes après un même nombre de coups de mouton (*Schlage*).

du métal, elle est en rapport avec les phénomènes que l'on observe pratiquement dans le forgeage à froid.

VII. — ESSAIS AU CISAILLEMENT

La machine employée dans ces essais est une cisailleuse construite par le professeur *A. Martens*. Cet appareil comporte trois anneaux en acier trempé, disposés à peu de distance les uns des autres sur le même axe horizontal et présentant un diamètre égal à celui de l'éprouvette cylindrique. Les anneaux extrêmes immobiles sont solidement fixés au bâti de la machine ; l'anneau du milieu, au contraire, peut se déplacer verticalement sous l'influence des charges qui lui sont appliquées et qu'il transmet à l'éprouvette ; cette dernière étant passée dans les trois anneaux, éprouve, par l'action de ces charges, un double cisaillement. On notait alors, pour chaque essai, la plus haute charge réalisée, et, en la rapportant à la double section cisaillée, on en déduisait la résistance du métal en kilogrammes par millimètre carré.

Les moyennes des résultats obtenus sont réunies dans le tableau 8 et sont reproduites sous forme de tracé dans la figure 10. On reconnaît à l'aspect de ce tracé

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

que la teneur en nickel a sur la résistance au cisaillement à peu près la même influence que sur la résistance à la compression, mais que cette influence est plus faible. Ainsi, dans les essais à la compression, la limite apparente d'élasticité de l'alliage à 16 p. 100 de nickel s'élève à 575 p. 100 de celle du fer pur, tandis que le rapport de la résistance au cisaillement de ces deux sortes de métaux n'est que 255 p. 100.

TABLEAU VIII

NUMÉROS DES LINGOTS.	TENEUR MOYENNE en nickel.	RÉSISTANCE au cisaillement.
	p. 100	kg. par mmq.
1, 2, 3.	0,05	26,6
4, 5.	0,56	(25,9)
7, 8, 9.	1,01	28,4
10, 11, 12.	2,06	30,5
13, 14, 15.	3,01	33,3
16, 17, 18.	3,98	84,0
19, 20, 21.	4,92	36,6
22, 23, 24.	7,84	43,5
25, 27.	15,60	67,7
28, 29, 30.	29,78	35,4
31, 32, 33.	59,60	37,9
35, 36.	93,52	35,7
37, 38, 39.	98,39	34,7

UNE PREUVE EN FAVEUR DE LA THÉORIE ALLOTROPIQUE, par **Henry M. Howe** (1)

Traduction de M. F. Osmond.

On sait que le fer subit des transformations allotropiques, au sens large du mot, pendant l'intervalle critique de température, c'est-à-dire vers la chaleur rouge. La preuve en est que du fer presque chimiquement pur, et même apparemment tout à fait privé de carbone, quand on l'abandonne au refroidissement lent, reprend pendant cet intervalle ses propriétés magnétiques et donne spontanément deux dégagements de chaleur à certaines températures déterminées.

Il reste à savoir si la conservation d'une forme allotropique par le refroidissement brusque peut être une cause de la trempe de l'acier. C'est là une question importante : elle serait résolue affirmativement s'il était démontré que la trempe produit certains de ses effets dans telles conditions où l'allotropie seule puisse être invoquée comme cause.

Dans une communication précédente à l'Institut du fer et de l'acier, j'ai réuni les résultats de quelques essais de trempe sur les propriétés de fers très peu carburés ; on constatait une augmentation de résistance et de fragilité qu'il me paraissait difficile de rapporter à l'action directe du carbone présent.

Dans le cas le plus frappant, un acier à 0,06 p. 100 de carbone avait eu sa ténacité presque triplée, résultat hors de proportion avec une teneur en carbone aussi faible.

(1) *Engineering and Mining Journal*, t. LXII, p. 557, 12 décembre 1896 et 30 janvier 1897.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. Hadfield a objecté que cette grande augmentation de résistance pouvait être due aux 0,40 p. 100 de manganèse que contenait le même acier plutôt qu'à l'allotropie. Mais les chiffres mêmes apportés par M. Hadfield à l'appui de son opinion montraient qu'un fer à 0,02 seulement de carbone, avec très peu de manganèse ou de tout autre corps étranger, avait sa ténacité augmentée de 35 p. 100 et sa limite élastique de 81 p. 100 à la suite d'un refroidissement qui n'était pas extrêmement rapide. En tenant compte de cette circonstance, ces résultats étaient d'accord avec ceux que j'avais cités; et, en l'absence presque complète de tout corps étranger, ils paraissaient rendre très probable l'influence de l'allotropie dans la trempe.

M. Hadfield cependant pensait que les tensions jouaient un rôle important.

Pour élucider la question, surtout au point de vue des tensions, j'ai fait les expériences qui suivent. Plusieurs petites barrettes d'acier Martin basique ont été préparées sous la direction de M. H.-H. Campbell, président de la Pensylvania Steel Company. Le métal contenait 0,04 p. 100 de carbone; 0,03 de manganèse; 0,007 de phosphore; 0,014 de soufre; 0,10 de cuivre et des traces de silicium. Toutes les barrettes, découpées dans le même bloc, ont été traitées comme l'indique le tableau ci-dessous :

Trempe d'un acier à 0,04 p. 100 de carbone (série 29).

NUMÉROS DES BARRETTES.	DIMENSIONS transversales	BARRETTE percée ou non.	DIMENSIONS des trous percés.	TÉNACITÉ, kilog. par mm².	LIMITE ÉLASTIQUE, kilog. par mm².	ALLONGEMENT p. 100 sur 25mm.	CONTRACTION p. 100.	TRAITEMENT.
	mm.		mm.					
6	4,41 × 4,42	non.	»	34,16	16,17	44	72,3	Refroidi lentement à partir de 930°.
10	4,75 × 5,11	oui.	2,11 × 2,08	35,08	»	»	»	Refroidi lentement à partir de 930°.
2	4,47 × 4,60	non.	»	36,59	21,31	43	77,8	Trempé dans l'eau à partir de 930°.
9	4,65 × 5,03	non.	»	47,39	30,09	28	58,56	Trempé dans la saumure glacée à partir de 930°.
3	4,50 × 4,72	oui.	1,85 × 1,88	49,70	»	»	»	Trempé dans la saumure glacée à partir de 930°.
7	4,52 × 5,00	oui.	2,18 × 2,16	42,32	»	»	»	Trempé dans la saumure glacée à partir de 930°.
8	4,55 × 4,95	oui.	2,21 × 2,24	43,91	»	»	»	Trempé dans la saumure glacée à partir de 930°.

Les barrettes découpées dans un bloc massif ont été chauffées à 930° environ dans un moufle en cuivre à double paroi. Il ne s'est formé que très peu d'oxyde à la surface. Le refroidissement des barrettes refroidies lentement s'est fait avec celui du four et a duré plusieurs heures. Pendant le perçage des trous, on a empêché l'échauffement du métal par une pulvérisation d'éther de pétrole.

Les propriétés de la barrette 6, refroidie lentement, sont telles qu'on pouvait les prévoir et confirmées par celles de la barrette 10. Si on fait la comparaison avec la barrette 9, trempée dans la saumure glacée, on voit que la ténacité a augmenté, à la suite

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

du refroidissement brusque, de 39 p. 100 de sa valeur, et la limite élastique de 86 p. 100. Ces augmentations me paraissent trop fortes pour être rapportées à la faible proportion des corps étrangers présents. Restaient donc l'allotropie et les tensions.

Je me suis alors occupé de déterminer la part possible des tensions. Pour cela, j'ai trempé les barrettes 3, 7 et 8, comme la barrette 9, dans la saumure glacée et je les ai excavées en les faisant percer transversalement de deux trous perpendiculaires dont les axes se coupaient : la section était ainsi réduite à quatre petits rectangles placés respectivement à chacune des arêtes de la barrette. Cette excavation devait grandement alléger les tensions. Cependant les barrettes ainsi préparées gardent une grande augmentation de ténacité; la barrette 3 est même plus résistante que la barrette 9, qui n'avait pas été percée, et de 45 p. 100 plus résistante que la barrette 6 refroidie lentement. D'où je déduis que les tensions ne sont pas un important facteur de l'augmentation de résistance, à telle enseigne que la plus résistante de toutes les barrettes est une de celles où les tensions doivent être réduites au minimum. Et comme j'avais déjà trouvé antérieurement, sur un acier à 0,39 de carbone, que les tensions semblaient une cause de faiblesse plutôt qu'autre chose (1), je pense que l'augmentation de résistance ici obtenue l'a été malgré les tensions plutôt que de leur chef.

Les différences de ténacité entre les trois barrettes 3, 7 et 8 s'expliquent facilement (2), et les quatre barrettes trempées s'accordent pour montrer une ténacité très supérieure à celle des barrettes recuites.

Pour montrer que la grande résistance des barrettes trempées et percées n'est pas due à la forme particulière de leur section, j'ai percé de même la barrette 10 refroidie lentement, et la ténacité n'a pas été notablement affectée.

Il n'est pas impossible que ces résultats soient dus en partie à l'action directe des corps étrangers, si faible qu'en soit la teneur, partie aux tensions, partie à d'autres causes non soupçonnées. Mais il me paraît aussi difficile de les expliquer ainsi qu'il est facile de le faire si l'on suppose qu'une forme allotropique du fer, dont l'existence aux températures élevées a été démontrée par des preuves tout à fait indépendantes, est partiellement conservée par le refroidissement rapide et que cette forme possède une résistance et une limite élastique supérieures à celles de la forme normale, avec une ductilité moindre.

Depuis la publication de la note ci-dessus, j'ai obtenu des résultats encore plus remarquables avec le même métal (3) sous forme de fil. En le trempant dans la sau-

(1) *The Metallurgy of Steel*, pp. 32, 33.

(2) Les différences de ténacité entre les trois barrettes percées après trempe ne dépassent pas, à mon avis, ce qu'on pouvait attendre des variations connues ou inconnues dans les conditions expérimentales. Il est difficile de durcir notablement par la trempe un acier ou un fer très pauvre en carbone, et cette difficulté même prouve que, s'il est possible de maintenir intégralement le fer sous une forme allotropique en l'absence presque complète du carbone, on n'y saurait parvenir que par un refroidissement extrêmement rapide. On conçoit donc facilement que des variations inobservées dans les dimensions des barrettes, dans la vitesse de l'agitation, dans l'épaisseur de la croûte d'oxyde, etc., etc., prennent une importance suffisante pour rendre compte des écarts entre les résultats. En d'autres termes, tremper un acier très peu carburé est une opération difficile; et quand on fait une opération essentiellement difficile, non seulement on la réussit plus ou moins, mais on risque toujours de la manquer complètement. En fait, les barrettes 7 et 8 donnent des chiffres bien concordants; la résistance plus grande de la barrette 3 peut dépendre, pour une part, de ses dimensions un peu plus faibles et de la plus grande vitesse de refroidissement qui a dû en résulter.

(3) L'analyse donnée plus haut est celle qui m'avait été fournie par les fabricants. Le carbone et le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mure glacée, je n'ai pas élevé sa ténacité de moins de 132 p. 100 (soit de $34^{kg}7$, en moyenne, par millimètre carré, à $80^{kg},2$); en même temps, l'allongement a diminué de 63 p. 100 environ, tombant de 44 p. 100, sur 25 millimètres, à 16 p. 100 sur 76 millimètres.

M. Hadfield a dit que cet accroissement de résistance communiqué par la trempe aux aciers doux pourrait être dû à une « tension superficielle ». Il a exprimé l'intention de tremper une barrette de fer ou d'acier très peu carburé et de la raboter « pour faire disparaître la tension superficielle produite par le refroidissement rapide ». Dans ces conditions, pensait-il, « l'augmentation de ténacité serait probablement faible ». Déjà, les résultats donnés plus haut tendaient à montre que l'accroissement de ténacité des aciers presque dépourvus de carbone ne saurait être attribué à des tensions. Maintenant, j'ai fait l'expérience indiquée par M. Hadfield : j'ai trempé une barrette du même acier ayant une section de $4^{mm},50 \times 5^{mm},72$ et tournée en son milieu sur une petite longueur au diamètre de $4^{mm},35$.

Après trempe, j'ai fait tourner de nouveau la barrette au diamètre de $2^{mm},84$ et j'ai trouvé que le cylindre restant, c'est-à-dire le noyau central, était encore plus trempé que la moyenne de la barrette. Sa ténacité était de $50^{kg},9$ par millimètre carré, avec 18 p. 100 d'allongement sur 25 millimètres. Une barette presque semblable, essayée telle quelle, c'est-à-dire sans être tournée après trempe, n'avait que $47^{kg},4$ de résistance avec 28 p. 100 d'allongement sur 25 millimètres. La différence, il est vrai, peut être due à de petites différences dans les conditions expérimentales, et c'est ce que je me propose d'élucider. La pensée m'est venue que la grande pression à l'intérieur de la barrette pouvait retarder la transformation allotropique du fer. Dans des conditions semblables, Moissan a trouvé qu'une telle pression empêche le diamant de se transformer en graphite. Comme le noyau central se refroidit forcément moins vite que la moyenne de la pièce trempée, il doit exister, si le cœur trempe plus que la surface, une cause compensatrice. Un autre acier plus carburé m'avait déjà donné les mêmes résultats.

manganèse ont été dosés de nouveau; la teneur en carbone, déterminée par combustion par Booth, Garrett et Blair, a été trouvée de 0.022 p. 100 (au lieu de 0,04); Mn = zéro (au lieu de 0,03).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

NOTES DE MÉCANIQUE

FOYERS A COMBUSTIBLES PULVÉRISÉS *Ruhl*.

Ces foyers sont installés dans l'Opéra de Berlin sur une chaudière de Cornouailles de 8 mètres de long sur 2 mètres de diamètre, ayant une chauffe de 633 mètres carrés, et deux tubes de foyers de 700 millimètres, avec garnissage en briques réfractaires sur une longueur de 3 mètres constituant, sans grilles, les chambres de combustion *a*. La porte *c*, à garnissage *b*, admet l'air par le registre *d* et, au-dessous du déflecteur *h*, par une série de petites ouvertures réglables. Le charbon pulvérisé arrive au droit de l'air par *kk'*, au travers de la trémie *l*, réglable en *m*, et est amené en *l*, d'un élévateur mû par une dynamo, par la vis sans fin *n*; l'excès en est ramené au bas de l'élévateur

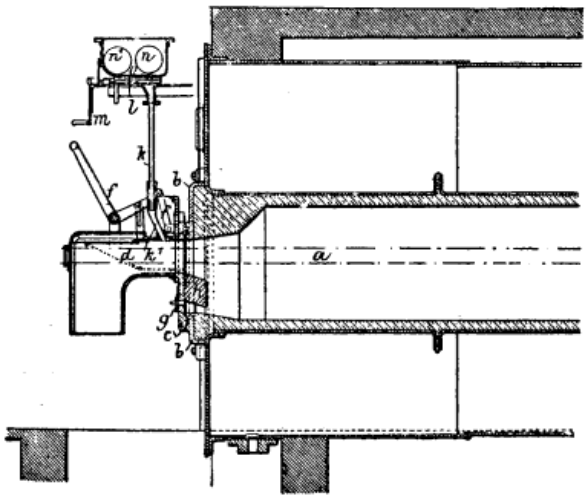


Fig. 1. — Foyer *Ruhl*.

par une seconde vis *n'*, de manière que l'alimentation du charbon ne puisse jamais s'engorger. Après trois semaines de marche, une combustion de 19 900 kilos de charbon ne laissa que 330 kilos, ou 1,63 p. 100 de cendres emportées dans les carneaux; après une nouvelle campagne de quelques mois et une dépense de 54 100 kilos, cette proportion se réduisit à 1,2 p. 100 de cendres renfermant seulement 4,7 p. 100 de charbon. Vitesse du gaz dans les carneaux, de 5 à 6 mètres par seconde; température de sortie, 275°. La mise en train se fait en brûlant un peu de bois, puis le garnissage suffit pour maintenir la combustion du charbon pulvérisé; après une interruption d'une heure et demie, il suffit de brûler un peu de chiffons ou de papier pour rétablir la flamme; toutes les six heures, on enlève les cendres sous forme de mâchefer liquide et en ouvrant la porte après avoir fermé *l* et *d*. Les conveyeurs *n* et n_1, qu'il n'est pas indispensable de doubler, ne dépensent que très peu de force, $0^{ch},01$ par mètre courant. La combustion ne produit presque pas de fumée.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

COMPRESSEURS *Ingersoll Sergeant.*

Dans ce compresseur, l'air arrive au cylindre par la tige creuse E (figure 2) au travers des grandes soupapes annulaires G du piston, qui fonctionnent sans ressorts, par le jeu seul de leur inertie, le refoulement se fait par les soupapes H; le cylindre, parois

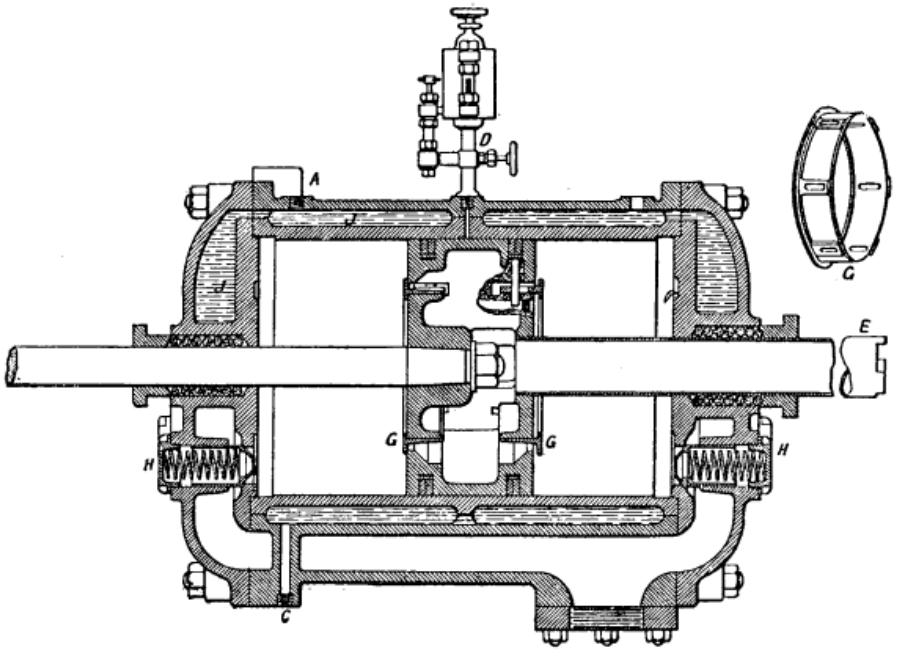


Fig. 2 et 3. — Compresseur *Ingersoll Sergeant.* Ensemble et détail d'une soupape G.

et fonds, est refroidi par une large circulation d'eau J. Diamètre, 405 millimètres; course, 900, vitesse, 50 tours par minute; débit, $0^{m3},48$ d'air par tour. Ces compresseurs fort simples sont très employés, aux États-Unis notamment, comme dans l'exécution du canal de Chicago, pour l'actionnement des perforatrices à air comprimé (1).

MOULIN A VENT *Miller.*

Ce moulin, construit par la United States Wind Engine and Pump C°, de Batavia (Illinois) (2), est (fig. 4 à 11) remarquable par sa simplicité. La roue, entièrement métallique, a ses ailettes L fixées au cercle K par le rabattement et le rivetage de ses barrettes N et O (fig. 11) et consolidées par un second cercle en segments ondulés P, épousant leurs courbures et assemblés, comme l'indiquent les figures 8 et 9, avec les raies I et les tirants Q, dont les écrous T permettent de régler la tension. Le gouvernail C, à ressort de rappel q, manœuvre automatiquement par d et le levier Ya, pivoté en b, le frein V, qui, appliqué sur le moyeu U, arrête le moulin quand le vent rabat le gouvernail parallèlement à la roue; le gouvernail peut être aussi manœuvré à la main, du bas de la tour, par la tige p et le renvoi m, n, o.

(1) *Engineering*, 29 janvier 1897, p. 133.
(2) *Bulletin* d'octobre 1894, p. 654.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

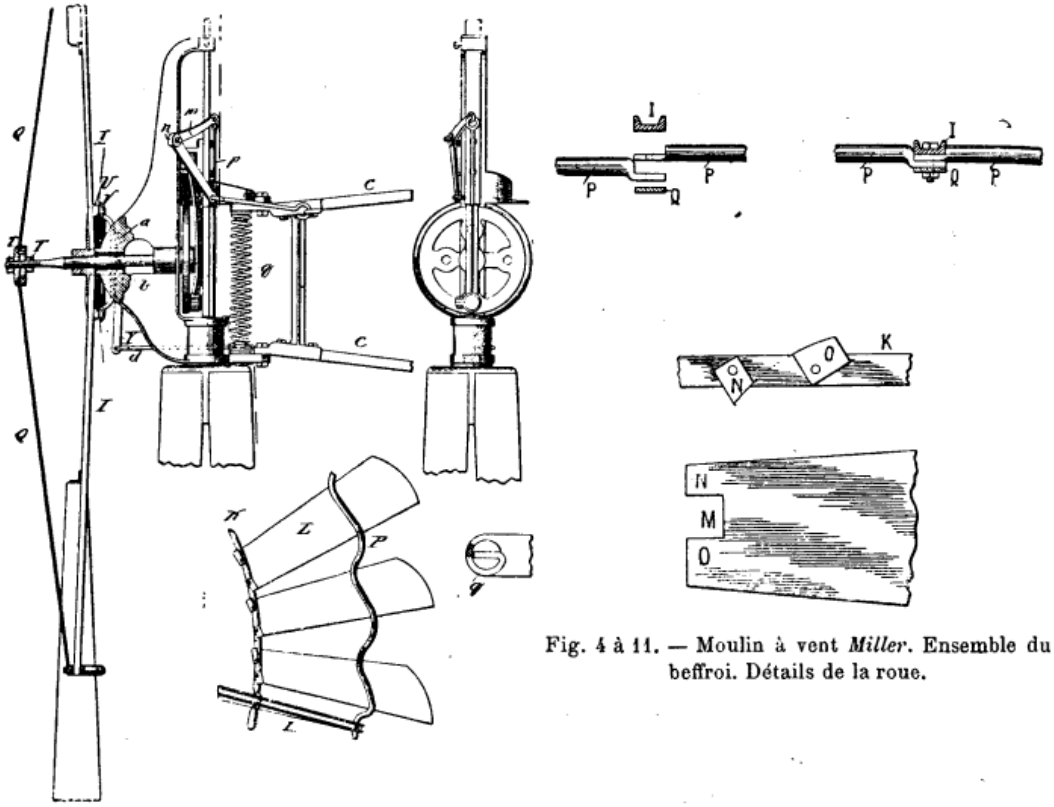


Fig. 4 à 11. — Moulin à vent *Miller*. Ensemble du beffroi. Détails de la roue.

AVANTAGES DE LA SURCHAUFFE D'APRÈS M. *W. Ripper* (1)

D'après des essais sur un moteur *Schmidt* (2) à simple effet sans condensation, de 17 chevaux indiqués, à forte surchauffe, on put, en consacrant à la surchauffe 5, 10 et 15 p. 100 de la chaleur totale du foyer, augmenter le rendement de 12, 38, et 70 p. 100. La température de surchauffe variait rapidement en sens inverse de la puissance du moteur. Entre certaines limites, l'économie augmente presque proportionnellement à la surchauffe : avec de la vapeur à $8^k,40$, surchauffée à 357°, la dépense de vapeur tombe de $17^k,5$ sans surchauffe à $7^k,30$. La surchauffe de la vapeur, même très élevée, s'abaisse rapidement dans le cylindre, où la vapeur reste rarement surchauffée jusqu'à la détente (fait déjà constaté par *Hirn*) ; il faut une surchauffe d'au moins 110° au-dessus du point de saturation pour que la vapeur n'arrive pas saturée, même à la fin des longues admissions. Pour que la vapeur reste surchauffée pendant la détente et arrive sèche à l'échappement anticipé, il faut une surchauffe initiale d'au moins 170° ; elle est alors surchauffée de 30° à 50° à la fin de l'admission, et tombe à la température de saturation après une détente de trois volumes environ.

La surchauffe n'augmente pas le rendement thermique proportionnellement à sa température, mais elle permet de se rapprocher autant que possible du rendement

(1) « Superheated Steam Engine Trials ». *Institution of Civil Engineers*, London, 12 janvier 1897.
(2) *Bulletin* de mai 1896, p. 687.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

maximum de la vapeur saturée en rendant les parois du cylindre pratiquement non conductrices. Les tubes du surchauffeur se maintiennent bien, et le cylindre ne court aucun danger avec un bon graissage au pétrole.

On a obtenu les meilleurs résultats avec de la vapeur à $8^k,40$, portée à 345° par la surchauffe — ou surchauffée de 172° — et une grande détente, dans un seul cylindre, bien isolé par une enveloppe calorifuge. La soupape d'admission, soumise à des températures très élevées, est équilibrée et n'exige pas de graissage.

BASCULEUR TRIEUR *Berkley*

Cet appareil qui rappelle le basculeur de *Long* (1) fonctionne comme il suit. Lorsqu'on entre le wagonnet dans le tambour A, B, K, la raclette H du crible fixe J est soulevée,

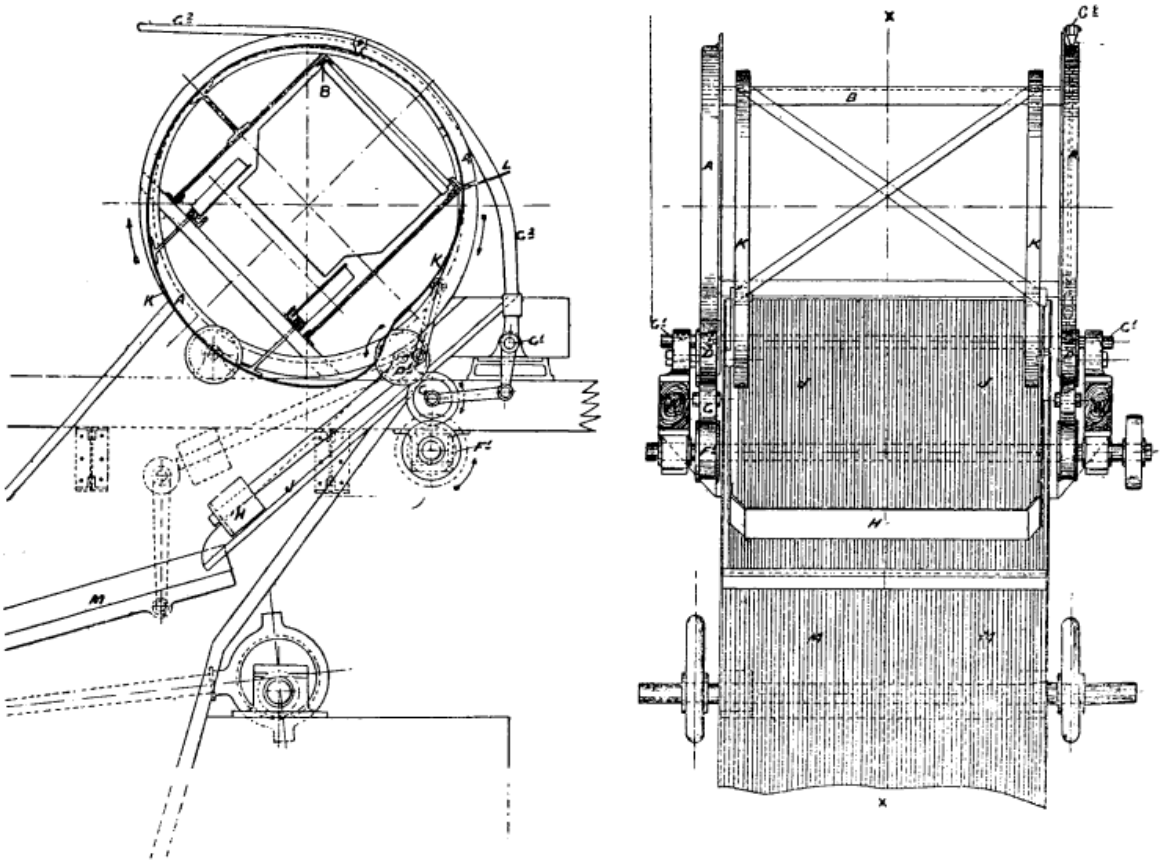


Fig. 12 et 13. — Basculeur *Berkley*. Coupe XX et plan.

comme en pointillé (fig. 12) par les cames de K ; puis, à mesure que le tambour, entraîné par les galets F', G, D, embrayés par le levier G_1, G_2, G, accomplit sa bascule, H s'abaisse, pendant que le charbon tombe sur J avec une vitesse amortie par la garde L du wagon ; elle se referme ensuite pour retenir le charbon sur L, qui laisse ainsi passer les menus, puis N se rouvre graduellement, quand le tambour arrive à sa position finale figure 14, pour laisser les charbons plus gros passer au cribleur à secousse M.

(1) *Bulletin* de janvier 1896, p. 139.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

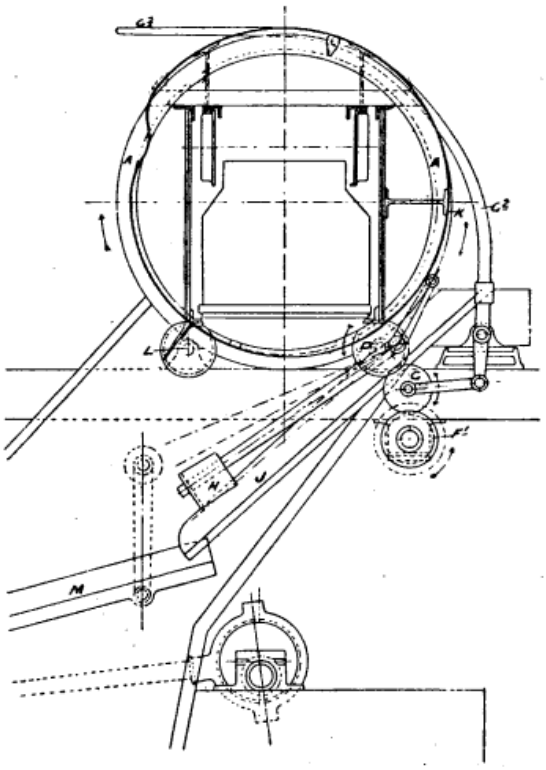


Fig. 14. — Basculeur *Berkley*. Coupe XX après déchargement.

APPLICATION DES MOTEURS MÉCANIQUES A LA TRACTION DES TRAMWAYS D'APRÈS M. E. A. ZIFFER

M. E. A. Ziffer a récemment publié un rapport très intéressant sur ce sujet, présenté à la neuvième assemblée de l'*Union internationale des tramways*, à Stockholm, nous croyons intéressant d'en présenter ici les conclusions (1).

Si nous résumons brièvement cette étude et les déductions auxquelles elle a donné lieu, nous devons constater que les moteurs mécaniques employés pour la traction des tramways et des chemins de fer d'ordre inférieur, ont été l'objet de notables améliorations, de façon qu'en général il y a lieu de constater des progrès dans leur emploi ; il en résulte que ces modes de traction ont acquis une plus grande importance et que, par suite, sans aucun doute, leurs applications se généraliseront.

Les *moteurs à vapeur* (voitures Rowan) conviennent spécialement pour le service des voyageurs sur des chemins de fer secondaires situés dans la banlieue des grandes villes ou reliant des localités éloignées. Néanmoins, dans ces derniers temps, ces voitures n'ont pas fait parler beaucoup d'elles.

La *voiture Serpollet*, qui est également appelée à servir au transport des voyageurs, convient au trafic intérieur des villes et des faubourgs ; elle se distingue par une simplicité plus grande et par l'économie dans les frais d'acquisition et d'exploitation.

Le système *des moteurs sans foyer* (système Lamm et Erancq) convient particulièrement

(1) *Bulletin international du Congrès des Chemins de fer*, janvier 1897, p. 79.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pour des trafics intenses à l'intérieur et à l'extérieur des villes. D'après les calculs qui ont été faits, l'exploitation au moyen de ces moteurs est plus économique que l'exploitation par locomotives à vapeur.

L'exploitation *par l'air comprimé* et notamment le système à basse pression Popp et Conti, lequel se trouve cependant encore dans la périodes des essais, présente divers avantages au point de vue du transport des voyageurs dans l'intérieur des villes. On manque cependant encore d'expérience suffisante au sujet des frais de premier établissement et d'exploitation de ce système.

Les *tramways funiculaires* s'introduisent actuellement aussi en Europe à cause de leur grande capacité de transport sur des lignes à fortes rampes, cependant les dépenses de premier établissement sont très élevées; par contre, pour un trafic considérable, l'exploitation par ce système est plus économique que par les autres.

Les *moteurs à gaz* n'ont pas encore été suffisamment essayés et nécessitent encore certains perfectionnements ; ils répondent convenablement aux exigences d'un service de voyageurs relativement considérable à l'intérieur des villes de moindre importance, ainsi qu'à l'extérieur des villes pour relier les faubourgs. Les frais de premier établissement et d'exploitation ne sont pas trop élevés.

La *traction électrique* sous ses diverses formes a pris le plus grand développement et convient tout particulièrement pour un trafic de voyageurs très intense et à grande vitesse, tant dans les grandes villes que dans leurs environs. La traction électrique a une capacité de transport considérable et les perfectionnements que l'on y apporte tous les jours, ainsi que les nouveaux procédés qui surgissent constamment permettent d'espérer qu'elle ne s'appliquera pas seulement à l'exploitation des tramways proprement dits, mais encore au service des chemins de fer vicinaux et d'intérêt l'ocal, même pour le transport des marchandises et enfin à certaines catégories de trafic des grands chemins de fer.

Il est à prévoir qu'étant donnée la conviction qui se confirme de jour en jour qu'à la traction électrique appartient l'avenir de tous les tramways, ce mode d'exploitation doit progresser et se développer de telle façon que, dans l'avenir le plus rapproché, il occupera une position tout á fait prédominante.

Les frais d'installation et de traction dépendent des systèmes employés.

Dire quels sont, parmi les moteurs ou systèmes de traction dont il a été question dans ce travail, ceux dont l'application se recommande le plus, et pour lesquels l'installation et l'exploitation seraient les plus économiques, c'est un problème très difficile à résoudre, attendu que le choix du moteur et du système de traction dépend en première ligne du terrain et des autres conditions locales (plan, profil et longueur de la ligne), et que la nature et la densité, la rapidité, la régularité et la sécurité du service ainsi que les nécessités financières de l'entreprise et la rémunération des capitaux employés sont aussi des facteurs importants dont il y a lieu de tenir compte.

La comparaison des frais de premier établissement peut donner lieu facilement à de graves mécomptes, parce que ces frais ne sont pas toujours calculés d'après les mêmes bases, sans qu'il soit pratiquement possible de vérifier les calculs, et qu'en outre les divers systèmes présentent de grandes différences au point de vue des constructions et des installations mécaniques qu'ils exigent ; il importe par conséquent de n'accepter qu'avec la plus grande prudence les indications qui sont fournies à ce sujet et de ne considérer ces indications que comme quelques points de repère dont on peut se servir pour l'étude de la question du moteur ou du système mécanique à adopter.

PURGEUR AUTOMATIQUE *Smith* POUR CYLINDRES DE MACHINES A VAPEUR

Au repos, les deux soupapes du purgeur laissent, comme l'indique leur détail (fig. 16), les deux extrémités du cylindre communiquer librement avec l'évacuation du purgeur; en marche, comme on le voit sur la figure d'ensemble, la soupape du côté de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'admission se ferme et celle du côté de l'échappement s'ouvre puis reste ouverte jusque vers le milieu de la compression de manière à évacuer l'eau qui pourrait se trouver de

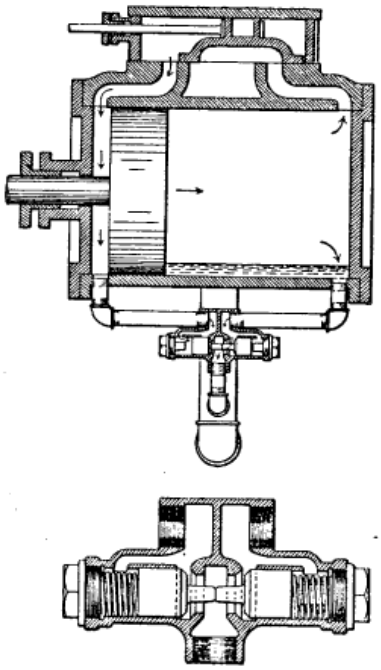


Fig. 14 et 15. — Purgeur *Smith*. Ensemble de l'installation et détail du purgeur.

ce côté du cylindre. Cet appareil est principalement utile pour les machines à arrêts fréquents, comme celles des grues, et dont on est souvent obligé de maintenir les robinets purgeurs constamment ouverts avec une fuite de vapeur considérable (1).

(1) *Enginering News*, 21 janvier, p.46.

G. R.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

PROCÈS-VERBAUX

Séance du 22 janvier 1897.

Présidence de *M. Mascart*, président.

Correspondance. — En l'absence de *M. Girard*, retenu par une indisposition, *M. Collignon*, secrétaire, dépouille seul la correspondance.

M. Glisenti remercie la Société de sa nomination comme membre.

M. R. Soreau, ingénieur civil, envoie un mémoire intitulé : *Recherches sur les lois élémentaires de l'Aérodynamique*. Concours pour le prix (Arts Mécaniques).

M. Grandeau, remercie le Conseil de sa nomination comme membre du *Comité d'Agriculture*.

Correspondance imprimée. — M. Le Secrétaire présente au Conseil, avec remerciement aux auteurs, les ouvrages mentionnés à la page 146 du *Bulletin* de Janvier.

Nominations de membres de la Société. — Sont nommés membres de la Société :

M. Mahlher, ingénieur civil des mines, présenté par *MM. Carnot et Le Chatelier*.

M. Jacquesson, ingénieur des arts et manufactures, présenté par *M. G. Richard*.

M. Stead, chimiste, présenté par *M. Hadfield*.

M. Barbet, ingénieur civil, présenté par *MM. Brüll et G. Richard*.

M. Gilbrin, agriculteur, présenté par *MM. Chouillon et G. Richard*.

M. Girault, architecte, présenté par *MM. Sauvage*.

M. René Lisle, inspecteur général des chemins de fer de Madrid à Saragosse et Alicante, présenté par *M. Sauvage*.

Conférence. — *M. Lyon*, directeur de la Maison *Pleyel et Wolff*, fait une conférence sur les *Instruments de musique*.

M. le Président remercie et félicite de leur brillant succès *M. Lyon* et les artistes : *M^me^ Prinsler da Silva*, *M^lle^ Lefébure*, *MM. Wurmser* et *Corta*, qui ont bien voulu lui prêter leur concours.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Séance du 12 février 1897.

Présidence de *M. Mascart*, président.

M. le Président fait part au Conseil de la perte douloureuse qu'il vient d'éprouver en la personne de deux de ses membres : *M. Vée*, ancien président du syndicat des produits chimiques, membre du *Comité des Arts Chimiques*, et *M. Legrand*, membre de la *Commission des fonds*, *Censeur de la Société* depuis 1884.

Correspondance. — *MM. Collignon* et *Aimé Girard*, secrétaires, dépouillent la correspondance.

M. Mamy, directeur de l'Association des industriels de France contre les accidents du travail, présente à l'examen de la Société les *appareils de sûreté pour les mines de M. Bruno-Moustier*. (Arts Mécaniques.)

M. Morin, à Saint-Michel-en-Vendée. *Grille de chaudière*. (Arts Mécaniques.)

MM. Buquet, *Barbet* et *Jacquesson* remercient le Conseil de leur nomination comme membre du Conseil, au Comité du Commerce, et comme membres de la Société.

M. Pichollet, à Nanterre, demande une annuité de brevet pour un *système de lit*. (Beaux-Arts.)

M. Howatson, 165, avenue du Roule, soumet à l'examen de la Société ses procédés de *purification des eaux potables*. (Arts économiques.)

M. Lecerf présente à la Société son système de *hamacs pour campements*. (Arts Économiques.)

M. Maitrejean, 6, rue Lecointre, à Sèvres, demande une annuité pour un *système de mors* pour arrêter les chevaux emportés. (Agriculture.)

MM. Hélouis et le Dr *Laran* déposent un pli cacheté intitulé : *Vanadium*.

M. A. J. Perdon, mécanicien, 14, rue des Aqueducs, à Gentilly, présente une pochette de *calibres pour le filetage au pas de la Société d'Encouragement*. (Arts Mécaniques.)

Nominations de membres de la Société. — Sont nommés membres de la Société :

M. Brigonnet, industriel, présenté par *MM. Borreau et G. Richard*.

M. Gosselin, ingénieur des arts et manufactures, présenté par *M. G. Richard*.

M. Hignette, constructeur, présenté par *MM. Liébaut et Lindet*.

La Société anonyme de Commentry-Fourchambault, présentée par *MM. Pourcel et G. Richard*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Sont acceptés comme *membres à vie, MM. Guillemin et Luuyt*, déjà membres de la Société.

Déclaration de vacances. — *M. le Président* déclare une vacance existant depuis longtemps aux Comités des *Arts Économiques*.

M. Lavollée déclare deux vacances au *Comité du Commerce*, en remplacement de *MM. Christofle* et *Magnier* nommés membres honoraires.

Rapports des Comités. — *M. de Luynes* présente, au nom du *Comité des Arts Chimiques*, un rapport sur les procédés de *MM. Donard et Boulet* pour le *traitement économique des sous-produits de la distillation des matières amylacées* (Voir p. 161 du présent *Bulletin*).

M. Carpentier présente au nom du *Comité des Arts Économiques* un rapport sur le *Compteur de M. Cadot* (p. 167).

M. Muntz présente, au nom du *Comité d'Agriculture*, un rapport sur le mémoire de *M. Livache : Traitement des ordures ménagères à New-York et à Philadelphie et son application à la Ville de Paris* (p. 169).

Communications. — *M. Appert* fait une communication sur les *appareils de M. Feuchère pour la fabrication des tuyaux en ciment.*

M. le Président remercie M. Appert de sa communication qui est renvoyée au *Comités des Constructions et Beaux-Arts.*

M. Mendon fait une communication sur l'*Outillage pour la fabrication des vélocipèdes aux États-Unis,*

M. le Président remercie M. Mendon de sa communication très intéressante qui est renvoyée au *Comité de Mécanique.*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LIVRES ET OUVRAGES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE

EN FÉVRIER 1897

Procédés de dosage pour l'analyse des combustibles, minerais de fer, fonte, acier, fers, par M. G. Arth, professeur de chimie à la Faculté industrielle de Nancy, 1 vol. in-8°, 310 p. Paris, Carré et Naud.

Bulletin de la Société d'Économie politique, année 1896, 1 vol. in-8°, 232 p. Paris, Guillaumin.

Du ministère de l'Instruction publique et des Beaux-Arts. **Réunion des Sociétés des Beaux-Arts des départements,** 20e session, 1 vol. in-8°, 820 pl. Paris, Plon.

Bulletin de géographie historique et descriptive, année 1896, n° 2. Imprimerie nationale, chez L. Leroux, 28, rue Bonaparte.

De M. E. Simon, membre du Conseil. **Le travail national. Journal des papetiers** et **Journal de la chapellerie,** année 1896.

Traité pratique de la fabrication du papier, par C. Hofmann, traduction de H. Everling. 1er fascicule, chez H. Everling. 67, rue de la Victoire.

De l'Encyclopédie Léauté. **Projectiles de campagne, de siège et de place, fusées,** par M. E. Vallier. **Éclairage au gaz, aux huiles et aux acides gras,** par M. J. Lefèvre. **Les succédanés du chiffon en papeterie,** par M. V. Urbain. **Les Piles électriques,** par M. C. Fabry.

Extraits de la Bibliothèque universelle et revue suisse. **Nouvelles observations sur les actions électriques des rayons Rœntgen** et **Observations sur le phénomène de la recoloration des Alpes,** par M. H. Dufour.

Tramways électriques à contacts souterrains, *système Lacroix,* 1 broch. in-8°, 30 p. chez M. L. Boissier, 18, Vieux chemin de Rome, Marseille.

Lehrbuch die mechanisch metallurgischen Technologie, par Ledebur, 3e fascicule, chez Vieweg, à Brunswick.

Du ministère du Commerce. **Rapports sur l'application, pendant l'année 1895, des lois réglementant le travail,** 1 vol. in-8°, 540 p. Imprimerie Nationale.

Association des propriétaires d'appareils à vapeur. 20e *Congrès des ingénieurs en chef tenu à Paris* en 1896, 1 vol. in-8°, 210 p. Imprimerie E. Capiomont, 9, rue des Poitevins.

Journal of the Iron and Steel Institute, vol. 50, 1896, n° 2. Industrie sidérurgique en Espagne. Le procédé Walrand Legenisel par *M. Snélus.* Grillage des minerais de fer pour en augmenter la concentration magnétique, par *M. H. Wedding.* Présence de l'azote fixé dans l'acier par *MM. F. W. Hardbord et Twynam.*

Annales de l'Institut national agronomique (École supérieure d'agriculture). N° 14, année 1891-1892, 1 vol. 300 p. in-8°. Paris, Berger-Levrault.

Bulletin de la Société libre d'émulation du commerce et de l'industrie de la Seine-Inférieure, année 1895-1896, 1 vol. in-8°, 230 p. Rouen, imprimerie Cagniard.

Le carbure de calcium et l'acétylène. Les fours électriques par *M. C. de Perrodil,* préface de M. Moisasn, 1 vol. in-8° 322 p. Paris, Dunod et Vicq.

Revue de l'Aéronautique théorique et appliquée, années 1893-1894 et 1re livraison de 1895. Paris, Masson.

Rayons cathodiques et Rayons X, par M. J. L. Breton, 1 vol. in-4°, 113 p., 121 fig. Paris, Bernard.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LITTÉRATURE

DES

PÉRIODIQUES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE DE LA SOCIÉTÉ

Du 15 Janvier au 15 Février 1897

DÉSIGNATIONS ABRÉGÉES DES PUBLICATIONS CITÉES

Ag. . . . Journal de l'Agriculture.
Ac. . . . Annales de la Construction.
Acp. . . . Annales de Chimie et de Physique.
AM. . . . Annales des Mines.
Ap. . . . Journal d'Agriculture pratique.
APC. . . . Annales des Ponts et Chaussées.
At. . . . Annales télégraphiques.
Bam. . . . Bulletin technologique des anciens élèves des écoles des arts et métiers.
Btp. . . . Bulletin du ministère des Travaux publics (statistiques).
BMA . . . Bull. du ministère de l'Agriculture.
Ci. . . . Chronique industrielle.
Co. . . . Cosmos.
CN. . . . Chimical News (London).
Cs. . . . Journal of the Society of Chemical Industry (London).
CR. . . . Comptes rendus de l'Académie des Sciences.
DoL. . . . Bulletin of the Department of Labor des États-Unis.
Dp. . . . Dingler's Polytechnisches Journal.
E. . . . Engineering.
E'. . . . The Engineer.
Eam. . . . Engineering and Mining Journal.
EE. . . . Eclairage Électrique.
El. . . . Electrician (London).
Elé. . . . L'Électricien.
Ef. . . . Économiste français.
Es. . . . Engineers and Shipbuilders in Scotland (Proceedings).
Fi . . . Journal of the Franklin Institute (Philadelphie).
Gc. . . . Génie civil.
Gm. . . . Revue du Génie militaire.
IC. . . . Ingénieurs civils de France (Bull.).
Ie. . . . Industrie électrique.
Im . . . Industrie minérale de St-Étienne.
IME. . . . Institution of Mechanical Engineers (Proceedings).
IoB. . . . Institution of Brewing (Journal).
La . . . La Locomotion automobile.
Ln. . . . La Nature.
Ms. . . . Moniteur scientifique.
N. . . . Nature (anglais).
Pc. . . . Journal de Pharmacie et de Chimie.
Pm. . . . *Portefeuille* économ. des *machines.*
Rgc. . . . Revue générale des chemins de fer.
Rgds. . . . Revue générale des Sciences.
Ri . . . Revue industrielle.
RM. . . . Revue de mécanique.
Rmc. . . . Revue maritime et coloniale.
Rs. . . . Revue Scientifique.
Rso. . . . Réforme Sociale.
RSL. . . . Royal Society London (Proceedings).
Rt. . . . Revue technique.
Ru. . . . Revue universelle des mines et de la métallurgie.
SA. . . . Society of Arts (Journal of the).
ScP. . . . Société chimique de Paris (Bull.).
Sfp. . . . Société française de photographie (Bulletin).
Sg. . . . Bulletin de la Société de géographie.
Sgc. . . . Bulletin de la Société de géographie commerciale.
Sie. . . . Société internationale des Électriciens (Bulletin).
SiM. . . . Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse.
SiN. . . . Société industrielle du Nord de la France (Bulletin).
SL. . . . Bull. de statistique et de législation.
SNA. . . . Société nationale d'agriculture de France (Bulletin).
SuE. . . . Stahl und Eisen.
USR. . . . Consular Reports to the United States Government.
VDI. . . . Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure.
ZOI. . . . Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieure und Architekten-Vereins.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

AGRICULTURE

Agriculture en Égypte. *Ap*. 21 *Janv.*, 92.
— (Revue annuelle d') (Dehérain). *Rgd.*, 30 *Janv.*, 65.
— russe. Rapports avec l'agriculture française. *SNA. Oct.*, 519.
Arbres fruitiers le long des routes. *Ag.* 23 *Janv.*, 129.
Bétail. Installation d'une salle de préparations d'aliment. *Ag.* 5, 13 *Fév.*, 221, 260.
— Mouton. Élevage et consommation. *Ef.* 6 *Fév.* 175.
Betteraves (Rentrée des) en 1896. *SNA. Nov.* 599.
— fourragères (Les). *Ap.* 12 *Fév.*, 207.
Blés du département du Nord. Diminution de la matière azotée (Balland). *CR.* 18 *Janv.* 158.
— (Admission temporaire des). *SNA. Nov.* 571.
— Semis successifs. *SNA. Nov.*, 608.
— (du printemps). *Ap.* 4 *Fév.*, 158.
Engrais. Superphosphates de sécheurs, *E.* 22 *Janv.*, 124.
— Scories de déphosphoration. *SNA. Nov.*, 629.
— Cartes agronomiques communales et phosphates de chaux. *SNA. Oct.*, 470.
— Phosphates métalliques (Propriété des). (Caven). *Cs.* 30 *Janv.*, 29.
— Eaux d'égouts. *Ag.* 30 *Janv.*, 169. 6 *Fév.*, 213.
— pour navets (Somerville). *Cs.* 30 *Janv.*, 19.
— Réduction des nitrates par la terre arable. *Ag.* 13 *Fév.*, 249. *CR.* 8 *Fév.*, 269.
États-Unis (Prix des denrées agricoles aux). *SNA. Nov.*, 567.
Forêts. Étude sur la place de production n° 1 du domaine de Haye. *BMA. Déc.*, 660.
Fourrages. Racines et fourrages verts. *Ap.* 28 *Janv.*, 122.
(Presses à). *Ri.* 13 *Fév.*, 64.
— Consoude fourragère. *Ag.* 6 *Fév.*, 229.
Irrigations aux États-Unis. SNA. Oct., 502.
Labourage électrique dans le Tarn (Tresca). *SNA. Oct.*, 536.
Lait. Rendement en beurre. *Ap.* 21 *Janv.*, 93.
— École laitière de Mamirolle. Fonctionnement en 1895. *BMA. Déc.*, 790.
— Industrie fromagère en Loir-et-Cher. *Ap.* 28 *Janv.*, 139.
Machines agricoles. Arracheuses de betteraves (Tresca). *SNA. Oct.*, 540.
— Expériences exécutées en 1895 à la station d'essais (Ringelmann). Aplatisseurs et concasseurs. *Ap.* 11 *Fév.*, 201.
— Semences diverses. *Dp.* 29 *Janv.*, 5 *Fév.*, 106, 122.
— Presses à foins. *Ri.* 6 *Fév.*, 53.
— Broyeurs de pommes à cidre (Harrelin, Texier, Garnier). *Ap.* 4 *Fév.*, 171.
— *Riz* nettoyeur Marwick. *E*. 29 *Janv.* 139.
Pommes de terre (Ensilage des). *Ap.* 11 *Fév.*, 205.
Statistique. Tableau des récoltes en 1895. *BMA. Déc.*
Tourbe. Emploi comme litière. (Danger de la). *Ap.* 4 *Fév.*, 173.
Travail du sol (Dehérain). *SNA. Oct.*, 446.
Volaille (Élevage de la). *Ap.* 4 *Fév.*, 161.
Vignes. Station viticole de Cognac. Travaux en 1894 (Rivaz). *BMA. Déc.*, 707.
— Séparation de la glycérine dans les vins par entraînement au moyen de la vapeur d'eau (Bordas). *CR. Fév.*, 240.
— Action du zinc sur les vins rouges (Levat). *CR.* 1er *Fév.*, 242.
— Formes du parasite du black-root (Prunet). *CR.* 1er *Fév.*, 250.

CHEMINS DE FER

Chemins de fer Sud-Américains. *E.* 22 *Janv.*, 115.
— Anglais. Statistique 1895, *Rgc. Janv.*, 80.
— Bassac-Saïgon. *SG.* XVII, 392.
— Prussiens en 1897. *SuE.* 1 *Fév.* 73.
— dans l'Afrique allemande. B. Société d'Encouragement de Berlin. *Janv.*, 31.
— *métropolitains.* Glascow à Cables. *E.* 22 *Janv.*, 95. Londres. Nouvelles voies. *E'.* 22 *Janv.*, 82.
— *monorail* Caillet. *E.* 5, 12 *Fév.*, 166, 196.
Exploitation. Les voyageurs de 2e classe. *E.* 22 *Janv.*, 112.
Gares desservies par des engins électriques. *Gc.* 23, 30 *Janv.*, 181, 196. 6, 13 *Fév.*, 211, 229.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Huilerie des Victorian Ry Australia. *E '.* 5 *Fév.*, 138.

Locomotives à l'Exposition de Nuremberg. *VDI.* 23 *Janv.*, 93.

— expresses diverses. *E'.* 29 *Janv.*, 114.

— du North Eastern. *Rge. Janv.*, 89.

— *Compound* (Les). (E. Sauvage), Mallet, Aspinall Worsdell, Von Borries, Lapage, Mellin, Vauclain, Small, Russell, Shirrel, Davis, Player, Beater. Pitkin, Dean, Lindner, Groelsdorf. *RM. Janv.*, 34.

— à roue libre et 8 couplées Krauss. *VDI.* 23 *Janv.*, 95. 13 *Fév.*, 186.

— 4 cylindres Maffei. *VDI.* 13 *Fév.*, 184.

— (Tiroirs équilibrés pour). *E'.* 22 *Janv.*, 107.

— à faux essieux Cambrian. *E'.* 5 *Fév.*, 140.

Matériel roulant. Voitures de l'État badois. *Rgc. Janv.*, 91.

— Peinture des voitures au chemin de fer de l'Est (Biard). *Rgc. Janv.*, 23.

— Bouillottes à la baryte. *Ln.* 13 *Fév.*, 170.

— Truck pour voies étroites Meynell. *E.* 5 *Fév.*, 185.

— Wagons-chapelles du transsibérien. *Ln.* 23 *Janv.*, 113.

— à décharge Angus. *E.* 29 *Janv.*, 160.

— à voie de 0m,75 du Barsi. *Ry. E.* 22 *Janv.*, 107,

— lit-Pulmann. *E'.* 22 *Janv.*, 80.

— à charbons de la. Leeds Forge C°. *E.* 29 *Janv.*, 160.

Trains du Midland-Ecosse. E'. 29 *Janv.*, 103.

— (Vitesse des). *E'.* 29 *Janv.*, 116.

Voies. Remplacement des rails. *ZoI*, 22, 29 *Janv.*, 48, 61.

— des chemins de fer américains. *Rgc. Janv.*, 72.

— Joints des rails Freund. *Rgc. Janv.*, 3.

— Éclisses renforcées du Pennsylvania. *Ry. Rgc. Janv.*, 92.

Signaux. Block système électrique (T. Hollins). *E'.* 6, 12 *Fév.*, 148, 167.

TRANSPORTS DIVERS

Automobiles. Exposition de l'Impérial Institute. *E'.* 22 *Juin*, 86.

— (Consommation des). *La.* 11 *Fév.*, 65.

— Course Marseille, Monte-Carlo. *E'.* 5 *Fév.*, 131-143.

— *à pétrole* Richard, Mors, Morel. *Ln.* 22 *Janv.*, 121. Panhart, Levassor. *La.* 21 *Janv.*, 26. Pictot. *E'.* 29 *Janv.*, 118. Peugeot. *La.* 28 *Janv.*, 38. Morse. *La.* 4 *Fév.*, 54.

— *électriques* Darracq. *Ln.* 23 *Janv.*, 121. *Ci.* 23 *Janv.*, 27. Krieger. *SiE. Janv.*, 7.

— *à vapeur* Fouque. *La.* 21 *Janv.*, 31. *E'.* 5 *Fév.*, 143. Holt. 12 *Fév.*, 226.

— *Traction mécanique* à Paris. *Sie. Janv.*, 13.

Électricité. La traction électrique. *Ri.* 13 *Fév.*, 67. *Sie. Janv.*, 13.

— *Tramways* de Washington. *EE.* 23 *Janv*, 186.

— de Budapest. *Gc.* 30 *Janv.*, 193. *EE.* 13 *Fév.*, 299.

— de Bruxelles à caniveau Thomson Honston. *Elé.* 6 *Fév.*, 88.

— Versailles. *Rt.* 10 *Fév.*, 60.

— marin de Brighton. *EE.* 23 *Janv.*, 171.

— à l'exposition de Budapesth. *VDI.* 30 *Janv.*, 129.

— (Perturbations dues aux canalisations du). *Elé.* 30 *Janv.*, 66.

Mixte. Accumulateurs et trolly (Korda). *EE.* 6 *Fév.*, 274.

— *A trolly.* Walker. *Rt.* 25 *Janv.*, 40.

Funiculaire Mollard et Dulac. *Ie.* 25 *Janv.*, 29.

Funiculaire Glasgow. *E.* 5 *Fév.*, 167.

Tramways (Discussion sur les). *Sie. Janv*, 13.

— de New-York. (Rail des). *E'.* 22 *Janv.*, 78.

— à Paris. *Elé.* 6 *Fév.*, 82.

— à air comprimé (Haupt). *Fi. Fév.*, 119.

Vélocipédie. Tandem électrique. Pingault. *Ln.* 11 *Fév.*, 69.

— Akatène métropole. *Ci.* 23 *Janv.*, 22.

— Cyclodrome. *Ln.* 6 *Fév.*, 160.

CHIMIE ET PHYSIQUE

Acoustique Microphonographe Dussaud. *Ln.* 6 *Fév.*, 145.

Alcaloïdes. Caractérisation par leurs précipités alcalins. *Pc.* 2 *Fév.*, 100.

Alcools polyatomiques. Action du permanganate de potasse. *ScP.* 20 *Janv.*, 100.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

— Chimie du whisky (Allen). *IOB. Janv.*, 24.
— (Estimation de l'). *Cs.* 30 *Janv.*, 69.
Aldéhyde formique. Action sur l'albumine. *Ms. Fév.*, 157.
Acides sulfo-azotés. Vitesse de décomposition (Wagner). *ScP.* 20 *Fév.*, 86.
— sulfurique. Détermination rapide. *CN.* 15 *Janv.*, 25.
— minéraux de haute concentration. (Franche. *Rt.* 25 *Janv.*, 32.)
— pyrophosphorique. Dosage Berthelot et André. *CR.* 8 *Fév.*, 265.
Air. Coefficient de viscosité. *CR.* 8 *Fév.*, 287.
Analyse spectrale. Spectres de dissociation des sels fondus. Métalloïdes : chlore, brome, iode (de Gramont). *Acp. Fév.*, 214.
— Spectres multiples des gaz (Trowbridge et Richards). *American Journal of Science, Fév.*, 117.
Blanchiment Hermite. (Efficacité du). *CN.* 12 *Fév.*, 73.
Bismuth (Dosage du). *CN.* 29 *Janv.*, 50.
Brasserie à Porto-Cabello. *VDI.* 16 *Janv.*, 76.
— Chimie du plant de houblon (Cross et Bevan). *IOB. Janv.*, 2.
— Houblon divers. *Cs.* 31 *Janv.*, 56.
Caféine. Dosage par le réactif de Wagner. *CN.* 12 *Fév.*, 80.
Calorimétrie (Exactitude limite de la). (Folkard.) *CN.* 12 *Fév.*, 73.
Carburendum. Fabrication au Niagara Falls. (Fitzgerald.) *Fi. Fév.*, 81.
Chaux et Ciments. Divers. *Cs.* 30 *Janv.*, 45.
— Ciment de laitier à haute résistance. *Rt.* 25 *Janv.*, 34.
— de Portland artificiel. *Le Ciment*, 25 *Janv.*, 1.
— Mélangeur Caldwell. *Eam.* 16 *Janv.*, 70.
— Invariabilité du volume des agglomérants hydrauliques. (Le Chatelier). *Le Ciment.* 25 *Janv.*, 8.
— Travaux en ciment armé. *Le Ciment*, 25 *Janv.*, 11.
Céramique (Progrès de la). *Dp.* 29 *Janv.*, 113.
Cinchonine (La). Roques. *Acp. Fév.*, 234.
Citral. Action des alcalis sur le. (Varley). *ScP.* 5 *Fév.*, 175.
Conductibilité moléculaire des sels en dissolution étendue. (Joubin.) *CR.* 1er *Fév.*, 228.
Cyanogène (Explosion du). *ScP.* 5 *Fév.*, 224.
Distillateurs Dicker et Mond. *Cs.* 30 *Janv.*, 34.
Dissolutions. Répartition des, entre deux dissolvants. *ScP.* 20 *Janv.*, 76.
Éléments chimiques. Classification (de Boisbaudran). *CR.* 18 *Janv.*, 127.
Eau de cristallisation. Théorie. (Sulzer.) *ScP.* 20 *Janv.*, 20.
Explosifs. Poudre russe au pyrocollodion. *E.* 5, 12 *Fév.*, 180, 215.
Froid. Cryoscopie de prévision. (Ponsot.) *ScP.* 5 *Fév.*, 162.
— des acétates de bases faibles. (Zapellari.) *ScP.* 5 *Fév.*, 209.
— Emploi du vératol comme dissolvant dans les recherches cryoscopiques. *Scp.* 5 *Fév.*, 182.
Gaïacol et créosotes. Méthode facile d'analyse (Adrian). *Pc.* 15 *Fév.*, 174.
Gallium dans les minéraux et fontes du Cleveland. *RSL.* 2 *Fév.*, 393.
Gaz élémentaires. Chaleurs spécifiques et constitution moléculaire (Berthelot). *CR.* 18 *Janv.*, 119.
Gaz d'éclairage sous produits nitrogénés. *E'.* 22 *Janv.*, 77.
— Becs incandescents. Moeller. *E.* 5 *Fév.*, 193.
— Fabrication électrolytique des capuchons Langhans. *Cs.* 30 *Janv.*, 35.
— Allumeurs de becs de gaz divers. *Dp.* 29 *Janv.*, 22, 100.
— *Acétylène.* Gazogène Kahn. *Rt.* 25 *Janv.*, 44.
— — Prix de revient du carbure de calcium. *Elé.* 30 *Janv.*, 68.
— — Rapport des chaleurs spécifiques. (Maneuvrier et Fournier.) *CR.* 25 *Janv.*, 183.
Gommes. Origine de la coloration (Bourquelot). *Pc.* 15 *Fév.*, 164.
Gravitation. Constance de la. (V. Boys.). *Rgds.* 30 *Janv.*. 46
— Loi de Newton (Guillaume). *Id.* 55.
Graisses comestibles. Falsification. (Muntz et Milliau.) *BMA. Déc.*, 783.
Hélium. (Berthelot.) *CR.* 18 *Janv.*, 113.
— *Huiles essentielles* Pulegone et Fenone. *Actualités industrielles. Nov.*, 239.
Iode. Extraction des goémons. *Rt.* 10 *Fév.*, 58.
Laboratoire. Dosage alcalimétrique des métaux (Lescaux). *ScP.* 20 *Janv.*, 119. Fer, 126. Cuivre, 132. Argent, 140.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

— Amalgame de platine. Application à la chimie analytique. *ScP*, 20 *Janv.*, 87.
— Séparation des métaux par l'acide chlorhydrique gazeux. *CN.* 29 *Janv.* 52; 5 *Janv.*, 63; 12 *Fév.*, 76.
— Dosage calorimétrique du fer. (Lunge.) *Ms. Fév.*, 160.
— — de l'arsenic dans les aciers et minerais de fer. (Stead.) *Id.*, 162.
— — du phosphore dans les bronzes phosphoreux (Oettel). *Id.*, 164. Dans les fers et minerais de fer contenant du titane. (Pattinson.) *Id.*, 166.
Lipase. Dosage de la. (Hanriot et Camus.) *CR.* 1er *Fév.*, 235.
Morphine. Dosage dans l'opium. *Pc*, 15 *Fév.*, 153.
Optique. Photomètre universel à vision binoculaire (Blondel et Broca). *EE. Janv.*, 145.
— Influence de la température sur le pouvoir rotatoire. *CR.* 25 *Janv.*, 194.
— Isomérie et pouvoir rotatoire. *CR.* 1er *Fév.*, 230.
— Microscope pour l'étude des corps opaques (Le Chatelier). *Rgds.* 30 *Janv.*, 43.
— Foyer du prisme. *Co.* 13 *Fév.*, 215.
— Couleurs d'irradiation dans les excitations lumineuses courtes (Charpentier). *CR.* 8 *Fév.*, 305.
— *Rayon de Rœntgen*. *EE.* 23, 30 *Janv.*, 178, 207, 218. *CR.* 18 *Janv.*, 130, 146. 1er *Fév.*, 229. *N.* 28 *Janv.*, 294 296. 11 *Fév.*, 343. *Rs.* 13 *Fév.*, 218.
Oxyène. Appareil auto-générateur Clément et Gilmer. *Ln.* 23 *Jan.*, 119.
Ozone. Applications industrielles. *Elé.* 13 *Fév.*, 97.
Permanganate de potasse. Détermination du titre (Pavlof). *ScP.* 20 *Janv.*, 89.
Pétrole (Sondage pour). *Rt.* 10 *Fév.*, 59.
Phosphures de chrome et de manganèse (Granger). *CR.* 25 *Fév.*, 190.
Poids atomiques (les). (Leidié). *Pc.* 15 *Fév.*, 185. Argent, mercure, cadmium. Détermination électrolytique (Hardin). *CN.* 22, 29 *Janv.*, 40, 54. 5, 12 *Fév.*, 61, 76.
— (Unité des). (Seubert). *CN.* 29 *Janv.*, 49. (Comité des). Rapports de 1895. *CN.* 12 *Fév.*, 75.
Pression osmotique (la). (Kelvin). *N.* 21 *Janv.*, 288.
— de vapeur des liquides (Mesure de la) (Kelvin). *N. Janv.*, 273.
Quinine (Estimation de). *Cs.* 30 *Janv.*, 71.
Russie (Industrie chimique en). *Cs.* 30 *Janv.*, 73.
Sodium (Équivalent du) (French). *CN.* 29 *Janv.*, 50.
Séchage progressif des bois Erich. *Ri.* 13 *Fév.*, 63.
Sucrerie. Turbine Abell. *E.* 22 *Janv.*, 124.
— Fabrication et procédés pendant la campagne de 1896. *SL. Janv.*, 19.
— Ebullition des jus. Curin. *Cs.* 30 *Janv.*, 55.
— Cristallisoir Ragot. *Ci.* 6 *Fév.*, 48.
Sulfure de sodium, oxydation par l'électrolyse. *ScP.* 20 *Janv.*, 99.
Synthèses nouvelles par l'éther cyanacétique (Klobb). *Acp. Fév.*, 145.
Tannerie, divers. *Cs.* 30 *Janv.*, 52.
— Fermentation des liquides tannants. *Cs.* 30 *Janv.*, 52.
Tartres commerciaux (Analyse des) (Allen). *Pc.* 15 *Fév.*, 180.
Thermométrie. Pyromètre enregistreur (Roberts Austen), *Cs.* 30 *Janv.*, 5.
Tantalium et Columbium (Dérivés du). *CN.* 22 *Janv.*, 38.
Teinturerie (Diverses). *Cs.* 30 *Janv.*, 38-41.
— Chimie des matières colorantes (Prudhomme). *Ms. Fév.*, 171.
— Pigments colorés employés dans la peinture à l'huile Tissier et Freundler. *Actualités chimiques. Nov.*, 225.
Tungstène (Hexabromure de). *CN.* 22 *Janv.*, 37.
Vapeurs, mesures des tensions (Kelvin). *N.* 28 *Janv.*, 295.
Verres (Composition des masses de). *Cs.* 30 *Janv.*, 43.
Vaseline (Essai de). *Pc.* 15 *Fév.*, 173.
Vernis (Divers). *Cs.* 30 *Janv.*, 51.

COMMERCE ET ÉCONOMIE POLITIQUE

Allemagne et Angleterre. Lutte commerciale. *Sgc.* 15 *Déc.*, 888. *E.* 29 *Janv.*, 144. 5 *Fév.*, 178.
— Régime boursier de la Prusse. *Ef.* 6 *Fév.*, 167.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Arbitrage aux États-Unis. Ef. 30 *Janv.*, 13 *Fév.*, 133, 199.
— Dans l'industrie de la chaussure Carrol. *DoL. Janv.*, 1.
Chemins de fer, caisses de secours DoL. Janv., 38.
Chine. Filature à Canton. *Sgc.* 12 *Déc.*, 900.
Commerce de la France. Ef. 13 *Fév.*, 205.
Colonisation anglaise (La). *SA.* 12 *Fév.*, 195.
Contrat de travail et intervention de l'État. *Ef.* 13 *Fév.*, 203.
Dettes des puissances, Rs. 13 *Fév.*, 221.
Enseignement social à Notre-Dame. (Mgr d'Hulst.) *Rso.* 1er *Fév.*. 193.
Escompte, taux en Europe. *SL. Janv.*, 90.
France. Commerce extérieur en 1896. *Ef.* 23 *Janv.*, 99.
— Dépopulation. *Ef. Janv.*, 105. *Rs.* 29 *Janv.*, 97.
Grève dans l'industrie de la confection à Berlin. Musée Social. 31 *Déc.*
Impôt foncier et lois sur le travail à la Nouvelle-Zélande. *USR. Janv.*, 1.
Japon (Industrie du). *E.* 22 *Janv.*, 113.
— Loi des brevets.. *VDI.* 16 *Janv.*, 74.
Marché financier de Paris, organisation. *Ef.* 23, 30 *Janv.*. 97, 129.
Monopoles industriels aux États-Unis (L.-P. Dubois). Revue des Deux Mondes. 1er *Fév.*, 634.
Octroi de Paris (Product. de). *SL. Janv.*, 83.
Office du travail. Opération en 1896. *Gc.* 23, 30 *Janv.*, 189, 204.
Patronage à l'Exposition de Lyon. *Rso.* 1er *Fév.*, 233.
Recensement de 1896. *SL. Janv.*, 29.
Russie. Budget de la. *Ef.* 30 *Janv.*, 134.
Salaires des travaux publics. *Ef.* 29 *Janv.*, 143.
— Intervention de l'État dans le contrat des travaux. *Ef.* 30 *Janv.*, 131.
Textiles. Industries aux États-Unis (Levasseur). *Gc.* 6, 13 *Fév.*, 218, 223.

CONSTRUCTIONS ET TRAVAUX PUBLICS

Fondations, répartition des pressions (Mayer). *ZOI.* 15 *Janv.*, 34.
Pétrifite (La). *E'.* 22 *Janv.*, 94.
Ponts nouveaux. *VDI.* 13 *Fév.*, 190.
— sur le Rhin, à Worms. *VDI.* 16, 23 *Janv.*, 61, 106.
— de la rue de Tolbiac. *CN.* 23 *Janv.*, 33.
— en béton de Cremnerigheim. *Le Ciment.* 25 *Janv.*, 17.
— levis de la rivière de Chicago. *SnE.* 1 *Fév.*, 89.
Scènes de théâtres. *E.* 29 *Janv.*, 127. 12 *Fév.*, 201.
Tranchées argileuses (Consolidation des). *Ac. Fév.*, 26.
Voirie. Achèvement de la rue Réaumur. *Gc.* 23 *Janv.*, 177.

ÉLECTRICITÉ

Accumulateurs. Headland. *E'.* 29 *Janv.*, 107.
Condenseur électrolytique. Tesla. *Elé.* 13 *Fév.*, 106.
Coupe-circuits. (Établissement des) dans les maisons (Bonfante). *EE.* 13 *Fév.*, 325.
Cuisine électrique. (Colin). *Ie.* 10 *Fév.*, 58; *EE.* 13 *Fév.*, 323.
Distributions à Lausanne. *Elé.*, 6 *Fév.*, 90.
— Équivalences énergiques du gaz et de l'électricité. *Elé.* 6 *Fév.* 93.
— dans les maisons (Bonfante). *EE.* 13 *Fév.*, 325.
Dynamos Westhinghouse. *Rt.* 10 *Fév.*, 49.
— Armature Jackson. *E.* 29 *Janv.*, 159.
— pour circuit à 3 fils. Dettmar. *EE.* 23 *Janv.* 173.
— *Alternateurs* Hutin Leblanc Farcot. *Elé.* 23-30 *Janv.*, 56, 69; Unipolaires, réaction d'induit. *Ie*, 10 *Fév.*, 46.
— Ferranti. *E.* 22 *Janv.*, 123.
— *Moteurs asynchrones.* Rôle des condensateurs dans les induits. des. *EE.*, 30 *Janv.*, 193.
— Triphasé. Calcul graphique (Danielson). *EE.* 6 *Fév.*, 266.
Éclairage. Avenue de l'Opéra. *EE.* 6 *Fév.*, 247.
— *Incandescence.* Dépôt de charbon des lampes (Popow). *EE.*, 23 *Janv.*, 151.
— Essais de lampes (Pierre). *EE.*, 23 *Janv.*, 156.
— Filament à l'acide borique. *Elé.* 13 *Fév.*, 106.
— *Arc.* Lampes Marks. *Ln.* 30 *Janv.*, 141; *EE.* 13 *Fév.*, 313. Kremenozki. *EE.* 6 *Fév.* 251.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

— Action de la pression de l'atmosphère environnante sur la température du cratère (Wilson et Fitzgerald). *RSL.* 2 *Fév.*, 377.
— Rendement lumineux (Blondel). *EE.* 13 *Fév.*, 289.

Électro-chimie. (Progrès de l') *Dp.*, 21 *Janv.*, 92. Divers. *Cs.* 30 *Janv.*, 49.
— Fusions au four électrique (Oddo). *SeP.* 20 *Fév.*, 74.
— Four pour la préparation de l'or et de l'argent. *Elé.* 23 *Janv.* 49.

Électrolyse. Extraction de la soude et de la glycérine des lessives de savonnerie. *Elé*, 23 *Janv.*, 55.

Générateurs pyroélectriques. *Ie.* 10 *Fév.*, 45.

Interrupteur à mercure Londe pour bobines d'induction. *Ln.* 6 *Fév.*, 154.

Mesures. Pont de Wheatstone à lecture directe de Trotter. *EE.* 23 *Janv.*, 153.
— Ampèremètre Siemens et Nobel. *EE.* 6 *Fév.*, 265; Eversheds et Vignolles, *id.*, 266.
— Appareils étalonnés (Armagnat). *EE.* 23-3 *Janv.*, 160, 209, 6 *Fév.*, 259; pour courants alternatifs. *EE.*, 13 *Fév.*, 309.
— Préservation des appareils contre les trépidations du sol. *EE.* 30 *Janv.*, 219.
— Électromètre absolu pour petites différences de potentiel (Pérot et Fabry). *CR.* 25 *Janv.*, 180.
— Mesure de l'isolement en marche d'un réseau à 3 fils à courants continus. *EE.* 6 *Fév.*, 241.
— Voltmètres et ampèremètres thermiques. *EE.*. 6 *Fév.*, 254.
— Bobines étalons de self-induction Wien. *EE.*, 6 *Fév.*, 280.
— Balance d'inductions interférentielles (Barns). *American journal of science*, *Fév.*, 107.
— Galvanomètre Marcel Deprez d'Arsonval. *Elé.* 13 *Fév.*, 102; à miroir (déviations des). *Elé*, 13 *Fév.*, 209.

Parafoudre à réservoir Wurtz. *Elé.* 6 *Fév.*, 81; Siemens. *EE.* 13 *Fév.*, 321.

Pile étalon donnant le volt. *EE.* 23 *Janv.*, 54, au cadmium. *Elé.* 13 *Fév.*, 108.

Soudure électrique. *Ri.* 30 *Janv.*, 45, 6-13 *Fév.*, 55, 61.

Stations centrales en France en 1897. Statistique. *Ie. Janv.*
— de Kioto. *E'* 5 *Fév.*, 138; Aarau. *EE.* 6 *Fév.*, 282; Briançon. *Ge.* 6-13 *Fév.*, 209, 225.

Télégraphie sous-marine. *E.* 22 *Janv.*, 113.
— Remontoir Siemens pour appareils Hughes. *EE.*, 13 *Fév.*, 320.

Téléphonie. Commutateur automatique pour bureaux. West. *EE.* 23 *Janv.*, 175.
— Capacité des tableaux Standard. *Elé.* 23 *Janv.*, 51.

Tubes de Gessler (Températures des). *N.* 21 *Janv.*, 274.

GÉOGRAPHIE

Afrique. Niger, mission hydrographique. *Rs.* 23 *Janv.*, 108.
— de Libreville au Cameroun (Cung). *SG.*, XVII, 337.
— Côte ouest de Madagascar (Douliot). *SG.* XVII, 304.
— Mission Hourst. *Comité de l'Afrique française*. *Janv.*, 6.

Inde. Civilisation actuelle. (Warner). *SA.* 5 *Fév.* 161.

Philippines. Iles. *Sgc.* 15 *Déc.*, 865.

Tyrol. *Sgc.* 13 *Déc.*, 897.

GUERRE

Fortifications. Attaques par navires. *E'* 22 *Janv.*, 77.

Fusil portugais. Pénétration. *Gm. Janv.*, 68.
— à répétition des États-Unis. *E.* 29 *Janv.*, 138.

Obus Johnson. *E'* 29 *Janv.*, 110.

HYDRAULIQUE

Crues. Annonce des. (G. Lemoine). *APc. Nov.*, 523.

Dérivation de la Scarpe autour de Douai (Barbet). *APc. Nov.*, 568.

Distribution d'eau de Brighton Machines. *E'.* 22 *Janv.*, 85. Buenos-Ayres *Ac. Fév.*, 18.

Flotteurs Jones. *E.* 5 *Fév.* 194.

Irrigations. Canal de Nira (Inde). *E'.* 5 *Fév.*, 135.

Pompes électriques (les). *Ie.* 25 *Janv.*, 30.
— à vapeur direct Taylor. *E.* 29 *Janv.*, 1 *Sq.*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

— centrifuge Schabaver. *Ri.* 30 *Janv.*, 41.
— éjecteurs (expériences de M. Thime). *Ru. Janv.*, 75.

HYGIÈNE

Assainissement de l'industrie des allumettes (Magitot). *CR.* 8 *Fév.*, 295.
Chauffage à vapeur. Bourdon. *Pm. Fév.*, 18.
Eaux dans les grandes villes. *Ef.* 23 *Janv.*, 103.
— de Londres. *E'.* 29 *Janv.*, 115. *Co.* 30 *Janv.*, 9.
— enlèvement des matières organiques (Readman). *Cs.* 30 *Janv.*, 31.
Égouts. Four à gadoues Horsfall. *E.* 22 *Janv.*, 122. Willoughby. *Cs.* 30 *Janv.*, 62.
— de Manchester. *Cs.* 30 *Janv.*, 16.
— destruction des gadoues. *E.* 29 *Janv.*, 146.
— filtration sur coke. *Cs.* 30 *Janv.*, 25.
— élévateur hydro-pneumatique et réservoir de chasse Adams. *Rt.* 10 *Fév.*, 66.
Filtre Desrumeaux à nettoyage rapide. *Cic.* 30 *Janv.*, 203.
Poussières industrielles (dangers des) et masques inspirateurs. *Société d'Encouragement de Berlin. Janv.*, 17.
Réservoir d'eau potable Harding. *Ri.* 30 *Janv.*, 49.

MARINE, NAVIGATION

Avertisseurs. Tubes magnétiques *Badt* pour la défense des côtes. *Elé.* 13 *Fév.*, 100.
Bateau rouleur Bazin. *SA.* 22 *Janv.*, 137.
Cabestans du cuirassé Prince George. *E'.* 22 *Janv.*, 79.
Canal de Chicago. *E.* 22, 29 *Janv.*, 97, 132; 5, 12 *Fév.*, 163, 204.
Canot pliant Douglas. *E.* 12 *Fév.*, 226.
Constructions navales. Hygiène des bateaux à vapeur. *VDr.* 16, 23 *Janv.*, 67, 100.
Ferry boats des grands lacs. *E'.* 5 *Fév.*, 132.
Filage de l'huile (Baredge). *CR.* 1er *Fév.*, 253.
Hélices à immersion partielle (Barcroft). *E.* 12 *Fév.*, 200.
Hoquets de mer (Les). *Rmc. Déc.*, 558.
Indicateur d'angles de barre Fiske. *Elé.* 6 *Fév.*, 84.
Marine de guerre. Italie, Russie. *VDI.* 30 *Janv.*, 134. Allemagne. *Rmc. Déc.*, 636. Argentine, Chili, *id.* 637.
— Japon. Cuirassé Yashima. *E.* 5 *Fév.*, 171.
— Blindages Cammell. Essais. *E'.* 22 *Janv.*, 85. Perforation des. *Rmc. Déc.*, 604-608. Essai d'une tourelle expérimentale sur le cuirassé Massachusetts. *E'.* 12 *Fév.*, 161.
— Canons et cuirasses, état actuel. *E'.* 5 *Fév.*, 129.
— Torpille auto-directrice Hawkins. *Elé.* 23 *Janv.*, 50.
Marine marchande française (la). *Ri.* 13 *Fév.*, 67; les transatlantiques. *E.* 22 *Janv.*, 115.
— Transports maritimes et l'Australie. *Rgc.* 15 *Déc.*, 857.
Pêcheries diverses. Rmc. Déc., 653.
— Maritime à vapeur. *Ef.* 13 *Fév.*, 201.
Plan incliné (du). Grand Jonction. Canal. *E'.* 22 *Janv.*, 81.
Ports du nord de la France et les tarifs des chemins de fer. *Ef.* 30 *Janv.*, 137.
Tactique navale (la). *Rmc. Déc.*, 573.
Touage électrique de Bovet pour les égouts de Paris. *Ri.* 6 *Fév.*, 54.

MÉCANIQUE

Accouplement Zodel. *Ri.* 13 *Fév.* Or.
Aérostation militaire en Allemagne. *Ln.* 30 *Janv.*, 135.
— Machine volante Pennington. *E'.* 12 *Fév.*, 174.
Air comprimé. Compresseurs Ingersoll-Sergeant. *E.* 29 *Janv.*, 132. Tait. et Carlton. *E'.* 12 *Fév.*, 173.
Cale Shoneyder. *E.* 29 *Janv.*, 149.
Chaudières. Transmission de la chaleur au travers des tôles. *VDI.* 6 13 *Fév.*, 153, 197. *RM. Janv.*, 97.
— Marines mixtes. *Rmc. Déc.*, S 97.
Tubulées. Tubes des (d'Allest). *E.* 22 *Janv.*, 118. Reed. *Cc.* 6 *Fév.*, 220. Hampson. *E.* 22 *Janv.*, 124. Rainey. *E.* 29 *Janv.*, 160 Munro. *E'.* 29 *Janv.*, 110; Tuchoff. *E'.* 12 *Fév.*, 164; Okes. *E'.* 12 *Fév.*, 165.
— Circulation dans les. *Rmc. Déc.*, 609.
Antiprimeur Morris. *E.* 22 *Janv.*, 123.
Corrosions internes (Sinclair). *Es. Janv.*, 1; *Rt.* 25 *Janv.*, 27; *Ri.* 30 *Janv.*, 47.
Indicateurs de tirage Dittmann. *Ri.*, 6 *Fév.*, 54.
Niveau d'eau Wollack. *E.* 22 *Janv.*, 119; *E'. id.* 85.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Purgeurs Geipel. *Ri.*, 23 *Janv.*, 38; Granville Arquembourg. *Ci.* 30 *Janv.*, 35.
Réchauffeur Lundkwist. *E.* 29 *Janv.*, 5 *Fév.*, 154-189; Berryman. *Ri.* 30 *Janv.*, 42.
Surchauffeur Grubunski. *E.* 22 *Janv.*, 124; Les (Patchell). *IME. avril*, 134.
Tirage par aspiration pour chaudières marines. *E'* 5 *Fév.*, 147.
Tampons bouche-tubes Houille. *Rmc. Déc.* 751,
Concasseur à Villach. *ZoI.* 29 *Janv.*, 68.
Courroies (Risques d'incendie par les). *Elé.* 30 *Janv.*, 76.
— Notes sur les Taylor. *E'.* 5 *Fév.*, 133.
Coussinets en graphite. *E'.* 29 *Janv.*, 110.
— en verre. *Gc.* 2 *Fév.*, 217.
Drague. Gwiyme. *E.* 29 *Janv.*, 160. Lobnitz. *D.* 5 *Fév.*, 194.
Engrenages moulés à la machine. *E.* 12 *Fév.*, 195.
Froid. Machines frigorifiques (les). *E.* 12 *Fév.*, 213; *VDI.* 16 *Janv.*, 70; Case. Linde, Frick, Lavergne, York. Hercule. Webb. Seybock. Osnabruck. Wood, Grimm, Davis, Macky. *RM. Janv.*, 64; à bord des navires. *VDI.* 30 *Janv.*, 126.
Graissage et tension superficielle. *E'.* 12 *Fév.*, 157; épurateur d'huile. *Gc.* 13 *Fév.*, 238.
Galets en papier (Frottement des). *E'*, 29 *Janv.*, 135; E'. 6 *Fév.*, 151.
Horiogerie. Comparaison de deux pendules de presque même période (Lippmann) *CR.* 18 *Janv.*, 125; 8 *Fév.*, 279.
— Trains d'arrêt différentiels. *Revue chronométrique. Janv.*, 1.
— Remise d'accord de sonnerie. *Id.*, 4.
— Conduite des chronomètres. *Rmc. Déc.*, 477.
Levage. Pont roulant électrique de 60 mètres. *E'.* 22 *Janv.*, 101; *Gc.* 6 *Fév.*, 216; de Piekersgill. *VDI.* 16 *Janv.*, 82.
— Appareils électriques. *EE.* 23 *Janv.* 187.
— Basculeur Long. *Gc.* 23 *Janv.*, 187.
— Élévateur pneumatique de grains. Duckam. *E.* 29 *Janv.*, 151.
Meunerie. Moulin à cylindres de Soulièvres. *Rt.* 23 *Janv.*, 31.
Machines-outils. Perceuse multiple à gabarit. *Gc.* 23 *Janv.*, 187.
— Porte-foret Cleveland. *Ri.* 23 *Janv.*, 36.
— Taille des pignons coniques à la fraise. *E'.* 22 *Janv.*, 96.
— Raboteuse à double action Buckton. *E.* 5 *Fév.*, 161.
— Fraiseuse double en bout. Combe. *E'.* 5 *Fév.*, 146.
— Alésoir double Wilkinson. *E.* 12 *Fév.*, 206.
— Cisaille pour fers profilés, Shirtliff. *E.* 29 *Janv.*, 159.
— Cintreuse de la Britannia C°. *E'.* 29 *Janv.*, 123.
— A faire les tubes sans soudure. Pilkinton. *E.* 29 *Janv.*, 159.
— A forger les forets. Myers. *E.* 12 *Fév.*, 225.
— Filière Winn. *Ri.* 30 *Janv.*, 46.
— — à fers profilés. Dick. *Gc.* 6 *Fév.*, 214.
Moteurs à vapeur. En 1728 d'après Montesquieu. *Rs.* 30 *Janv.*, 146.
— Essais des (Dwelshauvers-Dery). *RM. Janv.*, 7.
— Diagramme entropique et ses applications. (Boulvin) *RM. Janv.*, 22.
— A l'Exposition de Berlin, 1896. *Dp.*
— — De Nuremberg. *Dp.* 22. 29 *Janv.*, 73.
— Expérimentale de Durham College. Essais de M. Weighton. *E'.* 22, 29 *Janv.*, 89, 92, 104.
— Corliss. Hopper. *E'.* 29 *Janv.*, 111.
— Triple expansion. Raworth. *E.* 5 *Fév.*, 188.
— Compound Lang. *Pm. Fév.*, 29.
— A courses courtes (Raworth). *E.* 29 *Janv.*, 157.
— Rotatif de la Société des automobiles. *La.* 4 *Fév.*, 50.
— Rotative. Filtz. *Ln.* 30 *Janv.*, 131.
— Cylindre auxiliaire Joy pour distributions. *E'.* 6 *Fév.*, 150.
— Purgeur de cylindres. Smith. *E'.* 5 *Fév.*, 141.
— *Condenseurs* indépendants. Blake, 201. 22 *Janv.*, 46. *RM. Janv.*, 99. *Aéro* Brown. Berryman. *Ri.* 30 *Janv.*, 43.
— *Distribution* Hill et Handley. *RM. Janv.*, 95.
— Piston Airey. *E.* 29 *Janv.*, 160.
— *Régulateurs* Van Amstel pour machines marines. *Ri.* 23 *Janv.*, 34. Taylor. *EE.* 13 *Fév.*, 321. Divers. *Dp.* 22 *Janv.*, 82.
— Irrégularité des machines à vapeur. *Fi. Fév.*, 133.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

— Mallinson. *E.* 29 *Janv.*, 159. Bullock pour machines Willans. *RM.*, *Janv.*, 95.
— *Tiroir équilibré.* Fay. *E'.* 29 *Janv.*, 107.
— **à gaz.** Barker, Fessard, Lanchester, Clerck, Beverley, Durr, Johnston, Humphreys, Niel, Cardner, Auriol. *RM. Janv.*, 81. Petréano. *VDI.* 6 *Fév.*, 171.
— *à pétrole.* Japy. *Ci.* 16 *Janv.*, 10. Daimler. *Ie.* 10 *Fév.*, 49.

Résistance des matériaux. Homogénéité des barreaux de fer et d'acier, détermination électro-magnétique. *EE.* 23 *Janv.*, 180.
— Essais des fontes. West. *E.* 5 *Fév.*, 187.
— Microscopie des rails et bandages en acier. *E'.* 5 *Fév.*, 144.
— Bois résineux. *BMA. Déc.*, 783.
— Flexion des plaques rectangulaires (Flamant.) *AP. Nov.*, 509.

Tachimètre électrique. Moreau. *Rmc. Déc.*, 548. Fiske. *E.* 12 *Fév.*, 203.

Transmission. Frottement des. *E.* 22 *Janv.*, 104.

MÉTALLURGIE

Alliages cuivre, — zinc, résistances moléculaires et coefficients de dilatation. *Elé.* 13 *Fév.*, 107.
— Comité des *Mechanical Engineers*, 4e rapport. Roberts Austen. *E.* 15 *Fév.*, 197, 220 (paraîtra dans le *Bulletin* de mars).

Aluminium en 1896. *Eam.* 9 *Janv.*, 41.
— Fabrication en Europe. *Fi. Fév.*, 148.
— Analyse de l' (Handy). *CN.* 29 *Janv.*, 55; 5 *Fév.*, 66; 12 *Fév.*, 79.
— Action de l'acide carbonique et de l'oxyde de carbone. (Guntz et Masson). *CR.* 25 *Janv.*, 187.

Argent. Séparation du nickel et du cuivre dans les mattes. *Eam.* 30 *Janv.*, 113.

Enseignement de la métallurgie à l'Institut du Massachusetts. Boston. *SuE.* 1er *Fév.*, 85.

États-Unis. Industrie métallurgique aux. *Ef.* 23 *Janv.*, 101.

Fer et acier. Industrie à Liège. *E.* 22 *Janv.*, 83.
— Dosage du soufre et du phosphore (Lucas). *ScP.* 20 *Janv.*, 150.
— *Procédés* directs Servais. *Cs.* 30 *Janv.*, 47 Bertrand Thiel. *E'.* 5 *Fév.*, 129.
— Fabrication de l'acier (Chomienne.) *Bam. Janv.*, 1-106.
— Aciers au nickel, dilatation des (Guillaume). *CR.* 25 *Janv.*, 176.
— Trempe de l'acier, état actuel des théories Le Chatelier. *Rgds.* 15 *Janv.*, 11.
— Diffusion des sulfures à travers l'acier (Campbell). *ScP.* 5 *Fév.*, 192.
— Tansporteur électrique pour hauts fourneaux de Duisburg. *Gc.* 23 *Janv.*, 185.
— Four Thwailes. *E'.* 12 *Fév.*, 160.
— Machine de laminoir de 10000 chevaux. *SuE.* 1er *Fév.*, 108.
— Hauts fourneaux, construction et conduite. *Eam.* 23 *Janv.*, 89; 6 *Fév.*, 137. Machine soufflante verticale de Ruhrort. *SuE*, 13 *Fév.* 132.
— *Fonderie.* Machines à mouler les engrenages. *E.* 29 *Janv.*, 125.
— — Moulage des tambours de treuils *E'.* 29 *Janv.*, 121.
— Fours à coke. Utilisation des gaz. *SuE.* 1er *Fév.*, 90.

Or. Sulfures doubles d'or. Action du soufre au rouge sur les alliages d'or (Maclaurin.) *ScP.* 5 *Janv.*, 199.
— Raffinage des cyanurations (Caldecott). *Cs.* 30 *Janv.*, 3.

Zinc. Estimation rapide des poussières de (Wahl). *Cs.* 30 *Janv.*, 15.

MINES

Concentrateur. Hendey Norbon. *Eam.* 6 *Fév.*, 142.

Électricité. Locomotive de roulage Thofehrn. *Eam.* 16 *Janv.*, 66.
— Emploi à la Davis Coal Co. *Eam.* 23 *Janv.*, 91.

Extraction machine Nordberg. *E'.* 12 *Fév.*, 159.

Fer; hématite de l'Alabama. *Eam.* 9 *Janv.*, 43.

Grisou. Composition du (Shlœsing). *AM. Janv.*, 1.

Haveuse circulaire François. *Rt.* 25 *Janv.*, 48.

Houillères. Lavage des charbons bitumineux Luhrig. *E.* 22 *Janv.*, 99.
— Séparation des charbons pulvérulents par l'action d'un courant d'air (Parent). *AM. Janv.*, 123.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Industries minérales. France, statistique. *Gc.* 6 *Fév.* 221. Marché minier de Paris en 1896. *Eam.* 16 *Janv.*, 64.

Mines aux mineurs (La) de Rive-de-Gier (de Billy). *AM. Janv.*, 38.

Perforatrice par rodage à bras Liesens. *Ru. Janv.*, 68.

Théodolite Berger pour mines. *Eam.* 16 *Janv.*, 68.

Or. Présent et avenir. *Eam.* 9 *Janv.*, 38.

— au Transvaal (Bordeaux). *Ru. Janv.*, 1.

— Australie Orientale. *Gc.* 30 *Janv.*, 199.

— Sibérie. *Eam.* 6 *Fév.*, 141.

— Production en 1896. *Gc.* 13 *Fév.*, 235.

— Procédé au cyanure (W. Richards). *Fi. Fév.*, 96.

PHOTOGRAPHIE

Conservation des plaques dans les pays tropicaux (Houdaille). *Sfp.* 15 *Janv.*, 58.

Divers. *Ro.* 23 *Janv.*, 124.

Jumelle-pochette. *Rs.* 6 *Fév.*, 191.

Photographie des nuages. *N.* 4 *Fév.*, 322.

— des couleurs, nouveau procédé Chassagne. *N.* 4 *Fév.*, 318.

Photogravure en couleurs par trois phototypes monochromes Klerjot. *Sfp.* 1er *Janv.*, 45.

Propriété industrielle du cliché photographique (Davanne). *Sfp.* 1er *Janv.*, 24.

Révélateur. Méthode d'essai d'un (Houdaille). *Sfp.* 1er *Janv.*, 33.

Le Gérant : Gustave Richard.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

96e ANNÉE Sixième Série, Tome II. MARS 1897.

BULLETIN

DE

LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT

POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

NOTICE NÉCROLOGIQUE

Notice sur M. Amédée Vée, membre du Comité des Arts Chimiques, décédé le 3 février 1897, par **M. Aimé Girard**.

Au mois de décembre 1887, la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale ratifiait, en séance générale, le choix que, quelques mois auparavant, le Conseil avait fait en nommant M. Amédée Vée membre du Comité des Arts Chimiques.

Assidu, tout d'abord, à nos réunions, M. Vée était bientôt frappé d'un mal redoutable qui, deux ans plus tard, lui interdisait les sorties du soir et rendait, par suite, sa présence impossible aux séances du Conseil, de telle sorte que, parmi nous, il en est beaucoup qui n'ont pu entretenir avec lui ces relations agréables qu'engendre la communauté du travail.

Je l'ai beaucoup connu, au contraire. En 1852, il y a de cela quarante-cinq ans, il était, en même temps que moi, élève au Laboratoire de chimie que Pelouze avait ouvert rue Dauphine, à Paris; il y était encore lorsque, en 1855, la direction de ce laboratoire m'a été confiée, et, depuis cette époque, nous ne nous étions jamais perdus de vue.

C'était un homme sûr, droit et honnête entre tous, savant distingué, industriel remarquable et commerçant habile; en lui revivaient toutes les traditions de cette bourgeoisie intelligente et probe dont Paris s'honore à juste titre.

Son grand-père, pharmacien à Paris, travaillait au commencement de ce

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

siècle à l'usine de Saint-Denis, aux côtés de Nicolas Leblanc qui venait de créer la fabrication de la soude artificielle. Son père, pharmacien également, était établi à Paris, faubourg Saint-Denis, dans l'officine, qu'au début de sa carrière, Amédée Vée devait diriger lui-même.

Mais, avant que d'en venir à ce point, notre confrère avait rempli des fonctions scientifiques distinguées et s'était fait connaître par un travail remarquable.

Préparateur du cours de chimie à l'École municipale Turgot, il avait été bientôt nommé répétiteur de chimie et de physique à cette école, puis chargé des mêmes fonctions à l'École supérieure du Commerce.

Entre temps, il faisait la découverte de l'alcaloïde si violent que renferme la fève du Calabar.

C'était un produit bien rare, il y a quarante ans, que cette fève, à l'épreuve de laquelle les naturels de la côte occidentale africaine soumettaient les criminels; on connaissait dès lors l'action énergique qu'elle exerce sur la pupille en la contractant aussi fortement que l'atropine la dilate, mais on ignorait la nature du principe actif qu'elle devait recéler. Jobst et Hesse y avaient entrevu, en 1864, un alcaloïde puissant, mais ils n'avaient pas su le dégager; c'est à Amédée Vée qu'il appartenait de le caractériser, de l'isoler et de le faire connaître à l'état de pureté. Il donna à cet alcaloïde le nom d'éserine, du mot *éseré*, par lequel les nègres de la côte du Vieux Calabar désignent la fève elle-même.

On sait quels services rend aujourd'hui l'éserine en oculistique; c'est à Amédée Vée que ces services sont dus.

Cependant, notre confrère ne devait pas rester longtemps confiné dans l'officine du faubourg Saint-Denis; en 1867 il la quittait pour prendre la direction d'une des grandes maisons de droguerie et de produits pharmaceutiques de Paris; cette maison, il ne l'a plus quittée; c'est là que la mort est venue le frapper.

Dans ce nouveau milieu, ses aptitudes industrielles et commerçantes devaient bientôt se faire jour; une usine établie à Ivry était adjointe à la maison de commerce, et le soin avec lequel les produits les plus divers étaient préparés ou choisis, l'application à toutes choses de la méthode scientifique, la ponctualité apportée à l'exécution des ordres reçus, tout contribuait dès lors à placer au premier rang la maison que dirigeait notre confrère.

Aussi, l'influence de celui-ci ne tardait-elle pas à se répandre au dehors

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et le voyait-on appelé, par le suffrage de ses collègues, à nombre de fonctions gratuites, mais honorées.

C'est ainsi, qu'en 1880, il était nommé président de la Chambre Syndicale des Produits Chimiques, dont la présidence avait été précédemment confiée à notre confrère M. Poirier. Dans cette situation nouvelle, il rendit à l'industrie des produits chimiques et pharmaceutiques des services nombreux et solides, et ses qualités d'ordre et de méthode, son sens éclairé furent à ce point appréciés par ses collègues et par les adhérents d'autres syndicats, que, trois ans plus tard, en 1883, le Comité Central des Chambres Syndicales l'appelait à la présidence de ce comité.

C'est au cours de cette présidence que le Comité des Arts Chimiques le choisit pour siéger au Conseil de la Société d'Encouragement.

L'Exposition de 1889 offrait à son activité un champ nouveau, et nous le retrouvons alors, successivement, membre du Comité d'admission, du Comité d'installation et du Jury; c'est en raison des services rendus par lui dans ces circonstances qu'Amédée Vée fut nommé chevalier de la Légion d'honneur.

Mais sa coopération à l'Exposition de 1889 devait être le dernier effort d'une volonté singulièrement énergique. Sa santé était déjà bien ébranlée; peu de temps après, le mal cruel contre lequel il luttait l'obligeait à abandonner ses diverses fonctions et à vivre retiré en s'entourant des précautions les plus minutieuses.

Dans sa retraite, cependant, il ne cessait de s'intéresser aux questions qui avaient occupé sa vie, à la fabrication des produits chimiques dont les métamorphoses se succèdent avec une rapidité merveilleuse, comme aussi aux problèmes d'économie industrielle dont ses fonctions lui avaient fait apprécier l'importance.

C'est en pleine puissance intellectuelle que la mort est venue le frapper et l'enlever aux amis nombreux qui, depuis quarante ans, avaient pu apprécier l'élévation de ses pensées, la droiture de son jugement et la solidité de son caractère.

Lue en séance, le 12 mars 1897.

AIMÉ GIRARD.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CONSTRUCTIONS ET BEAUX-ARTS

RAPPORT fait par **M. Léon Appert**, au nom du *Comité des Constructions et des Beaux-Arts*, sur un procédé de *Moulage des tuyaux en ciment*, par **M. Faucherre**, à Nice.

M. Faucherre, mécanicien à Nice (Alpes-Maritimes), a soumis à l'examen de la Société d'Encouragement un procédé nouveau de son invention applicable à la fabrication des tuyaux en ciment.

Dans le but de faciliter l'intelligence des moyens employés par lui, l'inventeur avait envoyé quelques spécimens de ses appareils ; ces appareils ont été présentés à la Société par le rapporteur, dans la séance du 12 février 1897.

On sait combien sont nombreuses et variées les applications faites journellement de ces tuyaux, qui sont l'élément principal des canalisations destinées soit à l'adduction, soit à l'évacuation des liquides et des fluides ; les tuyaux que M. Faucherre a eu en vue de fabriquer servent principalement à la confection des conduites à bon marché employées pour l'évacuation des liquides d'origine résidiaire ou des canalisations adductives dans lesquelles la pression est peu élevée.

Les tuyaux en terre formés d'argile commune, moulés grossièrement et cuits à basse température, sont les premiers dont il ait été fait usage ; les débris trouvés dans les ruines des constructions romaines en donnent des preuves journalières.

Ces tuyaux en terre peuvent, en effet, être fabriqués un peu partout, et toujours à très bas prix ; ils sont généralement fragiles et poreux, très propres, par suite, à répondre aux besoins de l'agriculture comme tuyaux de drainage, mais très imparfaits s'il s'agit de répondre à ceux de l'hygiène des habitations et des villes.

Les tuyaux en grès fabriqués également en argile, mais dans de tout autres conditions, sont venus, depuis quelques années, suppléer, pour ce dernier emploi, à l'imperfection des tuyaux en terre cuite ordinaire.

Les chaux hydrauliques et les ciments, dont Vicat a su si magistralement établir les conditions de fabrication et de résistance, sont éminemment propres également à cette fabrication. Les tuyaux ainsi fabriqués, quand les produits sont bien employés et mêlés en proportions convenables avec des

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sables ou des graviers, sont plus solides et moins poreux, de beaucoup préférables par suite aux tuyaux en terre ; ils peuvent même concurrencer quelquefois les tuyaux en grès, toujours plus coûteux.

Toutes les fabriques de ciments un peu importantes fabriquent en même temps des tuyaux de tous diamètres.

Comme il a été dit, on emploie pour cet usage un mortier aussi peu humecté d'eau que possible, additionné de sable en proportions variables suivant la nature des conduites à la confection desquelles ils doivent servir.

Ce mortier, qui manque de la plasticité que possède l'argile, ne peut être employé de la même façon ; il doit être moulé entre deux parois solides entre lesquelles il doit être maintenu jusqu'au moment où son durcissement commence à s'opérer ; à ce moment, on peut procéder au démoulage.

Il est toujours facile de démonter le moule extérieur généralement fait en deux parties ; il n'en est pas de même du noyau intérieur : Dans les fabriques de ciments, ce noyau est formé soit d'un tuyau en tôle légèrement conique, soit de douvelles indépendantes les unes des autres, maintenues par un ou plusieurs cercles en fer qui s'enlèvent à volonté.

MM. Jay et Jalliffier ont imaginé un noyau d'un emploi commode, basé sur l'élasticité même de la feuille de tôle qui sert à le former ; cette feuille de tôle a été préalablement cintrée de façon que les deux parties, qui doivent s'abouter quand le noyau a le diamètre voulu, tendent à rentrer l'une dans l'autre quand la feuille est abandonnée à elle-même ; cette forme de noyau est employée assez souvent et avec succès.

M. Faucherre, à son tour, a pensé pouvoir arriver au résultat désiré en employant un boyau en caoutchouc pouvant être gonflé et dégonflé à volonté au moyen d'une petite pompe à main analogue à celle dont on se sert pour le gonflement des bandages des pneumatiques des roues des vélocipèdes.

Pour être mis en service, ce boyau doit être entouré d'une manche en toile, ouverte des deux bouts et ayant, une fois gonflée, le diamètre intérieur du tuyau qu'on veut obtenir.

Pour la confection des conduites en ciment continues, telles que celles que M. Faucherre paraît avoir été appelé à confectionner le plus souvent, on commence par mettre au fond du moule ou de la tranchée dans laquelle doit être disposé le tuyau une couche du mortier de ciment bien égalisée ; on pose dessus le boyau entouré de sa manche et on finit de remplir le moule ou la tranchée avec une quantité de mortier suffisante ; on gonfle alors le boyau au moyen de la petite pompe à air, en ayant soin de tirer légèrement

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sur la manche dans le sens de sa longueur ; l'excès de mortier sort par les joints, dans le cas où on a employé un moule ; il se gonfle simplement si on a opéré dans une tranchée. Le tuyau est alors fini et on n'a plus qu'à attendre, pour en opérer le démoulage, que le durcissement se soit opéré.

Pour pouvoir hâter le démoulage, on emploie quelques morceaux de fil de fer, dont on taille des boucles, et sur lesquels on appuie des fils de fer longitudinaux, qui resteront noyés dans le ciment, le tout étant destiné à donner de la rigidité à la conduite, sans attendre le durcissement du mortier.

Un même boyau en caoutchouc peut servir à la confection de tuyaux de divers diamètres, généralement au nombre de quatre.

Pour démouler le tuyau intérieurement, on dégonfle en partie le boyau qui se retire alors avec la plus grande facilité en tirant dessus, même dans les parties coudées. En le laissant engagé de trois ou quatre centimètres dans la partie qui vient d'être finie et en recommençant la même opération sur une nouvelle longueur, on obtient une conduite continue, qui peut ainsi atteindre plusieurs centaines de mètres, en évitant toute espèce de joint.

M. Faucherre dit pouvoir, par son procédé, mouler également des tuyaux posés verticalement et en tronçons isolés de faible longueur, le noyau qu'il obtient par la simple compression de l'air étant, dit-il, d'une résistance suffisante pour qu'on puisse damer le mortier sans en amener la déformation.

Ce procédé très rapide d'exécution paraît, par cela même, devoir être très économique ; l'inventeur donne pour exemple une conduite d'un diamètre intérieur de quinze centimètres, faite en chaux hydraulique et sable, qui a pu être confectionnée pour le prix de *un franc vingt-cinq* le mètre courant.

Les ingénieurs et les constructeurs qui ont employé le procédé de M. Faucherre se louent des résultats qu'ils ont obtenus, tant au point de vue de la facilité qu'en présente l'emploi que de sa rapidité et du prix généralement peu élevé des conduites ainsi confectionnées.

Au nom du Comité des Constructions et des Beaux-Arts, le rapporteur propose au Conseil de remercier M. Faucherre d'avoir mis la Société à même de connaître et d'apprécier ce procédé très simple, qui paraît appelé à rendre de réels services dans une branche importante de la construction, et de demander l'impression du présent rapport au *Bulletin*.

Signé, le rapporteur : L. APPERT.

Approuvé en séance, le 12 *mars* 1897.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

RAPPORT sur *l'appareil à chauffer les bains* de **M. Beutier** au nom du *Comité des Constructions et Beaux-Arts*, par **M. F. de Romilly**.

Cet appareil ne se distingue pas d'autres appareils en usage par quelque nouveauté mécanique. Ainsi, l'eau à chauffer arrive par une suite de petits tubes dans une chambre chauffée par le gaz. L'eau entre froide et, selon le règlement des robinets, peut sortir à 70 degrés au maximum; un bain demande environ 12 minutes pour être chaud.

Ce qui recommande cet appareil, c'est :

1° Le petit espace qu'il occupe. Sa hauteur est de 53 centimètres, sa largeur de 32 centimètres et sa profondeur de 21 centimètres;

2° La facilité de son nettoyage;

3° L'élégance de sa forme.

Il brûle de 500 à 600 litres de gaz pour un bain.

En conséquence, le Comité des Constructions et Beaux-Arts propose de remercier M. Beutier de sa communication et d'insérer le présent rapport au *Bulletin*, avec la description de son appareil.

Signé : F. DE ROMILLY, *rapporteur*.

Approuvé en séance le 12 *mars* 1897.

DESCRIPTION DU CHAUFFE-BAINS DE M. BEUTIER

Le socle A est (fig. 1 et 2) formé d'une carcasse en laiton permettant le montage, sur chacune des faces, de tabliers spécialement ajourés pour prises d'air.

La partie inférieure reçoit le cylindre distributeur à pression hydraulique B, dont le but est d'assurer le débit du gaz proportionnellement à celui de l'eau jusqu'à suppression complète.

La partie supérieure est séparée de la précédente par un plateau C, destiné à la réception des gouttelettes d'eau produites par la condensation; elle renferme le foyer au gaz D.

Le gaz arrive dans le cylindre B, qui l'envoie au robinet à rodage E, placé dans la boîte saillante et commandé par la manette extérieure F, et le renvoie dans la rampe D, pour alimenter les brûleurs G.

Sur le cylindre B, est pris le branchement de l'allumeur-veilleuse H, muni lui-même d'un robinet dont la clef, par sa butée sur la manette F, assure la fermeture du robinet de sûreté E.

Le corps de chauffage I est composé, comme l'indiquent les figures 2 et 3, d'une enveloppe en cuivre rouge et de la surface de chauffe J.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La surface de chauffe J est formée de grilles creuses en cuivre superposées, croisées et reliées entre elles de façon à permettre le parcours de l'eau arrivant par l'orifice K qui, sortant du cylindre B, lui est amené par la tubulure L, et dont le débit est réglé par le robinet de réglage M.

Chassée par sa seule pression, l'eau, après avoir parcouru les différents étages de grilles, s'échappera chaude par les orifices N ou N', et pourra être conduite à volonté tant à la douche qu'au déversoir de la baignoire en fermant ou en ouvrant le robinet O.

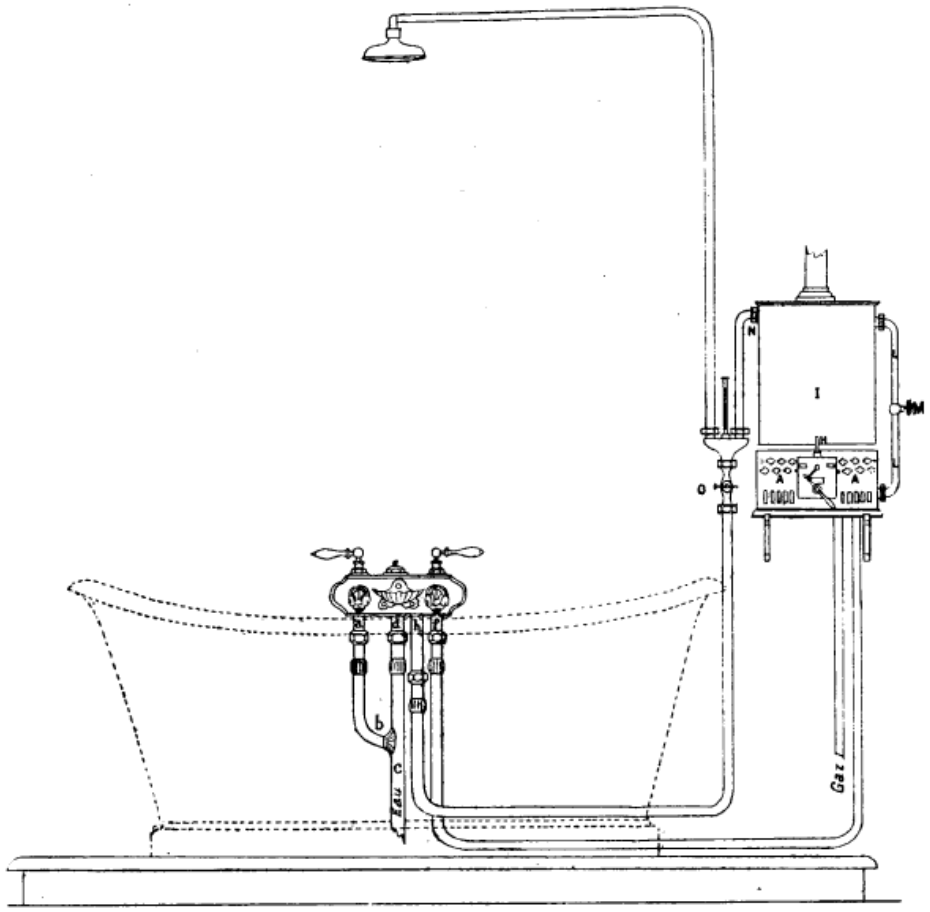


Fig. 1. — Ensemble de l'installation.

La plaque d'applique dite « Combinaison » a pour but de permettre la manœuvre du chauffe-bains sans sortir de la baignoire; elle est en laiton et se compose, ainsi que l'indiquent les figures 1 et 4, de deux robinets, d'une boîte enclavée recevant l'eau chaude du chauffe-bains et de deux déversoirs.

L'un des deux robinets *a*, à quart de tour et à manette, est pour l'eau froide et se branche en *b* sur la colonne d'eau *c*, qui est elle-même reliée au raccord central *d*, portant à sa partie supérieure un bouchon *e*, qui peut être remplacé par une douche à eau froide.

Le robinet *f* est également à quart de tour à manette avec prise d'eau sur le raccord

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

central en g, son extrémité inférieure est reliée au tuyau conduisant l'eau au chauffe-bains.

Cette eau, sortant chaude de l'appareil par le raccord N ou N′, est amenée par une

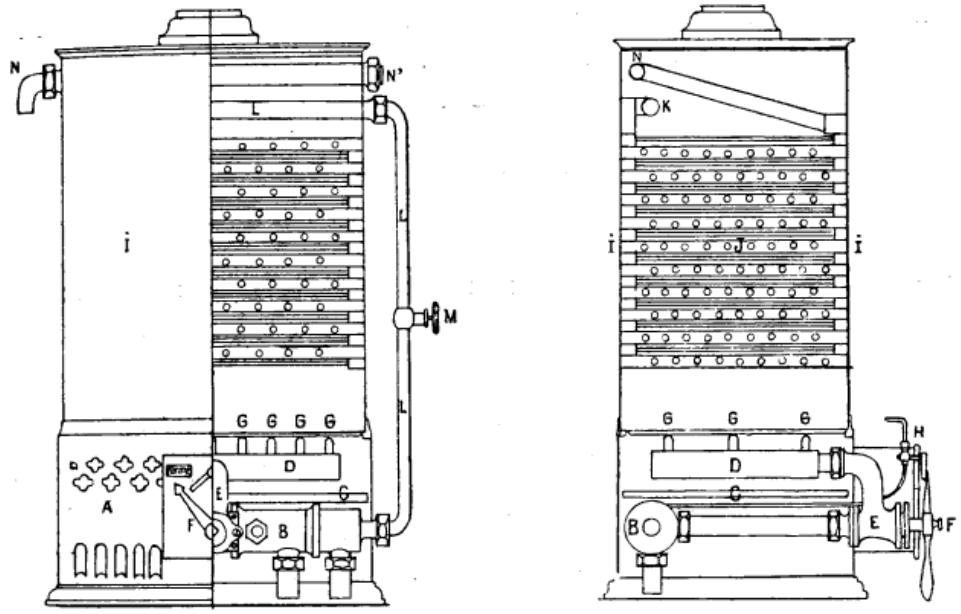


Fig. 2 et 3. — Vues de face et de côté.

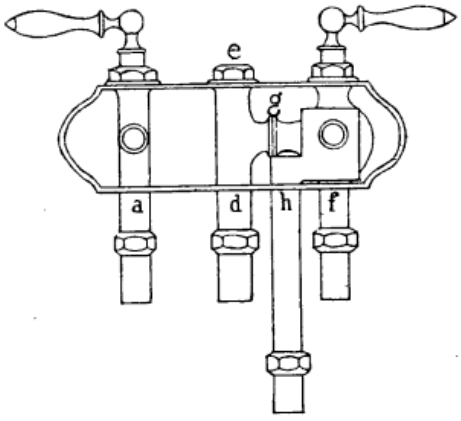


Fig. 4. — Détail de la plaque d'applique.

tubulure au raccord h de la boîte enclavée, qui la conduit au déversoir, d'où elle tombe dans la baignoire.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS CHIMIQUES

ÉTUDES DE CÉRAMIQUE EXÉCUTÉES A LA DEMANDE DES FABRICANTS DE PORCELAINE DE LIMOGES SOUS LA DIRECTION DU COMITÉ DES ARTS CHIMIQUES DE LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT, PAR **M. Emilio Damour** (*Suite*) (1).

DEUXIÈME PARTIE

PLANCHES I ET II

COLORATION DES PATES ET DES COUVERTES DE PORCELAINE. INFLUENCE DE L'ATMOSPHÈRE DU FOUR DE CUISSON SUR LES COULEURS OBTENUES PAR LE FER, LE COBALT ET D'AUTRES OXYDES MÉTALLIQUES.

L'influence de l'atmosphère des fours sur les colorations des silicates et silico-aluminates employés dans l'industrie est bien connue; elle est sensible à tous les degrés de la cuisson, depuis la *poterie poreuse* qui, suivant la conduite du feu, est plus ou moins rouge, jusqu'au *verre* dont la nuance varie avec l'atmosphère au contact des matières vitrifiables pendant la cuisson.

En verrerie, même, où ce phénomène était autrefois assez négligé, l'importance de l'action des gaz sur le verre est devenue plus évidente ou du moins a pu être précisée davantage par suite des progrès réalisés dans les procédés de chauffage; c'est un exemple pour l'industrie céramique : l'emploi de fours de verrerie à combustibles gazeux à atmosphère fixe et réglable à volonté a en effet obtenu deux résultats remarquables, la fixité absolue de la teinte et l'obtention de verres plus blancs, d'une nuance plus agréable, double avantage fort apprécié pour les vitres, et qui le serait plus encore en céramique qu'en verrerie.

En céramique et en particulier dans l'industrie de la porcelaine, l'influence de la nature du feu a de tout temps été admise et n'a cessé de préoccuper les industriels. Les qualités de fixité des couleurs et de blancheur de la pâte sont d'ailleurs capitales. Mais il n'a été fait que peu de progrès dans les procédés de cuisson et le problème semble rester stationnaire : la blancheur de la pâte ne s'obtient que par l'emploi de matières premières exemptes de fer, et pour s'assurer la fixité des tons, on n'hésite pas à se tourner de plus en plus vers la décoration au feu de moufle, malgré ses inconvénients et la dépense de combustible qu'elle exige : les couleurs de grand feu sont d'un usage très restreint, à l'exception du bleu de cobalt et de quelques rares oxydes assez fixes au feu de four.

En cet état de l'industrie céramique et avec les fours dont elle dispose, une étude complète de la coloration des pâtes et couvertes par des oxydes métalliques

(1) *Bulletin* de février, 1897, p. 191.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

en atmosphère définie ne semble pas avoir de résultat pratique ou, si l'on veut, de portée industrielle immédiate; aussi le Comité des Arts chimiques avait-il limité notre tâche à l'action colorante du *fer* et du *cobalt*, seuls métaux qui se rencontrent couramment soit comme colorant soit comme impureté : — ce sera la première partie de notre étude. — Mais ayant réalisé pour la mener à bien un appareil pratique permettant sans peine de pousser l'étude plus loin, nous avons étudié les couvertes colorées par des oxydes métalliques simples, en atmosphères variées et définies, et cherché à élucider la question si controversée des couleurs de grand feu : — ce sera la dernière partie de notre travail.

CHAPITRE PREMIER

COLORATION DES PATES ET COUVERTES DE PORCELAINE PAR LE FER ET LE COBALT

§ 1. — Conditions du problème, principe de la méthode.

Les atmosphères dont l'étude intéresse à peu près exclusivement l'industrie sont les mélanges d'air et d'acide carbonique, *atmosphères oxydantes;* les mélanges d'acide carbonique et oxyde de carbone, *atmosphères réductrices* et l'acide carbonique seul, *atmosphère neutre*. Ce sont du moins celles que l'on rencontre dans les fours, moufles ou fours de grand feu. Dans ces derniers cependant, l'emploi de houille crue et l'humidité de l'air entraînent la présence d'eau et d'hydrogène dans les produits de combustion, mais il paraît probable qu'il s'établit deux équilibres entre la vapeur d'eau et l'hydrogène d'une part, l'acide carbonique et l'oxyde de carbone d'autre part, tels que la connaissance de l'un d'eux permette de caractériser le pouvoir réducteur et que, dans des limites restreintes, les effets sur les pâtes et couvertes céramiques soient les mêmes, quel que soit le rapport de l'hydrogène au carbone. Cette hypothèse s'est trouvée confirmée en partie par les essais de cuisson assez nombreux que nous avons faits, soit dans l'hydrogène, soit dans la vapeur d'eau, où nous avons obtenu le plus souvent les mêmes couleurs que dans l'acide carbonique ou l'oxyde de carbone purs.

En raison de ce résultat d'expérience, en raison surtout de la faible proportion de composés hydrogénés dans les atmosphères de fours, nous n'avons pas jugé utile d'étudier spécialement l'action réductrice de l'hydrogène et nous nous sommes borné aux mélanges réducteurs à base d'oxyde de carbone. Les courants gazeux que nous avons employés sont toujours caractérisés par le rapport $\frac{CO}{CO^2}$, sans tenir compte de l'azote, de l'hydrogène et de la vapeur d'eau qu'ils pouvaient contenir, accidentellement introduits soit par l'acide carbonique, soit par le charbon de bois employé à sa réduction, soit par l'air.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans ces conditions le principe de la méthode que nous avons adoptée est simple : notre courant de gaz, de composition déterminée, est obtenu au moyen d'un réservoir d'acide carbonique liquide donnant un débit régulier; ce gaz est bifurqué au moyen d'une fourche de distribution et envoyé : 1° en partie dans un tube de porcelaine contenant du charbon de bois chauffé au rouge qui le transforme en oxyde de carbone; 2° en partie directement à un tube à trois voies qui réunit les deux courants; il suffit évidemment de régler l'intensité du débit de part et d'autre pour obtenir un mélange $\frac{CO}{CO^2}$ de composition constante. S'il s'agit des atmosphères d'air, le courant est obtenu par une trompe Damoiseau.

Ces courants gazeux sont amenés dans un ou plusieurs tubes de porcelaine chauffés à 1300° et formant l'enceinte à atmosphère définie. Dans ces tubes, on place les échantillons de porcelaine à analyser, pâte blanche sous couverte coloriée ou pâte colorée sous couverte blanche, moulés sous forme de plaquettes allongées.

Chaque expérience dure de trois à quatre heures, soit environ deux heures pour l'échauffement, une heure de plein feu et une heure de refroidissement. Les plaques de porcelaine sont chauffées d'abord à l'air jusqu'à ce que le four ait atteint une température de 600°; au-dessous de cette température l'oxyde de carbone se dissocie partiellement en acide carbonique et en charbon qui, se déposant à la surface des corps solides en contact, modifierait les conditions de l'expérience. A partir de 600°, un courant rapide du gaz à expérimenter chasse l'air des tubes, puis le débit est modéré et maintenu constant jusqu'à la fin de l'expérience.

La réalisation pratique de l'appareil, si simple en principe, a donné lieu à des difficultés nombreuses dont quelques-unes sont utiles à signaler, et que la description des différents organes nous permettra d'indiquer.

§ 2. — **Description de l'appareil.**
Fig. 1.

1° *Production du courant gazeux.* — Pour obtenir un courant gazeux de composition constante, durant quatre heures sans interruption, la première condition est d'avoir un débit d'acide carbonique absolument régulier; en effet, les résistances étant très différentes dans les deux branches du circuit, puisque l'une (CO) contient des tubes à charbon de bois, tandis que l'autre (CO^2) est un simple tube de caoutchouc, il s'ensuit que la proportion des gaz passant d'un côté et de l'autre est fonction de la vitesse initiale. La régularité n'a pu être obtenue qu'en se servant d'un réservoir d'acide carbonique R construit spécialement pour nos essais et muni d'un robinet à pointe très soignée (1). L'acide carbonique en sortant passe dans un flacon laveur à acide sulfurique R, s'écoulant bulle à bulle ; en comp-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tant le nombre des bulles au moyen d'une montre à secondes on s'assure de la constance du débit.

Le dosage de l'acide carbonique dans les deux branches du circuit se fait au moyen de deux robinets à pointe Golaz C, C', et la vérification est faite par deux fla-

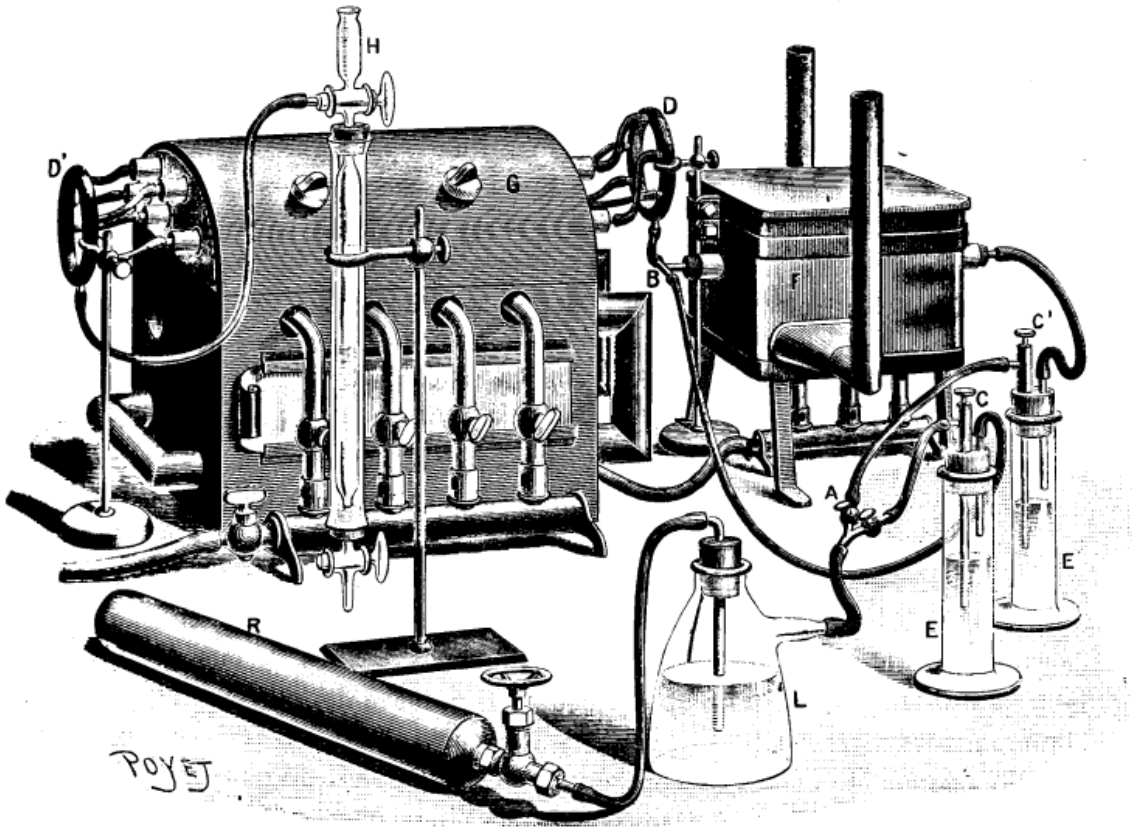


Fig. 1.

R, réservoir d'acide carbonique liquide; L, flacon desséchant et compte-bulles contenant de l'acide sulfurique; A, fourche de distribution partageant en deux circuits le courant d'acide carbonique; C C' robinets à pointe permettant de régler le débit de chaque circuit bulle à bulle; E E', flacons compte-bulles contenant de l'acide sulfurique; B, distributeur à trois branches réunissant les deux gaz des deux circuits, oxyde de carbone venant du four Monnet et acide carbonique venant de l'éprouvette E pour l'envoyer à la couronne D; D, couronne de distribution à six tubulures recevant le gaz mélangé et le répartissant dans les cinq tubes de porcelaine; D', couronne de distribution recueillant le courant gazeux pour permettre les analyses de gaz; H, burette Bunte pour l'analyse des gaz.

cons compte-bulles EE'. Cette méthode des compte-bulles (2) que nous avons adoptée après de nombreux essais impuissants à assurer la régularité de composition, s'est

(1) Les réservoirs d'acide carbonique de 10 kilogrammes que l'on trouve dans le commerce ont des fermetures très imparfaites qu'il nous a été impossible de régler, et nous avons dû faire construire par Golaz un réservoir spécial de 2 kilogrammes avec robinet en acier qui nous a donné toute satisfaction.

(2) La difficulté provient ici de la variation de résistance du circuit oxyde de carbone, laquelle diminue à mesure que le charbon de bois se consume. Cette variation signalée immédiatement par le nombre différent des bulles était facilement corrigée par l'un des robinets.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

montrée d'une précision très grande, au point de rendre moins nécessaires ou, du moins, moins fréquentes les analyses de gaz.

La production de l'oxyde de carbone est obtenue par la réduction de l'acide carbonique par du charbon de bois : un four Mermet spécial est disposé à cet effet ; en outre, en raison de la longueur des expériences, nous avons jugé prudent de placer à la suite un second tube de charbon de bois également chauffé au rouge, qui assure la transformation aussi complète que possible en oxyde de carbone et contribue à la régularité du courant. Ce deuxième tube est chauffé dans le four même où se fait la cuisson de la porcelaine. Il n'est pas figuré sur le dessin.

2° *Four à tubes pour la cuisson des plaques de porcelaine.* — Le matériel courant des laboratoires ne possédant pas d'appareils de chauffage pour des tubes de porcelaine atteignant les températures industrielles de 1400° et 1500°, nous avons dû faire construire un four spécial, à récupérateur, qui, utilisant la chaleur perdue des produits de combustion pour le chauffage de l'air, réalise une élévation de température d'environ 200° par rapport au four Mermet, que nous avions essayé sans succès, et nous a permis de cuire la porcelaine nouvelle de Sèvres (1 300°) et même la porcelaine de Limoges (1380°). Le four est à cinq tubes, ce qui nous a permis, soit de faire simultanément plusieurs essais en atmosphères différentes, soit de cuire en une seule expérience vingt plaques de porcelaine, à raison de quatre par tube (1) G, fig. 1.

3° *Contrôle des opérations.* — La température a été contrôlée à chaque essai dans tous les tubes ou au moins dans les tubes extrêmes au moyen du pyromètre Le Chatelier ; à cet effet, un couple était placé dans chaque tube et des commutateurs permettaient de mettre les couples alternativement en relation avec le galvanomètre. Toutes les opérations ont donc été faites à température égale.

Pour amener le courant gazeux dans les cinq tubes, nous avons fait construire une couronne D de distribution à six tubulures, l'une s'adaptant au tuyau de caoutchouc amenant le mélange gazeux, les autres réunies par des tubes de caoutchouc aux cinq tubes de porcelaine. Chaque branche porte un interrupteur dont le jeu permet de faire passer la totalité du courant dans l'un des cinq tubes et d'assurer le renouvellement de l'atmosphère gazeuse.

(1) Construit peu de temps après que le four Seger à récupération introduit en France par M. Vogt, perfectionné par M. Bigot ait été réalisé avec beaucoup de succès par M. Lequeux, notre four ne nous a pas donné des températures aussi élevées, et nous avons dû, pour cuire la porcelaine, employer le tirage forcé au moyen d'un ventilateur. Cette infériorité qu'il ne serait sans doute pas difficile de corriger, tient à ce que le four est trop court pour que la flamme y ait tout son développement, d'où la nécessité de raccourcir cette flamme en activant la combustion par une plus grande vitesse de circulation du courant d'air. Tel qu'il a été réalisé, le four peut cependant donner avec tirage naturel la température de 1 150° au lieu de 950° que donne un bon four Mermet; la consommation est, toutes choses égales, beaucoup moindre. Il remplacerait donc avantageusement les fours à plusieurs tubes employés dans quelques laboratoires métallurgiques.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

A la sortie du four les courants gazeux des cinq tubes sont recueillis et réunis par une seconde couronne de distribution à six branches D', d'où le gaz s'échappe et peut être recueilli ; on peut ainsi s'assurerque l'ensemble de l'appareil tient bien la pression, on peut faire dégager le gaz dans une burette Bunte pour l'analyser, H, fig. 1.

Pour obtenir le contrôle permanent de la composition de l'atmosphère gazeuse, nous avons essayé l'emploi de la balance à densité de gaz de M. Meslan, et elle nous a donné de bons résultats pendant quelques essais, mais cet appareil qui peut rendre d'excellents services, chaque fois que les variations de composition des gaz sont un peu lentes, en industrie par exemple, se prêtait mal à nos expériences par suite de la brusquerie des changements, et en raison du volume de l'appareil trop grand par rapport à la vitesse de circulation. Nous avons eu des résultats plus satisfaisants par le simple jeu des compte-bulles et en contrôlant la composition par des analyses de gaz assez fréquentes.

§ 3. — Compte rendu des expériences.

Les expériences que nous avons pu faire ont formé deux séries : celles qui ont précédé la réalisation de notre four à tubes, et celles qui ont été faites dans ce four (1).

A. — *Expériences sur des borates et silicates fusibles à basse température.*

Ces premières expériences exécutées à la température de 950°, très inférieure à celle des fours de porcelaine et même de faïence, n'ont pu porter sur les matières employées en céramique : seuls les émaux de moufle et certaines couvertes de faïence stannifère ont des points de fusion inférieurs à cette température, mais ils sont tous plombifères, ce qui rend impossible l'étude des atmosphères réductrices. Aussi avons-nous dû nous borner à l'étude des silicates ou borates non plombifères.

Nous avons fait à cet égard de nombreux essais pour accroître la fusibilité des couvertes, additions d'acide borique, d'alcalis, de verres alcalins très fusibles, mais aucune de ces substances ne glaçait bien, et les verres très fusibles se sont dévitrifiés avec grande facilité. Nous n'avons pas à insister sur ces travaux secondaires, car l'étude en a été reprise et très complètement traitée par M. Grenet; une partie des résultats en a même été communiquée à la Société d'Encouragement et sera publiée prochainement.

Disons seulement que nous n'avons pas réussi à abaisser à 1000° la fusibilité des couvertes non plombeuses, et qu'il n'existe que peu ou *point* de silicates

(1) L'étude, la construction et les essais de notre four à récupération nous ayant demandé plus de dix mois, c'est pendant cette période que nous avons fait la première série de recherches.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

alcalino-terreux glaçant bien à cette température sans se dévitrifier. Le fait n'est pas nouveau, mais au point de vue de nos recherches, il nous eût condamné à interrompre tout travail sans les ressources que nous a offertes le borate de zinc $BoO^3 1,5\,ZnO$.

Ce corps vraiment remarquable, dont les propriétés ont été étudiées par M. Le Chatelier, forme un verre d'une parfaite limpidité; il fond à basse température (700°), se dévitrifie très facilement, pour peu que le refroidissement ait été conduit lentement, et par le fait de la dévitrification voit élever sa température de fusion de plus de 100° (à 850°). C'est le borate de zinc dévitrifié qui nous a servi de base pour nos premiers essais de coloration. Ce corps est sans doute loin des couvertes industrielles, puisqu'il ne contient ni silice, ni alumine, ni chaux, ces éléments essentiels en céramique; mais fusible à la température dont nous disposions, il glace en un émail tout à fait limpide, il ne contient aucune base colorante, ne se réduit pas sous l'influence des gaz réducteurs et ne se décompose pas par la chaleur; enfin ne fondant qu'à 850°, il permet de faire la réduction des oxydes métalliques sur lesquels les gaz ont une action, avant que ceux-ci soient incorporés dans le verre, c'est-à-dire de réaliser à peu près ce qui se passe pour les couvertes de porcelaines qui ne sont pas frittées. Ces différentes propriétés nous ont donc permis, dans une certaine mesure, d'étudier les colorations par les oxydes métalliques, dans des conditions se rapprochant assez de celles de l'industrie, et d'obtenir des résultats ayant un intérêt, du moins pour tous les oxydes dont les colorations sont sensiblement indépendantes de la composition chimique du silicate ou borate auquel ils sont associés.

Nous avons essayé, avec le borate de zinc, le fer, le manganèse, le cobalt, le cuivre. Tous les essais ont été faits dans de petites nacelles de porcelaine dans lesquelles le borate mêlé d'oxyde formait en fondant une couche limpide tapissant toute la nacelle.

Le fer en atmosphère oxydante a donné un jaune un peu verdâtre, dans l'acide carbonique un gris verdâtre. Ce résultat montre l'action différente de l'acide carbonique et de l'air sur l'oxyde de fer; tandis que le dernier donne du sesquioxyde, il semble que le premier donne du fer magnétique (1). Dans un mélange réducteur, il donne un fort joli céladon d'une limpidité parfaite correspondant à l'oxyde de fer au minimum.

Le cobalt donne toujours le bleu avec des tons effacés beaucoup moins beaux que le bleu de Sèvres.

Le cuivre donne le vert de cuivre en atmosphère oxydante, tandis que dans une atmosphère d'acide carbonique, il nous a donné un rouge peu franc, et

(1) Nous n'avons pu vérifier le degré d'oxydation du fer après calcination au rouge dans un courant d'acide carbonique, mais l'observation faite sur le borate de zinc s'est vérifiée sans exception sur toutes les autres couvertes. Il est donc certain que l'oxyde n'est pas le même.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans les autres atmosphères réductrices des nuances indécises passant du blanc au gris. En ajoutant un peu de fer à la couverte cuprifère, nous avons obtenu en atmosphère peu réductrice du rouge, et cet essai confirme le fait bien connu que le fer n'est pas indifférent à la production de cette couleur sur laquelle nous aurons à revenir.

Le manganèse donne uniformément des couvertes incolores.

Cette première série d'essais nous a montré tout de suite l'extrême importance des atmosphères au point de vue des colorations et nous a permis de reproduire le céladon chinois à base de fer seul : c'était un sérieux encouragement à la poursuite de nos recherches.

En outre, en rapprochant les résultats de ceux que nous décrirons par la suite, nous avons pu déduire les remarques suivantes. Il existe un certain nombre de colorations à peu près indépendantes de la composition des couvertes : c'est ainsi que le vert de cuivre, et le jaune de fer au feu d'oxydation se retrouvent toujours différant seulement par des nuances. Mais la plupart des couleurs sont complètement modifiées par l'action des différents éléments constituant la couverte, même si aucun d'eux n'a par lui-même de pouvoir colorant; une cuisson trop poussée sur une de nos nacelles à borate de zinc ayant dissous une portion de la couverte de porcelaine, nous a donné avec le fer une nuance très différente du jaune trouvé précédemment; les tons que nous avons eus ici avec le cobalt sont différents de ceux que donne, à teneur égale, la couverte de Sèvres.

C'est un résultat général qui s'est constamment vérifié et que nos essais sur les borates ont contribué à mettre en lumière.

B. — *Expériences sur les pâtes et couvertes des usines de porcelaine*

1° *Fer.* — Dès que nous avons été en possession d'un four à tubes chauffant à 1300°, nous avons pu aborder l'étude qui nous était proposée, d'abord sur la pâte et la couverte nouvelles de Sèvres, les plus fusibles que présente l'industrie de la porcelaine (1), puis, successivement sur les pâtes de Limoges qui nous avaient été remises par M. Peyrusson et une pâte de Vierzon que nous devions à l'amabilité de M. Mouret, la pâte employée à la fabrication des briques creuses.

Préparation des plaquettes. — Pour avoir des plaques de porcelaine fabriquées dans des conditions se rapprochant de celles de l'industrie, nous avions à choisir entre les trois procédés de l'industrie, moulage de la pâte plastique, compression, coulage dans des moules de plâtre, c'est à la compression que nous avons eu recours, le peu de plasticité de certaines pâtes rendant très difficile leur moulage, surtout après addition des oxydes colorants.

La compression n'est pas très usitée en porcelaine, mais elle l'est beaucoup pour les carrelages céramiques, et, au point de vue de nos essais, le point essentiel

(1) Nous tenons à adresser nos remerciements à M. Vogt, qui nous a abondamment pourvu de pâte et couverte de Sèvres.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

était d'obtenir des plaquettes comparables entre elles. Dans ce but nous avons toujours fait en même temps toutes les plaquettes destinées à une série d'essais, nous avons mis dans le moule la même quantité de pâte et l'avons comprimée à la même pression de 200 kilogrammes par centimètre carré.

Le moule dont nous nous sommes servi est en bronze et à bords un peu évasés pour faciliter le démoulage.

Introduction des matières colorantes dans les pâtes et couvertes.— Nous nous sommes servi d'une méthode que M. Vogt nous avait indiquée et qui donne les meilleurs résultats comme homogénéité et finesse de grain. Elle consiste à mettre en suspension la pâte ou couverte à colorer dans une dissolution saline du métal à essayer, et à précipiter ce métal par un réactif volatil, ammoniaque, oxalate d'ammoniaque, etc. : s'il s'agit d'une pâte, on évapore à sec et chasse le composé ammoniacal par la chaleur; s'il s'agit d'une couverte, on peut employer immédiatement la barbotine après précipitation; le plus souvent, cependant, nous avons évaporé à sec, calciné et rebroyé au mortier d'agate, afin d'avoir des couvertes colorées tout à fait égales et uniformes.

Les couvertes ont été déposées sur les plaquettes par immersion, l'égalité d'épaisseur était assurée par l'égalité du temps d'immersion, généralement trois secondes.

Placement des plaquettes dans les tubes. — La difficulté que nous avons eu à vaincre ici était d'éviter que les plaques en expérience n'adhèrent au tube de porcelaine. La porcelaine de Bayeux est heureusement très réfractaire, et sa couverte ne se ramollit pas à la température de cuisson de la porcelaine nouvelle de Sèvres, mais quand nous avons expérimenté la pâte de Limoges, il n'en était plus de même. Nous n'avons évité l'adhérence qu'en posant nos plaquettes sur des plaques de biscuit ou de grès, saupoudrées d'alumine calcinée, et avons pu ainsi défourner nos essais même après des cuissons à 1 400°.

a. Fer. — Résultats des expériences.

1° *Porcelaine de Limoges (pâte et couverte Sazerat).* — La pâte et la couverte Sazerat ont été additionnées de 2 p. 100 et 5 p. 100 de fer et essayées à la cuisson dans les atmosphères suivantes :

$$\text{Air,} \qquad CO^2 \qquad \frac{CO}{CO^2}=\frac{8}{100} \qquad \frac{CO}{CO^2}=\frac{15}{100} \qquad CO$$

La couverte ferrugineuse sur pâte blanche donne dans l'air un jaune rougeâtre, dans l'acide carbonique un gris que nous attribuons à l'oxyde magnétique de fer; en mélanges réducteurs, la couverte devient verdâtre et se décolore; c'est à la teneur de 10 p. 100 que la décoloration paraît la plus complète; elle

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

se maintient d'ailleurs dans des gaz plus réducteurs, et il faut un courant d'oxyde de carbone presque pur pour obtenir une réduction plus complète, s'accusant par une teinte gris-noir de fer dont la fixité n'est même pas bien certaine.

La pâte Sazerat ferrugineuse donne des tons jaunes dans l'air, un gris noir dans l'acide carbonique, un gris verdâtre dans des mélanges réducteurs, à 8 p. 100 et 15 p. 100. Lorsque la teneur en fer est faible (2 p. 100 serait un maximum) la nuance verte est faible et la pâte est presque décolorée ; au contraire, à la teneur de 5 p. 100, la coloration est assez sensible. Cette remarque est générale ou, du moins, s'est vérifiée pour les différentes pâtes que nous avons essayées. La cuisson en atmosphère réductrice d'une pâte ferrugineuse réduit les sels de fer au minimum : si la teneur est inférieure à 2 p. 100, la nuance obtenue est très faible, la pâte est décolorée ; si la teneur est supérieure à 2 p. 100, on obtient une pâte verte assez foncée.

La pâte Sazerat, dans l'oxyde de carbone, donne un gris accusant nettement la réduction du fer.

Pâte et couverte de Vierzon. — Nous n'avons essayé que le mélange à 2 p. 100 de fer. Les résultats obtenus sont sensiblement les mêmes qu'avec la porcelaine de Limoges; même passage du jaune au gris dans l'air et l'acide carbonique; dans les mélanges réducteurs, même ton vert bleuâtre, pour la couverte, et même décoloration de la pâte pour un mélange à 8 p. 100 de CO; enfin, même ton noir dans l'oxyde de carbone pour la pâte et aussi pour la couverte, bien qu'avec moins de certitude.

Les conclusions générales sont donc les mêmes, mais l'influence de la composition chimique se fait nettement sentir par des différences de nuances, soit dans les jaunes d'oxydation, soit dans les verts de réduction sur les pâtes comme sur les couvertes.

Le point le plus remarquable de cette étude est la décoloration très parfaite de la pâte dans une atmosphère peu réductrice; elle est vraiment intéressante pour une région qui s'est un peu spécialisée dans les fabrications communes et doit plus que toute autre tenir au bon marché de ses matières premières ; elle le serait plus encore si la fabrication des briques de porcelaine se généralisait ; la décoloration de pâtes ferrugineuses à 1 p. 100 rendrait alors de réels services.

Pâte et couverte de Sèvres. — Nous avons essayé la porcelaine nouvelle de Sèvres aux teneurs de 1, 2, 5 p. 100 de fer, dans les atmosphères suivantes :

$$\text{Air,} \qquad CO^2 \qquad \frac{CO}{CO^2} = 8\ 0/0 \qquad \frac{CO}{CO^2} = 15\ 0/0 \qquad CO$$

Les résultats obtenus ont entièrement confirmé les précédents. Cependant, la pâte de Sèvres se décolore moins bien qu'aucune de celles que nous avons essayées, conservant toujours une nuance grise, même à la teneur de 1 p. 100 de fer;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'autre part, la coloration dans l'oxyde de carbone est beaucoup moins noire, comme si, par suite de la plus grande fusibilité de la pâte, le fer réduit se dissolvait laissant une coloration grise, mais non l'aspect noir du fer précipité.

Pour la couverte, nous avons complété la série des essais de plaquettes par la fusion de couverte dans des nacelles de porcelaine qui permettent d'obtenir une plus grande épaisseur de la couche fondue. Cette étude a confirmé tout à fait nos premières expériences; signalons cependant, comme le fait le plus saillant, l'aptitude spéciale de la couverte de Sèvres pour l'obtention du *céladon chinois*, cette nuance bleu verdâtre longtemps cherchée et que l'on n'a le plus souvent obtenue que par une addition de chrome, tandis qu'elle n'est due qu'au fer dans la porcelaine chinoise. Faut-il attribuer à la présence d'un excès de chaux la coloration spéciale de ce silico-aluminate ferreux; cela est probable, en tout cas, la composition chimique de la couverte a ici une influence évidente, et aucune des couvertes que nous avons étudiées ne réussit le céladon aussi bien que la couverte Nouvelle. Déjà, dans le courant d'acide carbonique, elle donne à la teneur de 2 p. 100 une nuance moins grise que toute autre; mais pour peu qu'il y ait de l'oxyde de carbone, on a le céladon très pur, se maintenant jusque dans un courant extra-réducteur.

En raison de l'intérêt que peut présenter le céladon, ne fût-ce qu'au point de vue de l'examen des porcelaines chinoises, nous l'avons étudié pour des teneurs en fer croissantes de 1 à 5 p. 100 et avons constaté que c'est entre 2 et 3 p. 100 que la teinte est la plus jolie, que d'autre part l'atmosphère la plus convenable est celle qui contient environ 15 d'oxyde de carbone pour 100 d'acide carbonique.

Ajoutons, pour terminer cette question du céladon, que la présence d'un peu de manganèse ou d'antimoine semble en favoriser la production, et que la meilleure recette que la suite de nos essais nous ait indiquée consisterait à ajouter à la couverte nouvelle de Sèvres 2 p. 100 de fer, 2 p. 100 de manganèse et à glacer dans un four réducteur à 15 d'oxyde de carbone p. 100 d'acide carbonique.

b. Cobalt

Les essais sur le cobalt s'étant, dès le début, montrés beaucoup moins intéressants, nous les avons faits moins nombreux, et nous nous sommes borné à étudier la porcelaine de Sèvres et celle de Vierzon, à une seule teneur (2 p. 100), faisant les cuissons dans les atmosphères suivantes :

Air, CO^2 $\frac{CO}{CO^2} = 8\ 0/0$ $\frac{CO}{CO^2} = 15\ 0/0$ $\frac{CO}{CO^2} = 35\ 0/0$ $\frac{CO}{CO^2} = 65\ 0/0$ CO

Le cobalt a été introduit sous forme d'azotate, puis précipité au moyen de l'ammoniaque et de l'oxalate

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les résultats les plus intéressants de ces essais ont été de montrer le pouvoir colorant considérable du cobalt, et la grande fixité des tons qu'il peut donner.

Nous avons étudié spécialement le pouvoir colorant en atmosphère oxydante et constaté que dès la teneur de 1 p. 100, la couverte de Sèvres donne un beau bleu ; à 3 p. 100 c'est le bleu de Sèvres assez foncé ; des millièmes de cobalt suffisent à donner le bleu pâle. Aussi ne nous expliquons-nous pas l'utilité de l'addition de 20 et 25 p. 100 qu'indique Brongniart dans son *Traité des Arts céramiques;* on doit, par là, rendre la couverte cobaltifère plus sensible aux variations d'atmosphère, de température, et à l'action des gaz sulfurés des fours. L'oxyde de cobalt, en effet, n'arrive pas, par calcination à l'air, à une composition définie ; à plus forte raison la calcination en atmosphères variables doit-elle donner des oxydes différents ; il semble dans ces conditions que plus la teneur en cobalt sera élevée, plus grande sera l'influence de la température et des atmosphères.

La fixité des tons donnés par le cobalt nous a surpris, car on sait que l'obtention des beaux bleus est un des écueils de la céramique d'art, au point que leur réussite suffise à faire la réputation de quelques usines : Sèvres, Delft, Copenhague, pour ne citer que les plus connues. Or, au cours de nos essais, nous avons obtenu, avec la plus grande facilité, des bleus très francs et très uniformes. C'était la preuve que nous avions éliminé de nos expériences la cause d'insuccès de l'industrie, probablement les composés sulfurés dont nos gaz ne tenaient pas trace et que l'on n'évite dans les fours que par l'emploi de houilles aussi exemptes de soufre que possible.

Dans les conditions spéciales de nos essais, la nuance obtenue à l'air se reproduit sans modification dans l'acide carbonique et dans des mélanges réducteurs contenant jusqu'à 15 p. 100 d'oxyde de carbone ; ce n'est que lorsqu'on atteint les teneurs élevées de 50 à 70 p. 100 que le bleu tourne au gris noirâtre ; encore faut-il pour cela que la couverte ne soit pas trop fusible et que l'oxyde de cobalt ne soit pas déjà combiné avec les éléments du silico-aluminate ; avec la couverte nouvelle de Sèvres (celle qui convient le mieux au développement du bleu, parmi celles que nous avons essayées), il nous est arrivé d'obtenir un beau bleu dans l'oxyde de carbone presque pur, l'opération ayant été conduite vite, assez sans doute pour que l'oxyde soit fondu dans le verre avant réduction complète. Nous avons, par contre, obtenu un beau noir dans une autre expérience d'oxyde de carbone pur, mais ce résultat, d'accord avec ce que nous venons de dire, ne porte nullement atteinte à la fixité du cobalt. Nous croyons donc pouvoir affirmer que, si le cobalt est employé à assez faible dose pour que son oxyde ne constitue pas la base dominante du silico-aluminate constituant la couverte, et si l'atmosphère de cuisson est exempte de soufre, il donne

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des couleurs d'une très grande fixité, peu sensible aux variations de température ou d'atmosphère, véritable type de la couleur de grand feu.

Cette fixité au feu n'exclut pas la sensibilité de cet oxyde colorant aux variations de composition chimique : les bleus obtenus avec les pâtes et couvertes de Vierzon et Limoges sont très différents et beaucoup plus ternes que ceux de Sèvres ; ici encore la présence de la chaux, abondante dans la couverte nouvelle, favorise la réalisation d'une couleur bien franche.

Concluons en indiquant, sous toutes réserves, les conditions qui nous semblent les meilleures pour la production du bleu de roi : 1° composition de la couverte se rapprochant de la couverte nouvelle de Sèvres, c'est-à-dire très calcaire ; 2° teneur en cobalt peu élevée de 3 à 5 p. 100. L'addition du cobalt sous forme d'azotate suivi de précipitation par l'ammoniaque et l'oxalate d'ammoniaque nous a donné d'excellents résultats, mais nous ne croyons pas qu'elle soit nécessaire. Quant à l'atmosphère gazeuse, elle ne paraît jouer ici, à l'inverse de ce qui se passe pour tous les autres oxydes, qu'un rôle tout à fait secondaire.

§ 6. — **Conclusions générales.**

Deux conclusions d'ordre général peuvent se déduire de cette série d'expériences faites exactement suivant le programme qui nous était tracé.

1° L'influence des atmosphères de cuisson se fait sentir d'une façon continue depuis l'atmosphère la plus oxydante, l'air, jusqu'à la plus réductrice, l'oxyde de carbone.

L'atmosphère neutre, l'acide carbonique, n'est qu'un point de passage, mais non un point particulier, dans l'étude de ce phénomène, et de part et d'autre de ce passage, les variations sont également sensibles.

En d'autres termes il y a lieu de tenir compte dans un four aussi bien du rapport $\frac{O}{CO^2}$ si l'atmosphère est oxydante, que du rapport $\frac{CO}{CO^2}$ si elle est réductrice.

Cette loi est extrêmement sensible pour le fer qui nous l'a dictée ; le cobalt y échappe d'une façon presque complète, du moins dans les atmosphères moyennes.

2° La composition chimique des pâtes ou couvertes a une grande influence sur les colorations obtenues par la plupart des oxydes métalliques.

En dehors de ces résultats généraux, nous avons essayé de préciser les conditions les plus favorables à l'obtention du bleu de cobalt, et espérons que l'industrie pourra en tirer quelque profit.

Nous avons encore indiqué un moyen de décolorer les pâtes ferrugineuses, et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

retrouvé le moyen d'obtenir un céladon à base de fer seul; mais ces deux derniers résultats supposent une cuisson de la porcelaine en atmosphère réductrice et définie, problème qui n'est pas encore résolu et sur lequel nous aurons à revenir.

CHAPITRE II

ÉTUDE SUR LA DÉCORATION AU GRAND FEU

Au cours des recherches dont nous venons de donner les résultats, nous avons été conduit à essayer, soit sur le borate de zinc, soit sur les couvertes céramiques, quelques oxydes colorants tels que le cuivre, le manganèse, le chrome; nous avons alors pu constater que la loi de variation continue des atmosphères de cuisson, si sensible pour le fer, était également vraie pour tous les oxydes essayés à l'exception du cobalt. Cette constatation était facile à prévoir, car tout le monde sait le peu de fixité des couleurs de grand feu (1), la variabilité des tons qu'elles donnent, cause d'échec de cette méthode de décoration. Les oxydes réputés insensibles aux atmosphères de four sont tellement peu nombreux que la palette du grand feu, si riche qu'elle puisse être d'ailleurs, n'est pas considérée actuellement comme susceptible d'entrer en lutte avec les autres procédés industriels de décoration. Les fabricants de porcelaine trouvent dans le perfectionnement de leurs couleurs au feu de moufle les progrès d'une fabrication à qui le goût des acheteurs demande toujours du nouveau. Depuis quelques années cependant, l'emploi de substances nouvelles telles que la glucyne et l'acide titanique a donné au grand feu un regain d'actualité; des recherches nombreuses ont été faites à Limoges et à Sèvres, mais pratiquement la porcelaine décorée au grand feu perd chaque jour le terrain que gagnent dans le goût des amateurs les grès et faïences artistiques.

Aussi, avant d'exposer les résultats de nos recherches, ne nous paraît-il pas inutile de combattre ce scepticisme vis-à-vis d'un procédé d'un grand intérêt, peut-être le plus parfait de l'industrie céramique.

§ 1. — Intérêt industriel et avantages des couleurs de grand feu.

On sait que les principales méthodes de décoration de la porcelaine sont : la peinture sur porcelaine, l'émail feu de moufle, le grand feu. Les couleurs de

(1) Rappelons ici que les couleurs de grand feu sont celles qui peuvent subir les mêmes opérations de cuisson que la porcelaine blanche; elles ne sont autre chose que la couverte ordinaire de porcelaine additionnée d'un oxyde métallique, cobalt, nickel, urane, etc., corrigée s'il y a lieu par une addition calcaire alcaline ou siliceuse qui ramène à sa valeur normale la fusibilité et la dilatation. Elles s'appliquent en général sur la porcelaine biscuitée, et sont cuites comme s'il s'agissait d'une couverte blanche.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

porcelaine sont des oxydes colorants mis en suspension dans un émail incolore très fusible; elles sont généralement opaques. Appliquées sur couverte, c'est-à-dire sur une surface vitrifiée beaucoup plus dure que l'émail, elles ne présentent aucune solidité, et c'est ce qui explique comment les services de porcelaine ne résistent pas à un usage prolongé. Les émaux de moufle sont des verres colorés fondant au feu de moufle et offrant, en même temps que la transparence, plus de solidité que les couleurs de porcelaine; mais les verres à base de plomb que l'on emploie à ces émaux, nécessairement très fusibles, puisque les moufles ne dépassent pas 1 000°, sont souvent tendres et faciles à rayer.

Les couleurs de grand feu échappent à presque tous ces inconvénients; elles couvrent aussi bien et sont aussi dures et solides que la couverte de porcelaine blanche. Enfin, au point de vue artistique, que nous n'avons pas jusqu'ici envisagé, lorsqu'on peut obtenir des couleurs bien franches, comme cela a lieu pour le cobalt, elles sont d'un plus joli effet qu'aucune autre : tandis que les émaux plombeux, en raison sans doute de leur indice de réfraction élevé, donnent toujours l'impression d'une couche de cristal appliqué sur du biscuit, et ne se fondent pas avec une pâte de composition très différente, la couleur de grand feu, voisine de la composition de la pâte, se fond avec elle, donnant à la porcelaine son véritable caractère, cette translucidité qui, sur une pâte bien blanche et un peu fine, est d'un si joli effet.

Nous ne pensons donc pas que la décoration au grand feu soit à négliger dans le progrès lent mais constant de l'industrie céramique, et croyons qu'elle a de l'avenir. C'est cette conviction, et d'autre part les facilités que nous donnait notre appareil pour une étude de ces couleurs qui nous ont conduit à aborder le problème du grand feu. Le travail et la palette que nous apportons à la Société d'Encouragement sont le résultat de nos recherches. En les présentant, nous n'avons pas la prétention d'avoir résolu la question, du moins au point de vue industriel, nous l'avons simplement *posée* en précisant les conditions dans lesquelles on devra l'aborder, le jour où l'on voudra passer aux applications. Nous avons indiqué à quelles conditions il faudra se soumettre, lorsqu'on voudra obtenir au feu de four des objets en porcelaine colorée, dont la couleur, étudiée à l'avance dans un laboratoire, puisse être reproduite fidèlement et à coup sûr.

§ 2. — Programme des recherches. — Méthode suivie. — Préparation des plaques d'essai. — Atmosphères étudiées.

Nous avons consacré une première série de recherches à l'examen de ce que l'on peut appeler les *couleurs simples* de grand feu, c'est-à-dire celles que l'on obtient par un oxyde colorant ajouté *seul* à une couverte ordinaire de porcelaine. Nous avons donc écarté tous les mélanges complexes d'oxydes et toutes les addi-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tions à la couverte de bases terreuses, dont la présence puisse modifier les tons obtenus (glucyne, baryte, etc.). Ce n'est pas que ces mélanges, dont on a déjà tiré un grand parti en céramique, ne présentent pas d'intérêt(1) : ils sont la base des couleurs actuellement en usage ; mais dans une étude scientifique, il était préférable de préciser les conditions des expériences en éliminant toutes les variables autres que celle qui faisait l'objet spécial de notre étude. Notre variable était la composition chimique des atmosphères de cuisson et le point à préciser était la façon dont se comporte chaque métal associé à une même couverte, en des atmosphères différentes.

Pour assurer la rigueur des résultats obtenus, — ce qui au point de vue des applications possibles donnera la certitude de reproduire fidèlement les couleurs obtenues à un premier essai, — nous avons, comme dans les expériences précédentes, opéré dans des conditions toujours identiques.

Notre excipient a toujours été la pâte nouvelle de Sèvres, préparée en plaquettes comprimées à une même pression, l'état hygrométrique de la pâte étant le même ; l'emploi de la pâte de Sèvres nous offrait le double avantage de sa remarquable blancheur, grâce à laquelle les tons se détachent parfaitement, et de sa facile cuisson.

La couverte nouvelle de Sèvres a été additionnée d'oxydes par la méthode de précipitation toutes les fois que cela était possible ; lorsqu'un métal ne possédait pas de précipitant volatil, l'oxyde broyé au dernier degré de finesse était mélangé à la barbotine liquide, puis, après dessiccation, la couverte était de nouveau broyée ; grâce à ces précautions les teintes étaient très uniformes.

Les cuissons ont été conduites de façon aussi égale que possible, suivies au pyromètre Le Chatelier et arrêtées à une température de 1280 à 1300°. Chaque opération durait environ 4 heures, comportant 2 heures et demie d'échauffement lent, une demi-heure de température maxima, c'est-à-dire de plein feu assurant une vitrification complète, et une heure de refroidissement.

(1) Les recherches très nombreuses qui ont été faites sur les couleurs obtenues par des mélanges d'oxydes, tant à Sèvres, dont la palette est très variée, qu'à Limoges, où M. Peyrusson a obtenu de nouvelles couleurs, ont donné des tons multiples et une palette beaucoup plus riche que la nôtre comme échelle de teintes. Il eût sans doute été intéressant d'étudier ces couleurs en atmosphères définies et de préciser l'influence que les gaz exercent sur elles. Deux motifs nous ont empêché d'aborder cette étude : c'est d'abord que prenant pour point de départ des données pratiques et industrielles, elle n'aurait eu d'intérêt que si nous avions pu indiquer une solution pratique et industrielle de la cuisson en atmosphère définie, c'est-à-dire si la question chauffage était plus avancée qu'elle ne l'est réellement. En second lieu, pour une étude de ce genre n'est-il pas préférable de profiter autant que possible des travaux et de l'expérience antérieurs, de partir de mélanges de couleurs déjà essayés et éprouvés au lieu de constituer ces mélanges de toutes pièces et un peu au hasard, et nous n'avons pas eu entre les mains de ces couleurs de grand feu. Mais si un jour l'étude dût être poursuivie, c'est bien en partant de la palette actuelle étudiée par les maîtres en la matière, la soumettant à des atmosphères variées, que nous voudrions aborder la question.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les métaux sur lesquels ont porté nos recherches ont été les suivants : *fer, cobalt, manganèse, nickel, chrome, urane, cuivre, antimoine, vanadium, titane, molybdène, tungstène, platine, or, argent.*

Chacun de ces métaux, sauf les trois derniers, a été essayé à deux teneurs différentes, généralement 1 p. 100, et 3 p. 100 de façon à apprécier l'intensité de pouvoir colorant de chacun d'eux.

Chaque couleur a été cuite successivement dans les atmosphères suivantes :

Courant d'air pur, sec;
— d'acide carbonique;
— de vapeur d'eau;
— d'oxyde de carbone presque pur;
— d'hydrogène sec.

gaz réducteurs composés d'oxyde de carbone et d'acide carbonique dans les proportions suivantes :

Oxyde de carbone 15 p. 100 d'acide carbonique.
— 40 p. 100 —
— 80 p. 100 —

De ces différentes atmosphères, les seules qui semblent industrielles sont l'air, l'acide carbonique, et un mélange peu réducteur, par exemple, celui à 15 p. 100, $\frac{CO}{CO^2}$, qui paraît être l'extrême limite de ce que l'on pourrait obtenir dans un four; ce sont aussi celles sur lesquelles a porté toute notre attention et dont nous avons reproduit les résultats pl. I et II.

Nous n'avons essayé l'hydrogène, la vapeur d'eau, l'oxyde de carbone qu'en raison de la facilité que présentaient ces expériences où les analyses de gaz sont inutiles; il était d'ailleurs intéressant de s'assurer si les gaz neutres CO^2 et H^2O, ou réducteurs CO ou H, avaient les mêmes effets, attendu que les atmosphères de fours contiennent toujours des mélanges des uns et des autres entre lesquels s'établit un équilibre.

Les résultats les plus intéressants, trouvés comme couleurs simples, sont réunis dans le tableau (Pl. II).

Une seconde série de recherches a porté sur les couvertes ferrugineuses. Cette étude était la suite et le complément de nos travaux sur l'influence du fer sur les pâtes et couvertes : elle aura d'ailleurs un intérêt pratique de plus en plus grand, à mesure que la porcelaine et l'industrie des grès feront usage de matières premières moins pures, c'est-à-dire plus ferrugineuses. Or, telle est bien la tendance actuelle dans certaines branches de la céramique; la porcelaine depuis peu a pris place dans les matériaux de construction avec les briques de porcelaine de M. Mouret et avec les grès architecturaux de M. Bigot : or ces bri-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ques exigent des matières premières peu coûteuses pour entrer en concurrence avec la faïence, elles sont donc un peu ferrugineuses et pourront l'être beaucoup plus, le jour où, ne se limitant plus à la brique blanche, on cherchera à produire les briques colorées comme sont les revêtements de faïence. Dès lors il sera nécessaire d'utiliser l'action colorante des oxydes non plus seuls, mais combinés au fer. On voit par là l'intérêt de notre étude et le mobile qui l'a inspirée : c'est, si l'on veut, l'étude des *couleurs simples de grand feu, dans le cas des porcelaines très communes* et des grès de construction.

Nous avons fait sur ces couvertes ferrugineuses la même série d'essais que sur les précédentes. Celles à 1 p. 100 de métal colorant ont été additionnées de 1 p. 100 de fer, celles à 3 p. 100 de 3 p. 100 de fer. Les atmosphères étaient les mêmes, les essais étant faits en général dans le même tube.

Les résultats les plus intéressants sont consignés dans le tableau (Pl. II).

Après cette double étude théorique, nous avons cherché, dans la mesure où l'outillage des laboratoires le permet, à réaliser les conditions ordinaires de la cuisson, à faire un essai industriel en petit, de façon à juger de la portée éventuelle de nos études et à leur donner un commencement de sanction pratique.

A cet effet nous avons refait la cuisson de toutes nos plaques colorées, *à feu nu*, dans le four Bigot, en surveillant seulement de la façon la plus méthodique l'admission du gaz et l'atmosphère de cuisson. Une cuisson a été faite au feu d'oxydation avec une teneur minima de 5 à 6 p. 100 d'oxygène dans les fumées; cette composition a pu être maintenue très constante depuis le début de l'expérience jusqu'à la période de plein feu, mais il a été difficile de la maintenir pendant le refroidissement, en raison de l'entrée inévitable d'air dans le four, après l'extinction du gaz.

Une seconde cuisson a été faite au feu de réduction avec excès de gaz correspondant à 4 p. 100 d'oxyde de carbone dans les fumées; l'atmosphère a pu être maintenue constante pendant la durée du plein feu, mais le réglage était moins facile au début et à la fin. Dans le four Bigot, en effet, on n'est maître de l'admission d'air que par l'action qu'on peut avoir sur le tirage à la cheminée, ce qui rend le réglage presque impossible, tant que le régime du four n'est pas établi.

Ces deux essais permettent à peu près d'apprécier ce que l'on pourrait attendre du grand feu par une conduite méthodique des fours, en supposant qu'on y applique le chauffage par combustibles gazeux.

Enfin, nous avons essayé quelques cuissons *en vase clos avec atmosphères définies*, non plus sur des plaquettes de 3 ou 4 centimètres, mais sur des objets de porcelaine courants : nous nous sommes procuré des coquetiers biscuits de Limoges : la dilatation de la pâte de Limoges étant presque rigoureusement égale à celle de la couverte de Sèvres, nous avons pu appliquer sur ce biscuit les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

barbotines qui nous avaient servi sur les plaquettes, et obtenir un excellent glaçage. Ces coquetiers ont été cuits dans des creusets de grès au fond desquels nous faisions arriver par un tube de porcelaine un courant gazeux de composition connue, oxygène, acide carbonique ou gaz réducteurs, et que nous chauffions au four Bigot.

Le dispositif adopté, bien que loin encore d'une réalisation industrielle, nous permettait de voir si l'on pouvait reproduire les tons de nos palettes, bien qu'en se plaçant dans des conditions moins rigoureuses que celles des essais de couleurs dans nos tubes de porcelaine.

L'ensemble de ces essais nous a donné environ 400 couvertes colorées, d'intérêt très variable, et qu'en tout cas il était impossible de reproduire ici : aussi serons-nous obligé de donner une simple description de la plupart d'entre elles.

Nous décrirons d'abord la suite de nos essais, métal par métal, qu'il soit employé seul ou avec du fer : ce sera la monographie de chaque oxyde colorant. Puis nous examinerons plus attentivement les plus intéressantes des couleurs obtenues dans les atmosphères moyennes (air, acide carbonique, gaz peu réducteurs) avec les oxydes employés seuls : ce sera la palette des couleurs simples de grand feu (Pl. I). — Le même examen s'appliquant aux couvertes ferrugineuses donnera la palette des couleurs simples de grand feu communes (Pl. II). Nous terminerons en examinant la question des applications industrielles, tant par la critique des résultats obtenus en petit, que par la recherche des moyens à prendre pour passer à une réalisation plus en grand, et de la méthode qui permettrait de poursuivre l'intéressant problème industriel de la décoration au grand feu.

§ 3 — **Expériences sur les oxydes pouvant être employés comme colorants. — Monographies de ces oxydes.**

1° *Manganèse.* — Le manganèse est employé actuellement, associé au fer, pour la production du brun roussâtre dit écaille, l'une des couleurs de grand feu les plus faciles à obtenir ; seul il n'est pas doué de propriétés colorantes fort intéressantes, ou du moins ne fait pas partie de la palette habituelle de grand feu. Cependant son action sur les colorations par le fer, le rôle qu'il joue d'autre part dans les couleurs feu de moufle, enfin les colorations qu'il donne aux perles dans les essais au chalumeau, nous ont fait penser qu'il pouvait avoir une coloration propre, même au grand feu, et nous ont conduit à l'essayer en atmosphères définies.

Ce métal a été introduit par une dissolution titrée d'azotate de manganèse, d'où le manganèse était précipité par l'ammoniaque et l'eau oxygénée à ébullition; dans le cas de mélange de fer et manganèse, les deux métaux, introduits sous

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la même forme d'azotates, étaient précipités ensemble de la même manière.

Le manganèse n'a pas un pouvoir colorant très grand; ainsi, à la dose de 1 p. 100 nous avons obtenu le blanc dans toutes les atmosphères, sauf les gaz extra-réducteurs, hydrogène ou oxyde de carbone, qui réussissent à réduire l'oxyde en donnant une teinte grise. A cette faible teneur, le seul fait à observer est la plus grande blancheur de la couverte, en atmosphère réductrice que dans l'air qui donne une nuance rosée, ou dans l'acide carbonique qui donne un léger gris; ces faits se sont vérifiés dans les essais à feu nu.

A 3 p. 100 les colorations s'accentuent (Pl.I) et en outre sont remarquablement différentes suivant les atmosphères. La cuisson à l'air donne un rose violacé très foncé, tandis que l'acide carbonique donne un rose jaunâtre faible, et l'oxyde de carbone un gris. Le rose violacé de la cuisson oxydante a un réel intérêt, en raison de la pauvreté de la palette en tons de ce genre, et a confirmé nos prévisions sur le rôle du manganèse comme couleur de grand feu; aussi avons-nous tenté de le reproduire sur un des essais de coquetier, et nous avons complètement réussi (1). Les autres tons de manganèse à 3 p. 100 varient d'une façon continue du blanc au gris.

Associé au fer, le manganèse donne facilement le brun écaille pour une teneur sensiblement inférieure à celle qu'indique Brongniart dans son *Traité des arts céramiques*. En outre il semble que le manganèse accentue les différences entre les différentes couleurs que le fer est susceptible de donner. Dans l'air, même à la teneur de 1 p. 100, on obtient un jaune beaucoup plus franc que celui du fer seul; dans l'acide carbonique, la réduction de l'oxyde ferrique en oxyde magnétique serait facilitée, si l'on en juge par le noir presque parfait qu'on obtient à la teneur de 3 p. 100; enfin les céladons de fer prennent une transparence et une limpidité ne le cédant en rien aux beaux céladons chinois (Pl.II). Cette dernière nuance a pu être reproduite dans un des essais sur les coquetiers au four Bigot.

La cuisson à feu nu a confirmé les résultats obtenus; le brun écaille surtout est très bien venu, les autres nuances sont moins nettes et fondues que dans les atmosphères définies.

Le manganèse se présente donc comme une couleur, et surtout comme un utile auxiliaire du grand feu; l'emploi en est rendu difficile par la mobilité de

(1) Le rose de manganèse a un autre intérêt comme donnant une explication très vraisemblable du rôle que ce métal joue en verrerie. Le bioxyde de manganèse, savon des verriers, ajouté dans une potée de verre au moment du travail, c'est-à-dire quand l'atmosphère du four est généralement très oxydante, donne naissance dans la masse à cette teinte rosée qui, étant complémentaire de la nuance verte qu'on veut faire disparaître, donne le blanc; peut-être encore la sensibilité du manganèse aux atmosphères de four explique-t-elle comment les verriers lui préfèrent souvent le nickel, dont la coloration brune est moins exactement complémentaire du vert, mais est beaucoup plus fixe, ainsi que nous le verrons.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ses tons, mais si l'on opérait en atmosphère définie, il semble probable qu'il faciliterait les actions oxydantes et réductrices, et l'éclosion des couleurs données par les métaux auxquels il serait associé.

2° *Nickel.* — Ce métal est employé en céramique pour obtenir des bruns.

Nous l'avons introduit par une liqueur titrée d'azotate, d'où il a été précipité par addition d'ammoniaque et d'oxalate d'ammoniaque; la même méthode s'applique au mélange de nickel et fer; après précipitation, la barbotine a été évaporée à sec puis broyée de nouveau.

Le nickel est une des plus fixes des couleurs de grand feu ; les teintes obtenues dans l'air et dans l'acide carbonique sont à peu près identiques, et pour que la nuance change il faut un mélange franchement réducteur ; il a d'ailleurs un pouvoir colorant suffisant pour que la teneur de 1 p. 100 donne des tons assez foncés.

Dans l'air, l'acide carbonique, la vapeur d'eau, le nickel, qu'il soit seul ou combiné au fer, donne des bruns différant peu les uns des autres comme tonalité; le plus foncé, obtenu par le mélange de fer et nickel à 3 p. 100 dans un courant d'acide carbonique, est presque noir et manque de transparence. Lorsque l'atmosphère est rendue un peu réductrice, les bruns se fondent et tournent au gris par nuances insensibles ; nous avons fait un grand nombre d'essais sur le nickel et obtenu une gamme régulière passant du brun au gris, donnant le plus joli gris à la teneur $\frac{CO}{CO^2} = \frac{1}{2}$. Dans les gaz réducteurs purs le ton devient très foncé, presque noir. Avec le fer associé au nickel nous avons obtenu, dans les gaz réducteurs, des gris pailletés de points métalliques d'un joli effet, comme si le nickel y était précipité par le fer, à l'état métallique.

A feu nu, dans le four Bigot, les bruns comme les gris sont faciles à reproduire ; ils sont cependant moins fondus que dans des atmosphères définies.

Un essai fait sur un coquetier de Limoges a donné un bon résultat, comme ton gris en feu réducteur, et c'est dans ces conditions, c'est-à-dire en réducteur, que le nickel pourra donner les plus jolis effets.

3° *Chrome.* — Le chrome est un des oxydes les plus employés dans la décoration céramique ; il donne en effet des tons très variés, soit qu'il soit employé seul (vert de chrome), soit qu'il soit combiné au fer (brun de chrome), soit sous forme de chromates donnant des roses, des jaunes, etc.

La plupart de ces couleurs résistent très bien au feu de four, et l'oxyde de chrome ne se réduisant pas, même dans les atmosphères extrêmes, l'oxyde de carbone par exemple, elles ont la réputation d'être les plus stables des couleurs de grand feu.

L'expérience nous a montré que cette réputation est très surfaite et que les couvertes chromifères sont sensibles aux variations d'atmosphères, beaucoup

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

plus en tout cas que le cobalt et même le nickel. Non seulement les nuances changent, mais la couleur elle-même peut le faire, comme il arrive pour les dissolutions des sels de chrome : nous avons pu en effet obtenir, exceptionnellement il est vrai, dans un courant d'hydrogène, une couverte d'un joli violet analogue à celui du sesquichlorure anhydre.

Les résultats donnés pour le chrome (introduit comme toujours par précipitation d'un chlorure de chrome titré par l'ammoniaque suivi de dessiccation et rebroyage) ont été les suivants.

Le chrome seul, donne dans un courant d'air un vert foncé noirâtre sans grand éclat; dans l'acide carbonique, le vert s'éclaircit, mais c'est surtout dans une atmosphère un peu réductrice qu'il prend toute sa valeur, donnant un *vert pré* tendre. Ce fait s'est vérifié pour toutes les teneurs.

Quand le chrome est associé au fer, l'influence des atmosphères est plus sensible encore. Le brun obtenu dans l'air, par la proportion adoptée de mélanges égaux du fer et du chrome, est presque noir, sans transparence ni chaleur; dans l'acide carbonique, la teinte s'éclaircit, et dans le mélange réducteur nous avons obtenu un brun chocolat très clair, assez agréable, et qui, nous le croyons, pourrait être de ressource dans la palette de grand feu.

Lorsqu'on augmente la proportion de gaz réducteur, les nuances changent peu, et nous avons pu vérifier la non-réductibilité des couvertes chromifères. C'est donc au voisinage de l'atmosphère neutre, lorsqu'on ajoute à l'acide carbonique soit un peu de gaz réducteur, soit un peu d'oxygène, que l'influence des gaz serait le plus sensible sur les colorations. Ceci expliquerait les difficultés que l'on éprouve à produire de jolis verts de grand feu et surtout à reproduire exactement un vert de chrome donné (1).

La suite de nos essais n'a fait que confirmer ces résultats : la cuisson à feu nu nous a donné en oxydant comme en réducteur des teintes inégales et mal fondues; celle que nous avons reproduite (Pl. II) montre bien la sensibilité aux moindres inégalités d'atmosphère. Au contraire la cuisson en vase clos d'un coquetier nous a permis de reproduire exactement le ton vert pré de notre palette.

Ainsi, ce qui distingue le chrome, c'est à la fois la variété des couleurs de grand feu qu'il peut donner, mais la sensibilité de ses tons au voisinage de l'atmosphère neutre. Cette propriété, qui est un obstacle à son usage actuel, pourrait devenir un avantage si les cuissons se faisaient en atmosphères homogènes définies, enrichissant la palette de couleurs assez neuves.

4° *Urane*. — L'urane est bien connu des fabricants de porcelaine, non seulement parce qu'il est la base des jaunes de grand feu, mais parce qu'il sert de témoin

(1) Nous avons eu l'occasion de voir deux assiettes décorées au grand feu avec les mêmes couleurs, mais cuites dans des fours différents. Les tons en étaient généralement différents, mais c'est surtout sur les verts de chrome que les écarts étaient sensibles.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans les fours de cuisson, pour révéler si l'atmosphère est oxydante ou réductrice.

Cet emploi comme indicateur semble indiquer que l'urane serait plus sensible qu'aucun autre à la variation des atmosphères : c'est ce que l'expérience nous a pleinement confirmé. Il n'est pas besoin, pour que le jaune disparaisse, d'une atmosphère réductrice; un gaz neutre suffit, et nous avons pu, dans le courant d'acide carbonique, obtenir des noirs d'urane du ton le plus foncé. L'urane est donc bien le meilleur des indicateurs, puisqu'il saisit exactement le passage d'oxydant en réducteur, l'atmosphère neutre, par une teinte noire facile à saisir, la plus foncée de toute la palette; mais en raison de cette sensibilité même, les jaunes d'urane ont la réputation d'être très difficiles à obtenir. Il était donc intéressant de préciser les conditions de sa cuisson.

L'urane a été introduit en le précipitant d'une solution de sel uranique, l'acétate, par un excès d'ammoniaque, évaporant à sec et rebroyant. De même l'urane et le fer ont été précipités ensemble par l'ammoniaque.

Dans un courant d'air, nous avons toujours obtenu avec l'urane seul à 1 p. 100 ou 3 p. 100 un jaune très franc, et l'avons réussi aussi bien sur nos essais de coquetiers cuits en vase clos que dans des tubes. Dans l'acide carbonique et la vapeur d'eau, nous avons, à différentes reprises obtenu le noir d'urane, mais quelquefois aussi le gris tel qne nous l'avons reproduit (Pl. I), sans qu'il nous ait été possible de préciser les conditions permettant d'obtenir à volonté l'un ou l'autre.

En mélange réducteur, on obtient, à 3 p. 100 d'urane, un vert très foncé, plus chaud que le vert de chrome, qui s'éclaircit pour tourner au gris dans l'oxyde de carbone; à la teneur de 1 p. 100, les mêmes couleurs se retrouvent moins foncées, assez cependant pour qu'on puisse compter l'uranium comme ayant en céramique un pouvoir colorant assez intense.

Combiné au fer, l'urane donne des tons passant du jaune brun au brun foncé, puis au vert, au céladon et au gris, par nuances insensibles; la plus intéressante des couleurs obtenues est le *noir* d'urane, un peu moins franc que celui que donne l'urane seul, mais qui paraît doué de plus de fixité.

La cuisson à feu nu nous a donné des couleurs très inégalement réparties, et surtout un vilain jaune, malgré le grand excès d'air maintenu pendant toute la cuisson, nouvelle preuve de la sensibilité des couleurs d'urane.

Il résulte de tous ces essais que ce métal peut donner des tons riches et variés, le jaune, le vert, le noir.

Le noir est une couleur fugitive, difficile à reproduire; les verts s'obtiennent aisément, mais pour réaliser un ton donné, il faut une atmosphère rigoureusement définie. Seul le jaune s'obtient facilement et à coup sûr, pourvu que l'atmosphère de cuisson ne contienne que de l'air ou de l'oxygène : l'acide carbonique ou du moins le rapport de l'oxygène à l'acide carbonique ont une action sur ce jaune et le rendent très difficile au feu de four. Il faudrait, pour en être sûr,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

une cuisson en vase clos dans l'air, un moufle de grand feu si cela était possible.

5° *Cuivre.* — Le cuivre est de tous les oxydes colorants celui qui offre le plus de ressources, puisqu'il donne le vert, le rouge, le bleu lorsqu'il est employé seul, et, combiné avec le fer, le rouge, le brun, le violet. Mais, en raison même de cette variété, les couleurs de cuivre sont celles qu'il est le plus difficile de saisir. Seule la nuance verte est facile à réussir; les bleus et les violets sont très fugitifs, et quant aux rouges, on sait combien ils ont fait travailler les céramistes; si, en faïence, on arrive maintenant à produire le rouge d'une façon courante (citons ceux de Dalpeyrat, Lachenal, Jean, etc.) ce n'est que par des artifices de cuisson, des recettes de compositions d'émaux tout empiriques et fort complexes : le déchet est encore considérable, et il est très rare que ces rouges soient en teintes plates bien égales. En porcelaine, la question est moins avancée encore; ce n'est que depuis les si remarquables travaux de M. Vogt que l'on a pu obtenir à Sèvres le rouge chinois dont la formule est très compliquée, et l'on ne saurait encore y compter comme couleur de grand feu. Au cours de nos expériences, nous avons en différentes circonstances produit de beaux rouges de cuivre, mais sans devenir maîtres de leur reproduction certaine. Il n'est cependant pas inutile de rapporter ici nos observations.

Disons d'abord que la question de la nature du rouge de cuivre n'est pas, à notre connaissance, tranchée d'une façon décisive. Est-il dû au cuivre métallique précipité dans la couverte et comparable au rose d'or, au gris de platine? Provient-il, au contraire, de l'oxydule de cuivre tenu en suspension dans la couverte ou donnant après fusion un silico-aluminate rouge comme lui? Nous pensons que les deux hypothèses sont également vraies, et qu'il existe deux sortes de rouge de cuivre, le rouge d'oxydule plus terne, un peu lie de vin, le rouge de cuivre, métallique plus vif, presque rouge sang, beaucoup plus transparent que le premier. Le premier est celui que nous avons obtenu assez facilement pour des teneurs de 2 p. 100 et 5 p. 100 d'oxydule de cuivre, avec cuisson en atmosphère réductrice et même en atmosphère neutre, pourvu que la cuisson ne soit pas trop prolongée (1).

Le rouge de cuivre vif est, au contraire, beaucoup plus fugace et difficile à reproduire; il apparaît le plus souvent par taches, et non par teintes plates; quelquefois nous l'avons eu au milieu de plaquettes dont les bords étaient tout à fait décolorés ou jaunes, donnant en quelque sorte l'impression d'un précipité soluble dans un excès de réactif et qui commence à se dissoudre. Nous n'avons d'ailleurs obtenu ce rouge vif que dans les couvertes contenant du fer (la couverte de Chine, et la couverte de Sèvres additionnée de 5 p. 100 de Cu^2O et 3 p. 100 Fe^2O^3), jamais dans les couvertes colorées par le cuivre seul, qu'elle qu'ait

(1) Dans le cas d'une cuisson prolongée, le rouge disparaît en général, laissant une couverte blanche où la présence du cuivre ne se manifeste d'aucune manière (Pl. I).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

été la marche de la cuisson, quelque réducteur qu'ait été le gaz. Enfin, pour l'obtenir, il n'est pas nécessaire de faire la cuisson dans une atmosphère constamment réductrice, les meilleurs résultats nous ont même été donnés par une cuisson d'abord réductrice, suivie du coup de feu et du refroidissement en atmosphère neutre ou même oxydante.

Ces différentes observations nous ont fait supposer que le beau rouge de cuivre pouvait être dû à une précipitation de cuivre métallique dans la couverte fondue, sous l'action d'un corps ramené à un état inférieur d'oxydation (le protoxyde de fer, par exemple) et agissant comme réducteur. Ce cuivre précipité, qui donne le rouge, serait soluble dans la couverte et sa dissolution entraînerait la destruction du rouge. Le beau rouge serait obtenu en arrêtant la cuisson au moment où le cuivre a été précipité, mais n'a pas encore été redissous.

Quelle que soit la valeur de cette hypothèse, elle rend du moins compte des difficultés de production du rouge de grand feu, difficultés qui ne sont pas encore résolues.

Les autres couleurs de cuivre, que nous avons obtenues par la suite régulière de nos recherches, ont été plus fixes et faciles à réaliser.

Nous avons ajouté le cuivre sous forme de sous-oxyde rouge, obtenu par précipitation du chlorure cuivreux par le glucose à ébullition. Il nous a paru préférable ici de ne pas faire la précipitation au sein de la barbotine, car elle est toujours incomplète, ce qui a le double inconvénient de laisser une incertitude sur l'addition vraie de cuivre et de colorer la pâte. Mais nous avons pratiqué le mélange par broyage sous l'eau, ce qui donne des barbotines très homogènes pourvu qu'on y mette le temps. Le fer a été ajouté de même, sous forme d'oxyde précipité et calciné à l'avance. Les proportions de métaux colorants ont été : 2 p. 100 et 5 p. 100 de Cu^2O; puis 5 p. 100 de Cu^2O avec 3 p. 100 de Fe^2O^3 ; 5 p. 100 Cu^2O avec 5 p. 100 de Fe^2O^3, avec addition tout empirique de 8 p. 100 de borate de zinc spécialement destiné à favoriser la production du rouge.

Le cuivre en atmosphère d'air donne, d'une façon régulière et très sûre, le vert bien connu, très limpide et transparent à la teneur de 3 p. 100, plus foncé, mais encore limpide à la teneur de 5 p. 100. En atmosphère neutre, et en partant comme nous l'avons fait de l'oxydule, nous avons obtenu généralement le rouge vineux, sauf pour la couverte à 3 p. 100, qui, par une longue cuisson est repassée en blanc. Ce rouge se maintient dans des atmosphères assez réductives tournant au gris ; on obtient des gris sans éclat, sans intérêt, dans l'oxyde de carbone et l'hydrogène.

L'hydrogène ne donne pas les mêmes tons que l'oxyde de carbone. D'autre part, la vapeur d'eau nous a donné un joli vert, tandis que l'acide carbonique donnait le rouge. Il n'y a donc pas, pour le cuivre, similitude d'effets entre les mélanges à base de carbone et ceux à base d'hydrogène, ce qui complique encore

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la question des couleurs de cuivre, puisque les atmosphères de four contiennent toujours carbone et hydrogène, vapeur d'eau et acide carbonique.

Le cuivre et le fer donnent dans l'air un brun limpide éclatant, l'un des plus jolis que nous ayons obtenus ; en atmosphère neutre, nous avons eu un rouge qui, sans être très vif, se rapproche cependant du vrai rouge de cuivre. Les atmosphères réductrices, l'hydrogène et l'oxyde de carbone, ont donné des gris sans intérêt.

Les essais de cuisson, soit à feu nu, soit en vase clos, ont confirmé tous les résultats précédents. Au four Seger, nous avons bien reproduit le vert, mais l'influence du mélange d'acide carbonique, de vapeur d'eau, de tous ces gaz qui ont chacun une action différente, s'est fait sentir et le vert est moins franc, moins limpide. Au contraire, sur le coquetier de Limoges, nous avons pu, en vase clos, dans un courant d'oxygène, reproduire exactement le vert de notre palette. Les bruns ont plus de stabilité et peuvent constituer (s'ils ne le font déjà) de bonnes couleurs de grand feu, au feu de four. Quant aux rouges, ils restent très difficiles à saisir.

La plaquette que nous avons figurée (Pl. II) donne l'idée des inégalités que l'on ne peut éviter au feu de four ; l'essai en vase clos n'a pas été beaucoup plus satisfaisant, il n'a donné que des gris sans intérêt.

6° *Cobalt.* — Le cobalt, sur lequel nous avons peu à revenir, donne la plus fixe des couleurs de grand feu ; c'est aussi le colorant le plus intense ; il suffirait donc de traces de cobalt ajoutées à une couverte colorée pour obtenir toutes les combinaisons du bleu avec les autres couleurs, et signalons ici l'intérêt qu'il pourrait y avoir à le combiner avec le beau jaune d'urane, avec les bruns de cuivre ou de chrome, en opérant en atmosphères définies.

La suite de nos essais ne nous a fait étudier cette loi de combinaison des couleurs que pour un seul métal, le fer ; elle s'est bien vérifiée.

En ajoutant à la couverte, à 1 p. 100 de fer qui en oxydant donne le jaune, 1/2 p. 100 de cobalt, nous avons bien obtenu un bleu verdâtre, tandis que le même mélange donnait un bleu très franc en atmosphère réductrice. Tout permet donc de présumer qu'en ajoutant des traces de cobalt aux différentes couleurs simples, on obtiendrait des couleurs composées faciles à réaliser et à prévoir, pourvu toujours que les atmosphères soient définies.

7° *Or, platine, argent.* — Les métaux précieux, or, platine, argent, ne sont pas très employés dans les couvertes céramiques, du moins au grand feu. Cependant l'or donne un joli rose, résistant bien au four. D'après des essais, faits par M. Le Chatelier, le platine a aussi la propriété de se dissoudre dans les silicates, donnant un verre fumé parfaitement limpide au feu de réduction ; enfin, l'argent est un colorant précieux dans la vitrerie et donne les verres jaunes des vieux vitraux. Il était donc intéressant de les étudier, mais il nous a paru inutile

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de faire les mélanges avec le fer de ces oxydes qui ne serviront jamais à la décoration des porcelaines communes; nous ne les avons donc employés que purs et à une seule teneur de 2 p. 100.

Le platine, introduit par le chlorure double de platine et ammoniaque, d'où le métal a été précipité par ébullition avec du formiate d'ammoniaque, a donné des gris noirâtres dans toutes les atmosphères; mais il ne semble pas s'être dissous dans la couverte, car les tons obtenus manquent de transparence. L'or, introduit par une dissolution titrée de chlorure d'où le métal a été précipité par le formiate d'ammoniaque, a donné des roses, celui de l'atmosphère oxydante était le plus joli. Il semble donc que, malgré son inaltérabilité, ce métal, pas plus que le platine, n'échappe complètement à l'influence des atmosphères de cuisson.

L'argent y est beaucoup plus sensible. Ce métal introduit dans la barbotine sous forme de cyanure, en précipitant le métal d'une dissolution titrée de nitrate d'argent, a donné deux tons très nets. Dans l'air comme l'acide carbonique on obtient le blanc; en atmosphère réductrice on obtient un jaune intéressant parce qu'il est le seul de notre palette réductrice, moins éclatant il est vrai que les jaunes d'urane et que ceux des vitres colorées.

8° *Antimoine.* — L'antimoine est assez employé dans les couvertes de faïence : il l'est aussi en gobeletterie, sans que son rôle ait été scientifiquement précisé. Pour le grand feu, en raison de la volatilité de son oxyde, ce métal ne semble pas pouvoir jouer un rôle bien intéressant; les couvertes qui en contiennent se boursouflent et glacent mal. Nous avons cependant préféré en poursuivre l'étude et avons réussi à obtenir quelques plaquettes bien glacées, surtout en atmosphères réductrices. Il a été introduit par simple mélange d'acide antimonique.

Dans l'air, l'acide carbonique et même les gaz peu réducteurs, l'antimoine seul nous a donné le blanc, passant du jaunâtre au bleuâtre à peine sensibles; le seul fait à signaler est le plus grand éclat des couvertes, qui prennent un peu l'apparence d'une couverte plombifère. La réduction de l'oxyde d'antimoine ne se manifeste, en donnant naissance à une teinte grise, que dans des atmosphères franchement réductrices, à 60 p. 100 d'oxyde de carbone. Ce gris devient de plus en plus foncé, et passe tout à fait au noir quand on se rapproche des atmosphères d'hydrogène pur ou d'oxyde de carbone pur.

Associé au fer dans la couverte, l'antimoine, comme nous l'avons déjà vu du manganèse, favorise la production des tons du fer et accentue les différences entre les atmosphères, c'est ainsi que le jaune et le céladon sont plus purs et plus faciles à obtenir qu'avec le fer seul. Telle serait peut-être, avec l'éclat que ce métal donne à la couverte, la raison d'être de son emploi en porcelaine.

9° *Titane.* — Le titane est tout à fait à l'ordre du jour dans la décoration des porcelaines et des grès, depuis que l'on a obtenu par son emploi ces émaux cris-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tallisés d'un si joli effet (1). Au point de vue des couleurs de grand feu, il ne présente pas un moindre intérêt, donnant, surtout lorsqu'il est combiné avec un peu de fer comme dans le rutile, un très beau jaune. Enfin il a été le point de départ de toute une série de couleurs de grand feu nouvelles étudiées à Limoges par M. Peyrusson.

Aussi y avons-nous consacré une double série de recherches : la première en partant des produits purs de laboratoire, acide titanique pur, et oxyde de fer précipité pur; la seconde en opérant comme en industrie par addition de rutile et d'un minerai de fer titané. Toutes ces additions ont été faites par simple mélange, mais en apportant à la pophyrisation et au mélange d'autant plus de soin que le fer titané et le rutile sont denses et ont tendance à se séparer de la couverte.

Nos recherches, effectuées toujours selon le même programme, c'est-à-dire en ne faisant à la couverte de Sèvres que de faibles additions (1 p. 100 et 3 p. 100), ne nous ont pas donné de résultats bien intéressants, les teintes obtenues ont été faibles et peu variées. Il semble que le titane n'ait pas par lui-même un pouvoir colorant élevé et ne puisse nullement être comparé aux oxydes colorants que nous avons étudiés jusqu'ici; il faut, pour obtenir de nouvelles couleurs, une forte teneur en acide titanique; ce sont en un mot les silico-titanates qui, combinés à d'autres oxydes, donnent une gamme de tons très différente des silicates de ces mêmes oxydes. Mais l'addition d'acide titanique modifie beaucoup la dilatation et surtout la fusibilité de la couverte à laquelle on l'ajoute, au point que, même dans les limites très restreintes où nous avons opéré, nous avons eu beaucoup de peine à glacer convenablement. L'emploi à forte teneur de l'acide titanique implique donc une modification de la couverte qu'il nous a été impossible d'étudier.

Aux teneurs de 1 p. 100 et de 3 p. 100 nous avons obtenu le jaune assez pur, mais très clair, aussi bien avec l'acide titanique seul qu'avec le rutile : de même dans l'acide carbonique. En atmosphères réductrices, cette coloration disparaît. Dans les courants d'hydrogène et d'oxyde de carbone se sont produits des tons bleus, intéressants en ce qu'ils montrent que les atmosphères réductrices sont favorables à la production du bleu de titane.

10° *Vanadium, tungstène, molybdène.* — Bien que les métaux : vanadium, tungstène, molybdène n'aient encore reçu aucune application industrielle, nous avons profité de notre appareil pour rechercher le rôle et l'utilisation de ces corps dans la décoration au grand feu. Rien ne nous interdisait d'espérer quelques couleurs nouvelles, en opérant comme nous le faisions en atmosphères

(1) M. Vogt, à la Manufacture de Sèvres, a étudié le premier en France ces émaux cristallisés. M. Bigot a poursuivi l'étude et obtenu des effets aussi remarquables par la douceur des tons dans les émaux mats que pour l'agrément de ses cristallisations arborescentes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

définies, et surtout dans des gaz réducteurs, puisque semblable étude n'a pas été faite. D'ailleurs nos essais antérieurs nous ayant montré qu'il y a souvent similitude entre les colorations des précipités donnés par un métal et celles des couvertes colorées par ce même métal, il n'était pas impossible de retrouver les beaux bleus et violets de voie humide que donnent le molybdène, le tungstène et le vanadium.

Ajoutons que le vanadium qui, il y a un an à peine, eût été inabordable en raison de son haut prix, est devenu une substance industrielle depuis que l'on a trouvé ce métal en abondance dans des centres d'anthracite du Chili : M. Hélouis, qui a fait connaître cette nouvelle source de vanadium à la Société d'Encouragement, lui voit même un débouché dans la décoration céramique et, l'ayant essayé sur des couvertes de grès, en a obtenu de jolis effets.

Dans les conditions de nos expériences, c'est-à-dire aux teneurs de 1 p. 100 et 3 p. 100 de vanadium mêlé à la couverte de Sèvres, nous n'avons obtenu aucune couleur neuve, et n'avons pu reproduire les tons verts d'or de M. Helouis, sans doute en raison des différences de compositions des couvertes. Le vanadium a bien un pouvoir colorant élevé, mais les tons qu'il donne ne sortent pas des aunes et des bruns en atmosphère oxydante, des gris en atmosphère réductrice. Le gris de vanadium à 1 p. 100, en atmosphère réductrice à 15 p. 100 de $\frac{CO}{CO^2}$, offre un certain intérêt, sans être supérieur au gris de nickel.

A 3 p. 100, en atmosphère neutre, nous avons eu un brun très foncé, tournant à un noir presque aussi foncé que le noir d'urane dans une atmosphère réductrice, L'addition de fer rend la couverte plus foncée encore. Plus fixe que le noir d'urane, ce noir de vanadium pourra rendre des services d'autant que le fer ne nuisant pas, la simple addition de cendre brute vanadifère pourrait le donner.

Ajoutons que dans une cuisson à feu nu (four Bigot), nous avons eu une plaquette tendant au bleu et semblant indiquer que, dans des conditions que nous n'avons pas su réaliser, le vanadium pourrait avoir, surtout si on le combinait avec d'autres bases, une palette beaucoup plus riche que celle que nous avons trouvée.

Le molybdène ajouté sous forme d'acide molybdique, aux mêmes teneurs de 1 p. 100 et 3 p. 100, a donné le blanc dans les atmosphères oxydantes, neutres et réductrices jusqu'à 15 p. 100 ; combiné au fer, il donne des tons jaunes bruns et gris sans intérêt. Les seules nuances remarquables sont celles obtenues par les gaz réducteurs presque purs et surtout l'hydrogène : ce sont des tons noirs bleuâtres à reflets métalliques très accentués qui, sans la difficulté que présente leur réalisation, pourraient rendre de réels services dans la décoration de la porcelaine et de la faïence, en raison de la vogue actuelle peut-être exagérée des reflets métalliques.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le tungstène nous a donné à peu près les mêmes tons que le molybdène dans les atmosphères moyennes, le blanc que l'on obtient est seulement un peu bleuté; mêlé au fer, il a donné des jaunes bruns et un céladon moins joli que ceux d'antimoine et de manganèse : les gaz réducteurs donnent des gris assez pâles.

§ 4. — Discussion des résultats.

1° *Résultats généraux.* — Les résultats généraux de l'étude que nous venons de décrire en détail sont entièrement semblables à ceux que nous avaient donnés nos essais sur le fer et le cobalt, et par suite conformes à nos prévisions. Ils établissent nettement :

1° L'influence des atmosphères sur les colorations, lesquelles varient d'une façon presque continue avec la composition du gaz au contact duquel se fait la cuisson.

2° L'uniformité des teintes et la fixité des tons lorsqu'on opère en atmosphère définie et constante, sauf quelques rares exceptions que nous avons signalées.

3° L'incertitude et l'inégalité de la plupart des couleurs lorsqu'on opère à feu nu, quelque soigneusement que soit conduite la cuisson et malgré un contrôle incessant de la combustion et du gaz.

4° Enfin la richesse et la variété de tons que l'on peut obtenir par les oxydes colorants même sous la forme la plus élémentaire, par addition d'un oxyde, à faible dose, et sans mélange, à la couverte ordinaire.

Ces résultats n'ont fait que confirmer dans notre esprit l'opinion que nous avions sur les ressources de la décoration au grand feu; aussi, laissant de côté les atmosphères extrêmes telles que l'hydrogène et l'oxyde de carbone, nous a-t-il paru intéressant de réunir dans une palette, pour en donner une reproduction aussi exacte que possible, les meilleures des couleurs obtenues dans les atmosphères qu'on peut espérer réaliser dans les fours, l'air, l'acide carbonique et un mélange peu réducteur à 15 p. 100 de $\frac{CO}{CO^2}$. Les planches coloriés (Pl. I et II) permettent de se rendre compte du résultat obtenu.

2° *Palettes des couleurs simples de grand feu.* — La planche I donne dans les colonnes verticales les couleurs correspondant à une même atmosphère; chaque ligne horizontale donne les différents aspects d'une même couverte soumise à des atmosphères différentes.

La palette d'oxydation est la plus riche, celle du moins qui donne les couleurs les plus vives; en dehors du violet dont le manganèse approche, et du rouge qui manque complètement, toutes les couleurs simples sont représentées,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le vert par le cuivre et le chrome, le jaune par l'urane et le titane, le bleu par le cobalt, le brun par le nickel, le rose par l'or.

La palette neutre est un peu moins éclatante : elle retrouve avec le chrome un vert plus limpide que celui de l'atmosphère oxydante atténuant la perte du joli vert de cuivre; elle gagne le rouge de cuivre.

La palette de réduction se distingue par les tons plus doux; elle n'a plus de jaune, même avec le titane; mais elle gagne un beau vert d'urane et les gris de nickel. Elle s'enrichit surtout du céladon et du brun de chrome lorsqu'on associe aux oxydes colorants un peu de fer, ainsi que va nous le montrer l'examen de la planche II.

3° *Palettes des couleurs de grand feu ferrugineuses.* — La plus intéressante des palettes des couvertes ferrugineuses est celle que donne l'atmosphère réductrice, et en effet le fer semble jouer vis-à-vis de tous les oxydes le rôle que nous avons essayé de préciser pour le cuivre; il favorise la réduction, et comme il ne donne naissance lui-même qu'à une teinte à peine sensible, il ne contrarie nullement les couleurs dont il favorise l'apparition : le vert avec le manganèse, le rouge avec le cuivre, le bleu avec le cobalt y ont tout l'éclat des couleurs simples, le brun de chrome prend une limpidité spéciale, puis viennent les gris de vanadium et de nickel, ce dernier tacheté de mouches métalliques.

En atmosphère oxydante, les bruns dominent : le plus joli est celui du cuivre, très brillant, se substituant au vert de cuivre; le jaune d'urane n'existe plus et donne un brun de peu d'intérêt, le chrome donne un brun assez semblable à celui de nickel. Le cobalt, avec une très petite dose de fer, donne un bleu verdâtre, combinaison du bleu et du jaune de fer.

En atmosphère neutre, deux couleurs sont à signaler, le rouge de cuivre, plus franc et plus fixe qu'aucun de ceux que nous avons obtenus, et le noir d'urane. Le brun de chrome est d'un plus joli ton que par cuisson dans l'air.

4° *Réalisations industrielles possibles de la cuisson méthodique en atmosphère définie.* — Les essais que nous avons poursuivis ne présentent d'intérêt qu'autant que l'on entrevoit la possibilité d'une application : c'est ce qui nous a conduit à faire les essais industriels en petit dont nous avons parlé. Peut-on conclure du succès partiel de cette tentative à la certitude d'un égal succès en industrie? Ce serait prématuré; mais on peut, avec plus de rigueur, comparer les résultats obtenus par les différentes méthodes et en déduire celle qu'il faudrait suivre de préférence dans la réalisation industrielle.

Or, pour obtenir des atmosphères définies, deux moyens peuvent être essayés : 1° faire la cuisson à feu nu, c'est-à-dire dans un four de porcelaine ordinaire, mais à condition de pouvoir y régler exactement la composition des fumées sans que la température en souffre; 2° faire la cuisson en vase clos, en faisant circuler dans l'enceinte où elle s'effectue un courant gazeux de composition connue.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Aucune de ces méthodes n'est actuellement réalisable. Il n'existe pas, en France du moins, de four de porcelaine faisant le chauffage par combustible gazeux et possédant par conséquent les registres de gaz comburant et combustible nécessaires au réglage, c'est un obstacle à la première solution. Le chauffage en vase clos n'est pas davantage possible, car il n'existe pas de moufle permettant d'atteindre la cuisson de la porcelaine dure : quant aux essais de cuisson en vase clos dans les fours de porcelaine, déjà tentés par Brongniart en faisant circuler un courant gazeux dans une pile de casettes, ils n'ont jamais donné de bons résultats.

Mais les procédés de chauffage de l'industrie céramique, restés stationnaires depuis de longues années, sont susceptibles de nombreux progrès analogues à ceux qu'a réalisés, depuis quelques années à peine, la verrerie dont les vieux fours à chauffage direct ont disparu : la science du chauffage s'est beaucoup perfectionnée depuis peu, elle est devenue maîtresse des solutions de ses problèmes, et tout permet de supposer que la porcelaine est à la veille d'une transformation de ses fours.

Quelle serait, au point de vue spécial dès couleurs, la meilleure solution?

Cuisson à feu nu en atmosphère définie. — La cuisson au four Bigot ne nous a pas donné de bons résultats, tant en atmosphère oxydante qu'en atmosphère réductrice : les teintes sont inégales et incertaines, malgré une surveillance constante de l'atmosphère par des analyses faites de quart d'heure en quart d'heure. Mais dans ce four, l'admission du gaz seule est facilement réglable : le dosage de l'air, dont l'admission se fait par tirage naturel, est à peu près impossible surtout au début et à la fin de chaque opération, tant que le régime du four n'est pas établi. Est-ce à ces légères variations qu'il faut attribuer le peu de fondu des couvertes? Doit-on y voir une preuve de plus de l'extrême sensibilité des couleurs, subissant l'influence des coups de feu et des inégalités de la flamme, même en maintenant les fumées à composition constante? On ne saurait le dire. Peut-être certaines couleurs telles que le jaune d'urane viendront-elles toujours mal au feu de four; mais il paraît probable que la plupart, et en particulier les couvertes ferrugineuses, les briques de porcelaine colorée, se cuiraient bien à feu nu, pourvu que l'atmosphère soit scrupuleusement surveillée et constante.

Ceci implique l'emploi de fours à gaz munis de tous les registres et appareils de réglage que comportent les fours modernes. Une des conséquences de notre travail est donc d'obtenir une fois de plus l'attention sur la question si intéressante du chauffage au gaz des fours de porcelaine.

La question en céramique est certainement plus compliquée qu'en d'autres industries et qu'en verrerie. Il est en effet difficile de séparer le chauffage au gaz de la question de récupération, liée elle-même à la température. Or la récupération des chaleurs perdues d'un four de porcelaine est double et peut se faire

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

soit sur les fumées, soit sur les produits cuits, la chaleur perdue peut d'ailleurs être employée soit au chauffage de l'air et du gaz, soit à la cuisson du biscuit. Les variables du problème sont donc beaucoup plus nombreuses que dans tout autre four.

Mais l'économie à réaliser actuellement est considérable, sur le combustible, dont la consommation serait diminuée, et en raison surtout de la qualité et du haut prix des charbons employés de nos jours dans les alandiers. A cette économie viendrait s'ajouter probablement une diminution du temps de cuisson et une réduction du déchet. Ce sont des raisons suffisantes pour justifier l'expérience industrielle d'un mode de chauffage qui s'imposera un jour ou l'autre.

Cuisson en vase clos. — La cuisson en vase clos, quel que soit le dispositif adopté, est le moyen reproduisant le plus fidèlement les conditions de nos expériences de laboratoire; aussi n'est-il pas étonnant que nous ayons obtenu sans exception, sauf pour le cuivre, les tons de nos palettes sur les coquetiers de Limoges. En oxydant nous avons eu le jaune d'urane, le vert de cuivre, le rose de manganèse, le bleu de cobalt; en atmosphère neutre, le vert de chrome et le noir d'urane; en atmosphère réductrice à 15 p. 100, le céladon et le gris de nickel.

Comment, industriellement, pourrait-on réaliser ce dispositif du vase clos avec circulation d'un courant gazeux? Puisque l'essai de courant gazeux dans une pile de casettes a échoué, il ne reste plus que le chauffage dans des moufles de dimensions assez restreintes pour que le régime de l'atmosphère de cuisson s'y établisse vite, et se prêtant, par le fait même de ces dimensions restreintes, à des opérations délicates et bien surveillées. Sans doute la cuisson au moufle sera difficilement une méthode de la grande industrie, s'appliquant aux fabrications communes : elle serait trop onéreuse; mais, s'il s'agit de porcelaine fine et de pièces décorées ayant par elles-mêmes une grande valeur, la question du combustible disparaît devant celle du déchet de fabrication, et le moufle trouverait très bien sa place.

Il serait donc très intéressant de trouver un moufle de grand feu pour la porcelaine, c'est-à-dire chauffant à 1 300°. Nous ne croyons pas que la réalisation en soit impossible; elle mérite du moins d'être étudiée.

Ainsi les questions de chauffage se présentent comme la clef de tout progrès céramique important : ce sont elles qui, même au laboratoire avec le gaz d'éclairage comme combustible, nous ont arrêté plus de dix mois aussi bien dans l'étude des dilatations que dans celle des colorations. Peut-être arrêtent-elles de même le progrès de l'industrie céramique. Et en effet, l'étude des dilatations nous a prouvé que la température exacte de cuisson est l'un des facteurs importants de la dilatation des pâtes et que par suite la conduite régulière des fours est un des moyens d'éviter les accidents se rattachant au coefficient de dilatation; l'étude

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des colorations nous a montré d'une façon plus évidente encore l'importance de cette question du chauffage, qui apparaît ainsi comme la clef de tout progrès céramique.

Telle est, il nous semble, la conclusion qui se dégage le plus nettement de notre étude; c'est du moins celle qu'on nous permettra d'affirmer avec d'autant plus de sûreté qu'elle est indépendante de tout résultat spécial de nos expériences et ne préjuge rien de l'intérêt ou de la valeur des travaux que le syndicat des fabricants de porcelaine de Limoges nous a fait l'honneur de nous confier.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS CHIMIQUES

REVUE DES PROGRÈS RÉALISÉS DANS L'INDUSTRIE DES ESSENCES ET DES PARFUMS

PAR **M. A. Haller**, *correspondant de l'Institut.* (*Suite*) (1).

DEUXIÈME PARTIE. — PARFUMS A COMPOSITION DÉFINIE

On sait que le parfum caractéristique de beaucoup de substances est dû à la présence d'un principe unique, de composition bien définie, qu'il est souvent possible d'extraire à l'état de pureté du mélange de composés qui l'accompagnent. Il en est ainsi de la gousse de vanille, de la racine d'iris, des essences de gaulthéria, d'amandes amères, de citrons, etc., qui doivent leur parfum respectif à la vanilline, à l'irone, au salicylate de méthyle, à l'hydrure de benzoyle, au citral, etc.

Parmi ces principes aromatiques, il s'en trouve qui peuvent être reproduits synthétiquement, de sorte que pour la préparation de ces corps, les procédés du laboratoire, de l'usine, se sont substitués à ceux employés par la nature.

Dans d'autres cas au contraire, le parfum qui donne de la valeur à un produit odoriférant est en quelque sorte une résultante d'un ensemble de parfums que possèdent des combinaisons diverses contenues dans ce produit. Un grand nombre d'huiles essentielles retirées des différents organes des plantes rentrent dans cette catégorie de substances.

Enfin, il est des produits que le hasard des recherches de laboratoire décèle comme pouvant recevoir une application comme parfums, sans que leur origine et leur constitution aient un rapport, une parenté quelconque avec celle des composés à odeur similaire contenus soit dans les organes des plantes, soit dans ceux de certains animaux.

Le dérivé trinitré du métaisobutyltoluène, qui possède une odeur très prononcée, rappelant celle du musc, et qui est éloigné du produit naturel tant par son aspect extérieur que par sa composition, se trouve dans ce dernier cas.

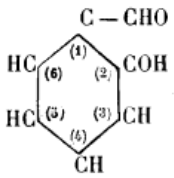
Par leur rareté et conséquemment leur cherté, et par suite aussi du besoin indéfini que nous possédons de scruter tous les secrets de la nature et de l'imiter, les parfums sont l'objet de recherches incessantes, et la préparation synthétique de beaucoup d'entre eux occupe à l'heure qu'il est de nombreuses usines. Aussi, dans l'étude que nous nous proposons de consacrer à ces produits, nous nous occuperons : 1° des méthodes employées pour extraire les principes définis auxquels les parfums élaborés par la nature doivent leurs propriétés; 2° des recherches faites en vue de reconstituer synthétiquement ces principes; 3° de

(1) *Bulletin* de janvier 1897, p. 14.

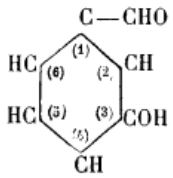
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

toute substance, quelle que soit son origine, qui est susceptible de recevoir une application dans l'art de la parfumerie.

Les recherches dans le domaine des parfums sont encore trop restreintes pour qu'il soit possible de tirer une règle, même approchée, sur les rapports qui existent entre l'odeur d'un corps et sa fonction ou sa constitution. Deux substances de même composition et de même fonction, différant seulement entre elles par les positions relatives que, d'après nos théories actuelles, nous assignons aux groupements fonctionnels dans la molécule, peuvent ne pas avoir la même odeur, ou peuvent l'une être un parfum et l'autre inodore. Il en est ainsi par exemple des aldéhydes ortho et métaoxybenzoïques. La première n'est autre chose que l'hydrure de salicyle ou essence de reine-des-prés, dont le parfum est bien connu, et l'autre, son isomère de position, est un produit de laboratoire qui ne possède pour ainsi dire pas d'odeur.



Hydrure de salicyle.
Aldéhyde orthooxybenzoïque.



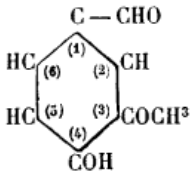
Aldéhyde métaoxybenzoïque 1-3.

Il en est de même de la vanilline et de l'isovanilline.

Nous donnerons dans la suite d'autres exemples sur l'influence des positions des groupes fonctionnels sur l'odeur que peuvent posséder certains produits isomères.

Des phénomènes du même ordre s'observent d'ailleurs dans le groupe des colorants dérivés du goudron de houille et dans celui des médicaments d'origine organique.

D'une façon générale, on peut cependant énoncer que les fonctions susceptibles d'imprimer aux composés organiques la faculté d'être odorants sont les fonctions aldéhyde, cétone, alcool, phénol, éthers mixtes ou composés des alcools et des phénols. Bien entendu qu'une même molécule peut posséder à la fois deux ou plusieurs de ces fonctions. La vanilline par exemple



est à la fois aldéhyde par le groupement CHO, phénol par le groupe COH et éther phénolique par $COCH^3$.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On a aussi remarqué que les combinaisons non saturées ont une plus grande tendance à être odorantes que les corps saturés.

Les règles que nous venons de poser n'ont rien d'absolu, car il est des corps qui ne rentrent dans aucune des catégories énoncées et qui n'en sont pas moins des produits à odeur très pénétrante. Le musc artificiel est de ce nombre.

Les parfums se rencontrent aussi bien dans la série grasse que dans la série benzénique ou cyclique. Si la vanilline, l'héliotropine appartiennent à cette dernière série, le géraniol, le linalool, le citral, tous parfums qui ne le cèdent en rien comme importance aux premiers, sont classés dans la série grasse.

Les méthodes d'extraction des principes qui, au point de vue qui nous occupe, donnent de la valeur à une substance odorante, varient avec la fonction qu'ils possèdent.

Pour isoler les aldéhydes et certaines cétones de leur mélange avec d'autres combinaisons, on met à profit la propriété qu'elles possèdent de se combiner avec une solution saturée de bisulfite, pour donner naissance à des produits généralement cristallisables, d'où l'on peut extraire l'aldéhyde soit en traitant la combinaison par un acide, soit en la soumettant à l'action d'un alcali. En représentant les aldéhydes par la formule générale R.CHO, la combinaison bisulfitique aura la composition $R.CH(OH)SO^3Na$, et son dédoublement par les alcalis et les acides peut se traduire par les équations suivantes :

$$RCH(OH)SO^3Na + NaHO = SO^3Na^2 + RCHO + H^2O$$
$$2\,[RCH(OH)SO^3Na] + SO^4H^2 = SO^4Na^2 + 2\,SO^2 + 2\,(R.CHO) + H^2O$$

Dans l'industrie, cette propriété est mise à profit pour extraire et doser l'aldéhyde cinnamique contenu dans les différentes essences de cannelle et de cassia, pour isoler le citral de l'essence de citron (Schimmel et C^ie^), le citronellal de l'essence de citronelle, etc.

Lorsque le principe parfumé est un phénol, on l'extrait généralement au moyen de la potasse ou de la soude, dans lesquelles il se dissout, et après décantation des liqueurs, on met le corps en liberté de sa combinaison avec l'alcali, en traitant la solution aqueuse par un acide minéral. Le phénol surnage, il suffit de le décanter ou de l'enlever avec de l'éther. C'est ainsi qu'on retire le thymol, le carvacrol, l'eugénol, etc., des différentes essences qui renferment ces composés.

Quand le produit odorant, l'essence, doit son parfum à la présence d'un alcool, on peut retirer ce dernier soit par une série de rectifications, soit en le combinant au chlorure de calcium (extraction du géraniol de l'essence de citronnelle), soit en le transformant en éthers dont les points d'ébullition diffèrent de ceux des autres substances qui font partie de l'huile essentielle. Nous donnerons plus loin les nouveaux procédés qui peuvent être mis en usage et qui sont d'une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

application plus facile. Enfin les essences, dont le parfum dépend des éthers composés qu'ils renferment, ne peuvent être traitées que par la distillation fractionnée si on veut isoler ces éthers. On peut aussi, il est vrai, soumettre ces éthers à la saponification, extraire l'alcool résultant de cette saponification par une des méthodes connues, et une fois en possession de cet alcool, le rééthérifier avec l'acide avec lequel il était combiné dans l'essence, pour reconstituer le parfum à l'état pur. C'est ainsi qu'on peut, par exemple, reproduire l'acétate de linalyle, le parfum contenu dans l'essence de bergamote. Il est vrai que, dans l'exemple cité, le procédé ne serait pas économique; mais, si l'on possède une autre source moins coûteuse de linalool, comme c'est le cas avec l'essence de linaloé, il est avantageux de reproduire l'éther.

Dans ce qui suit, nous ne reviendrons pas sur les anciennes méthodes d'extraction des principes contenus dans les substances, et nous nous bornerons à signaler les procédés nouveaux ou les améliorations introduites dans les anciens.

Extraction des alcools terpéniques contenus dans les huiles essentielles ou dans tout autre produit. — Les moyens employés jusqu'alors pour extraire ces alcools et les débarrasser des corps indifférents (carbures pour la plupart) auxquels ils sont mélangés, sont, ainsi que nous l'avons dit plus haut : la distillation fractionnée à pression normale ou réduite, ou leur transformation en éthers des acides monobasiques à point d'ébullition plus élevé (1). Ce dernier procédé est calqué sur celui qui a permis à M. Berthelot d'isoler le bornéol de son mélange avec le camphre (2).

Les méthodes nouvelles préconisées dans ces derniers temps sont toutes basées sur une réaction appliquée pour la première fois par l'auteur de cet article à l'extraction du bornéol de l'essence de romarin (3). Cette réaction repose sur la propriété que possèdent les acides bibasiques et polybasiques, ou leurs anhydrides, de donner avec les alcools des éthers acides, solubles dans les alcalis.

Exemple :

$$\begin{array}{l} CH^2-COOH \\ | \\ CH^2-COOH \\ \text{Acide succinique.} \end{array} + ROH = \begin{array}{l} CH^2-COOR \\ | \\ CH^2-COOH \\ \text{Éther succinique acide.} \end{array}$$

(Alcool.)

L'éther ainsi obtenu est dissous dans une liqueur de carbonate de soude, et la solution alcaline débarrassée par filtration du camphre ou des carbures non entrés en réaction, est décomposée à l'ébullition par de la soude caustique.

$$\begin{array}{l} CH^2-COOR \\ | \\ CH^2-COONa \end{array} + NaHO = \begin{array}{l} CH^2-COONa \\ | \\ CH^2-COONa \end{array} + ROH$$

(1) Brevet Monnet, *Moniteur scient.*, 1894, p. 139; Brevet Bertram à Leipzig, *Moniteur*, 1894, p. 82 des Brevets.

(2) Berthelot, *Ann. Chim. Phys.* (3), 1859, t. LVI, p. 82.

(3) Haller, *Comptes rendus* 1889, t. CVIII, p. 410, 1308; t. CX, p. 580.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ce même procédé a servi, en 1890, à M. Dodge (1) dans son analyse de l'essence de citronnelle.

Dans un but tout différent, nous avons préparé plus tard (2) du phtalate acide de méthyle en dissolvant de l'anhydride phtalique dans l'alcool méthylique et avons, à cette occasion, préconisé ce composé, facile à purifier, pour l'obtention de l'alcool méthylique pur.

Vers la même époque, nos recherches nous ont amené (3), simultanément avec M. Cazeneuve, à préparer les éthers camphoriques acides par l'action des alcools sodés sur l'anhydride camphorique droit. Nous avons même démontré que dans cette préparation, il se produit les mêmes éthers (α ou ortho) que ceux qu'on obtient par éthérification directe de l'acide.

M. Hesse, enfin (4), a encore utilisé la propriété que possèdent les anhydrides des acides bibasiques et en particulier celui de l'acide camphorique pour isoler le reuniol (rhodinol) de l'essence de pelargonium de la Réunion.

Comme le font aussi remarquer MM. Tiemann et Krüger, on sait avec quelle facilité beaucoup de combinaisons, et en particulier des alcools terpéniques, se décomposent ou subissent des changements isomériques sous l'influence de la chaleur, soit qu'on les chauffe seules, soit qu'on les chauffe avec des acides. Aussi notre méthode primitive, applicable pour certains d'entre eux, comme le géraniol, le menthol, ne l'est plus quand il s'agit d'alcools qui se déshydratent sous l'influence des acides, comme c'est le cas du linalool.

Pendant que nous mettions la dernière main à ces recherches, MM. Tiemann et Krüger se sont occupés du même problème et ont publié leurs résultats dans le *Bulletin de la Société chimique de Berlin*, 1896, t. XXIX, p. 901.

Pour extraire les alcools terpéniques des essences, les savants allemands traitent une solution éthérée de l'essence par du sodium, ou font agir le métal directement sur l'essence alcoolique, en ayant soin d'opérer dans le vide pour entraîner l'hydrogène au fur et à mesure qu'il se dégage. Quand on ajoute à l'alcoolate de sodium, obtenu par une ou l'autre méthode, de l'anhydride phtalique (ou aussi de l'anhydride succinique), il se passe la réaction suivante déjà indiquée :

$$C^6H^4\begin{<}CO\\CO\end{>}O + RONa = C^6H^4\begin{<}COOR\\COONa\end{>}$$

Le phtalate double est dissous dans l'eau et peut être purifié en lavant la solution aqueuse au moyen de l'éther.

L'éther phtalique acide est mis en liberté de sa combinaison sodique et enlevé

(1) *Am. Chem. Journ.*, 1890, t. XII, p. 563.
(2) *Comptes rendus*, 1892, t. CXIV.
(3) *Bulletin Soc. Chim.*, Paris (3), t. VII, p. 243; Cazeneuve, t. IX, p. 90.
(4) *Journal f. pract. Chem.* (2), t. L, p. 472.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à l'éther. Pour obtenir l'alcool combiné, il suffit de saponifier l'éther au moyen de la potasse alcoolique.

Nos propres recherches (1) ont porté sur différentes variétés d'essences de géranium, sur l'essence de citronnelle, sur l'essence de menthe d'Amérique et sur l'essence d'aspic.

Dans tous ces essais qui ont été nombreux, les essences ont toujours été dosées au point de vue de leur teneur en alcools terpéniques et en éthers composés de ces alcools.

La méthode employée pour ces dosages est celle préconisée par MM. Schimmel, dans leurs bulletins semestriels, et en particulier dans le dernier des mois d'octobre-novembre 1896.

L'essence a ensuite été saponifiée par la quantité voulue de potasse alcoolique, et le produit de cette saponification fut lavé à l'eau jusqu'à cessation de réaction alcaline, puis séchée sur du sulfate de soude calciné.

Les huiles essentielles ainsi préparées furent soumises aux deux sortes de traitements suivants :

1° On chauffe l'essence seule, ou diluée dans un carbure (benzine, etc.) avec la quantité d'anhydride succinique ou phtalique indiquée par l'équation

$$R\begin{matrix}CO\\CO\end{matrix}O + C^{10}H^{18}O \text{ (ou } C^{10}H^{20}O) = R\begin{matrix}COOC^{10}H^{17}\\COOH\end{matrix} \text{ ou } R\begin{matrix}COOC^{10}H^{19}\\COOH\end{matrix}$$

Le produit de la réaction est filtré pour séparer l'anhydride non entré en réaction et le liquide est épuisé avec une solution concentrée de carbonate de soude. Les liqueurs alcalines sont réunies et chauffées au bain-marie avec un excès de soude caustique, jusqu'à ce que la couche d'huile, qui ne tarde pas à se former, n'augmente plus.

Cette huile est constituée par un mélange d'alcool terpénique provenant de la saponification du sel de soude de l'éther acide, et de ce sel de soude qui est entraîné en quantités d'autant plus grandes que la solution est plus concentrée. On dissout cette huile dans la potasse alcoolique et on saponifie au bain-marie. La liqueur est traitée par l'eau et la portion insoluble est séchée et rectifiée.

2° L'essence, préalablement saponifiée et séchée comme il est dit plus haut, est diluée dans de l'éther ou de la benzine anhydres, puis additionnée de la quantité de sodium en fil qu'exige la teneur en alcool.

$$C^{10}H^{18}O + Na = C^{10}H^{17}ONa + H$$

Tout le sodium n'entre généralement pas en réaction; on sépare l'excédent et on ajoute au produit sodé la quantité d'anhydride correspondant au métal

(1) A. Haller, *Comptes rendus*, 1896, t. CXXII, p. 865.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

entré en combinaison. Suivant la nature de l'essence et de l'anhydride employés, il se produit un dépôt plus ou moins volumineux de l'éther sel, sous la forme d'une masse gélatineuse qu'on peut essorer. Il vaut mieux traiter toute la masse par l'eau, soutirer la liqueur aqueuse et épuiser l'huile restante, constituée par les carbures, l'alcool non entré en réaction, et parfois une portion du sel de soude de l'éther acide, par de l'eau. On réunit ces liquides aqueux et on les additionne soit d'un acide pour mettre l'éther acide en liberté, soit d'une solution de soude caustique pour déterminer la saponification. Dans le premier comme dans le second cas, on redissout l'huile surnageante dans une solution de potasse alcoolique et on saponifie. On termine l'opération comme il vient d'être dit en 1°.

Cette seconde méthode de traitement est surtout applicable aux essences qui renferment des alcools que les acides déshydratent, comme c'est le cas avec les essences de bergamote, d'aspic, de lavande, de linaloès, qui toutes contiennent du linalool à l'état libre ou à l'état d'éther composé.

Elle ne peut naturellement pas s'appliquer aux huiles essentielles qui, outre les alcools terpéniques, renferment des aldéhydes ou des cétones, à moins qu'on ne veuille hydrogéner celles-ci et les transformer en alcools, ou bien les éliminer au préalable au moyen d'un bisulfite. Dans certains cas (et il en est ainsi de l'essence de menthe), la méthode au sodium pourrait permettre d'obtenir plus de menthol que n'en accuse l'analyse, si tout le métal entrait en réaction, car la menthone que contiennent certaines essences de menthe, est transformée par réduction en menthol qui s'ajouterait à celui contenu primitivement dans l'huile.

Nous avons traité par la première méthode :

1° *De l'essence de géranium de Bourbon, de la maison Chiris, à Grasse.* — Cette essence renfermait 20,50 p. 100 environ de géraniol combiné et 46,50 p. 100 de géraniol libre, soit 67 à 68 p. 100 de géraniol total, dont nous avons pu extraire par un traitement à 120°, à l'anhydride succinique, 79 p. 100.

2° *De l'essence de géranium d'Afrique* (*Chiris*), d'une teneur de 65,45 p. 100 de géraniol tant à l'état libre qu'à l'état d'éther. L'alcool a été extrait au moyen de l'anhydride phtalique. Rendement : 50,5 p. 100.

3° *De l'essence de menthe d'Amérique de la maison Schimmel et C^ie^ de Leipzig*, contenant 52,51 de menthol total. Le traitement à l'anhydride phtalique a permis d'extraire 84 p. 100 de ce menthol.

Ont été soumises au traitement au sodium :

4° *Essence de géranium de Bourbon.* — On a sodé l'alcool terpénique au sein de l'éther anhydre et traité le mélange par de l'anhydride succinique. Rendement en alcool terpénique, 25 p. 100.

Un essai fait en diluant l'essence dans de l'essence de térébenthine a fourni un rendement de 50 p. 100.

5° *Essence de géranium d'Afrique.* — Cette essence fut diluée de deux fois

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

son poids de benzine pure et traitée par du sodium en fil. Pour extraire l'alcool, on a employé l'anhydride phtalique. Rendement 61,1 p. 100 dans une première opération, et 77,8 p. 100 dans un second traitement.

6° *Essence de citronnelle de la maison Schimmel et C^ie^.* — Elle renfermait 49,74 p. 100 de géraniol; en la soumettant au même traitement que l'essence ci-dessus, on a pu retirer 50 p. 100 des alcools terpéniques.

7° *Essence d'aspic.* — Alcools terpéniques après saponification : 24,37 p. 100. Traitée comme les essences des numéros 5 et 6, cette huile a fourni, pour 200 grammes de matière mise en œuvre, 8 grammes d'un alcool liquide (linalool) et 13 grammes de bornéol, c'est-à-dire moins de 50 p. 100 des alcools contenus dans l'essence.

Les exemples qui précèdent montrent que la méthode que nous préconisons permet d'extraire facilement une notable quantité des alcools terpéniques contenus dans les essences. En soumettant les résidus à un nouveau traitement, il est possible d'extraire la totalité de ces composés.

Comme MM. Tiemann et P. Kruger, nous avons observé que la résistance qu'opposent les éthers camphoriques à la saponification ne permet pas de recommander l'emploi de cet acide dans le traitement des essences, d'autant plus qu'il est moins économique que les anhydrides phtalique et succinique.

Les principes à composition définie qui existent dans les essences sont très nombreux et n'ont pas tous la même importance. Nous n'envisagerons dans l'étude qui va suivre que ceux que l'industrie a intérêt d'extraire ou de reproduire par synthèse, grâce à leur parfum, à leur rareté relative et partant à leur cherté.

Alcools. — Les principaux alcools existant dans les essences soit à l'état libre soit à l'état d'éthers composés, et qui méritent d'être signalés sont : le bornéol, le géraniol, le linalool, le menthol, le rhodinol, ou réuniol, ou citronnellol, le terpinéol. Tous ces alcools répondent à la formule $C^{10}H^{18}O$ ou $C^{10}H^{20}O$.

Bornéol $C^{10}H^{18}O$. — Il existe à l'état libre ou à l'état d'éthers composés dans les essences d'aristoloche, d'aspic, de citronnelle, de kesso, de pin pumilio, de pin sylvestre, de *picea vulgaris*, de pyrèthre, de romarin, de sapin du Canada, de sapin des Vosges, de sarriette, de sauge, de tanaisie, de thym vulgaire, de valériane, etc. On le retire encore du *Dryobalanops camphora*, du *Blumea balsamifera* et il peut aussi s'obtenir par hydrogénation du camphre ou en distillant le succin avec de l'eau.

Le bornéol naturel, ou camphre de Bornéo, est intercalé entre les fibres du bois du *Dryobalanops aromatica* (Gärtner), et pour l'obtenir on est obligé d'abattre et de débiter l'arbre en entier. Un exemplaire de 100 à 150 pieds de hauteur ne fournit que peu de kilogrammes de bornéol, aussi le prix de cette substance, qui

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sert à embaumer les cadavres des princes du Batta, atteint-il de 100 à 125 francs la livre anglaise.

Le bornéol artificiel, préparé en hydrogénant le camphre par du sodium, lui est identique en tous points, et est d'un prix beaucoup moins élevé.

Le bornéol, quelle que soit son origine, est blanc, friable et possède, lorsqu'on l'écrase sous les doigts, une odeur rappelant à la fois celle du camphre des Laurinées et celle du poivre. Il fond, quand il est pur, de 209° à 212° et dévie la lumière à droite ou à gauche $(\alpha)_0 = \pm 37°$ environ (1).

Acétate de bornyle $C^{10}H^{17}O\,CO\,CH^3$. — Il n'y a guère que cet éther acétique qui soit employé en parfumerie. On l'obtient en faisant agir soit l'anhydride acétique, soit le chlorure d'acétyle, soit l'acide acétique cristallisable sur le bornéol. MM. Schimmel et Cie ont breveté un procédé qui leur permet de préparer ce corps en traitant du camphène par de l'acide acétique cristallisable en présence de l'acide sulfurique. Quand il est pur et exempt d'isomère, il cristallise en aiguilles qui fondent à 30°-31°. Il bout à 225°-226° à la pression ordinaire et à 106°-107° sous une pression de 15 millimètres. Sa densité à 15° = 0,991.

Nous devons faire remarquer que seuls les acétates de bornyle provenant de bornéols droit ou gauche purs et possédant le pouvoir rotatoire moléculaire ± 37°, sont susceptibles de cristalliser en donnant des aiguilles fondant à 30°-31° et dont le pouvoir rotatoire moléculaire $(\alpha)_0 = \pm 44°,38$ à 44°,45. Étant donné la rareté de ces bornéols purs droit ou gauche, l'acétate de bornéol du commerce est généralement préparé avec un bornéol provenant de l'hydrogénation du camphre droit. Or ce bornéol est constitué par un mélange de bornéol droit pur et d'isobornéol gauche qui sont tous deux également éthérifiés par l'acide acétique et fournissent un acétate liquide (1) qui cristallisera d'autant moins facilement qu'il renfermera plus d'éther isobornylacétique. L'acétate de bornéol qu'on obtient d'après la méthode de MM. Bouchardat et Lafont (2) (action de l'acide acétique sur le camphène), ou par celle de MM. Bertram et Walbaum (3) (action de l'acide acétique sur le camphène en présence d'acide sulfurique à 50 p. 100), est également un mélange d'acétate de bornéol droit et d'isobornéol gauche (3).

L'acétate de bornyle possède une odeur caractéristique, agréable. La plupart des essences de conifères doivent leur parfum à la présence de ce corps qui s'y trouve dans la proportion de 5 p. 100 environ.

(1) Voir notre article Camphol, *Dictionnaire* de Wurtz, 2e supplément, t. I, p. 854.

(2) Voir pour tous ces acétates notre article Camphol, *Dictionnaire* de Wurtz, 2e supplément, tome I, p. 864.

(3) Suivant un récent mémoire de M. Beckmann (*Journ. f. praktische Chem.*), le bornéol obtenu par la méthode de MM. Bertram et Wahlbaum serait un mélange d'isobornéol droit et d'isobornéol gauche.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Géraniol $C^{10}H^{18}O$. — C'est un isomère liquide du bornéol et aussi du linalool qu'il accompagne souvent dans les essences. Il existe à l'état libre ou sous la forme d'éthers composés dans les essences d'aspic, de citronnelle, d'*Eucalyptus maculatus* var. *citriodora*, de géranium de l'Inde (*Andropogon schœnanthus*), de lavande, de pélargonium, de roses, d'ylang-ylang. Le géraniol peut encore être obtenu en partant de son isomère le linalool. Il suffit de chauffer ce dernier à 120° avec de l'anhydride acétique pour le transformer en géraniol. C'est à M. Barbier qu'on doit cette réaction, mais l'auteur, croyant à la formation d'un nouveau corps, lui donne le nom de *licarhodol*. M. Bouchardat démontra plus tard que le licarhodol n'est en réalité que du géraniol et ses expériences furent confirmées par MM. Bertram et Gildemeister.

On extrait généralement le géraniol des essences qui le contiennent et en particulier de l'essence de citronnelle. On commence par saponifier ces essences, puis, après lavage, dessiccation sur du sulfate de soude anhydre, on les soumet à la rectification dans le vide. Les portions qui distillent de 220 à 240° environ, sont broyées avec leur poids de chlorure de calcium en poudre, et le mélange est abandonné sous l'exsiccateur à une température de — 4° à — 5°. Au bout de douze à seize heures on divise la masse solide ou visqueuse obtenue, on l'épuise avec de l'éther de pétrole, du benzène ou de l'éther anhydre et on essore. Après plusieurs lavages avec l'un ou l'autre de ces dissolvants, on décompose la combinaison solide avec de l'eau, on sépare l'huile qui surnage et on la rectifie (1).

Le géraniol constitue un liquide incolore, à odeur de rose, bouillant à 229°-230° à la pression ordinaire. Sa densité à 15° = 0,882 à 0,885. Il est optiquement inactif. Exposé à l'air, il s'oxyde facilement; dans ces conditions son poids spécifique et son point d'ébullition s'élèvent. Il est donc nécessaire de le conserver dans des flacons entièrement pleins, soigneusement bouchés.

Le géraniol se dissout facilement dans l'alcool; 1 volume de géraniol donne avec 12 à 15 volumes d'alcool à 50° une solution limpide et claire.

Acétate de géraniol. — Cet éther obtenu par un procédé breveté par M. Bertram en Allemagne sous le n° 80 711 (action de l'acide acétique sur le géraniol à basse température, en présence d'acide sulfurique), constitue un liquide incolore, d'une odeur très agréable, rappelant celle des essences de bergamote, de lavande et de petit grain, tout en possédant en même temps quelque chose de spécial et de caractéristique.

Il bout à 104°-105° sous une pression de 10 millimètres.

Linalool $C^{10}H^{18}O$. — Cet autre isomère du bornéol a été trouvé par M. Morin dans l'essence de linalool et a été depuis l'objet de nombreux travaux de la

(1) *Bericht Schimmel et Cie*, octobre 1895, p. 38.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

part de MM. Semmler, Barbier, Barbier et Bouveault, Semmler et Tiemann, Bertram et Wahlbaum, Reychler, Gildemeister.

Le linalool se trouve à l'état libre ou à l'état d'éthers composés dans un grand nombre d'essences. Il en est ainsi de l'essence de bergamote (qui renferme, outre cet alcool, de l'acétate de linalyle), de l'essence de petit grain, de lavande, d'oranges, d'aspic, de néroli, de cananga, d'ylang-ylang, de limette, de sauge muscat, de thym, d'origan de Smyrne, de basilique. Le linalool provenant de ces différentes essences est *lévogyre* et son pouvoir rotatoire varie avec son origine. Mais il existe dans l'essence de coriandre un alcool $C^{10}H^{18}O$ qui possède les mêmes propriétés physiques, chimiques et organoleptiques que le linalool, mais en diffère par son action sur la lumière polarisée. Il est *dextrogyre*. Tous deux fournissent par oxydation, au moyen de l'acide chromique, une aldéhyde $C^{10}H^{16}O$ qui est identique avec celle que fournit dans les mêmes conditions le géraniol, et qui se confond également avec celle qui donne son parfum à l'essence de citron. Cette aldéhyde est le *citral*, dont il sera question plus loin.

Le linalool gauche passe facilement à l'état de linalool droit sous l'influence des agents acides; une semblable inversion a déjà lieu en chauffant une solution de l'éther phtalique acide, comme aussi quand on prépare l'acétate de linalyle par la méthode de Bertram (action de l'acide acétique et de l'acide sulfurique étendu sur le linalool).

Le linalool est un liquide incolore, à odeur agréable, bouillant de 197° à 199° et ayant pour densité 0,872 à 15°.

Parmi les éthers composés du linalool qui ont reçu une application en parfumerie il faut citer :

L'*acétate de linalyle* $C^{10}H^{17}OC^2H^3O$, auquel l'essence de bergamote doit en majeure partie son parfum. On peut l'obtenir en traitant le linalool soit par un mélange d'acide acétique ou d'acide sulfurique étendu, soit en faisant agir, sur ce même alcool, de l'anhydride acétique. On lave, on dessèche et on rectifie.

Cet éther distille à une température de 105°-108 sous une pression de 11 millimètres. Il possède à un très haut degré l'odeur agréable de l'essence de bergamote, et s'emploie utilement dans la préparation des parfums les plus variés pour y augmenter l'intensité de l'odeur de bergamote.

Dans le commerce il porte le nom de *bergamiol*.

Menthol $C^{10}H^{20}O$, appelé aussi camphre de menthe, se rencontre dans les différentes variétés d'essences de menthe poivrée, à l'état libre et combiné avec des acides.

Ce produit nous arrive en grandes quantités du Japon.

Il constitue des prismes brillants et transparents, à odeur très forte de menthe poivrée, à saveur à la fois fraîche et brûlante, fondant à 42° et bouillant à 212°.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Rhodinol, réuniol, roséol, citronnellol $C^{10}H^{20}O$. — On a donné successivement ces différents noms à un alcool contenu dans l'essence de roses et dans celle des pélargoniums.

Eckart isola le premier un alcool de l'essence de roses, alcool auquel il attribua l'odeur que possède cette essence. Il lui donna le nom de *rhodinol* et la formule $C^{10}H^{18}O$. Plus tard MM. Markownikoff et Reformatzky isolèrent également un alcool de l'essence de roses bulgare, lui attribuèrent la formule $C^{10}H^{20}O$ et lui donnèrent le nom de *roséol*. M. Barbier confirma les recherches de M. Eckart et montra plus tard que ce même alcool se trouve dans les essences de géranium d'Afrique et de France. MM. Tiemann et Semmler se basant sur le fait que le rhodinol d'Eckart fournit par oxydation du géranial, prétendirent que le rhodinol en question n'est autre chose que du géraniol. Ces données furent confirmées par MM. Bertram et Gildemeister qui firent une étude comparative du géraniol extrait des essences de géranium des Indes, de pélargonium, de roses turques et de roses allemandes, de citronnelle, ainsi que du géraniol (licarhodol) provenant de la transformation isomérique du linalool.

MM. Markownikoff et Reformatzky reprirent leurs études et admirent qu'il existe une différence chimique entre l'essence de roses bulgare et l'essence allemande. La première contiendrait réellement un composé $C^{10}H^{20}O$, le *roséol*, et la seconde du géraniol.

Sur ces entrefaites M. Hesse, en extrayant les alcools contenus dans l'essence de géranium de la Réunion, par l'intermédiaire de leurs éthers camphoriques, est arrivé à isoler un alcool $C^{10}H^{20}O$, auquel il a donné le nom de *réuniol*.

Le désaccord régnant entre tous les auteurs qui s'étaient occupés de cette question, tenait à ce que les alcools contenus dans les essences étudiées sont constitués par un mélange de géraniol et d'un composé $C^{10}H^{20}O$, hypothèse émise par MM. Schimmel dès 1894, *Bericht.*, octobre.

Ce composé a été préparé depuis à l'état de pureté par MM. Barbier et Bouveault (1), par M. Naschold (2) et par MM. Tiemann et Schmidt (3).

MM. Barbier et Bouveault traitent le mélange d'alcools extraits de l'essence de pélargonium (rhodinol de pélargonium) par du chlorure de benzoyle. Dans ces conditions, le géraniol donne naissance à un mélange d'éther géranylique $(C^{10}H^{17})^2O$ et de carbures terpéniques, tandis que l'alcool $C^{10}H^{20}O$, véritable rhodinol, se convertit en éther benzoïque qui, par saponification avec de la potasse, fournit l'alcool $C^{10}H^{20}O$.

M. Naschold opère de la façon suivante. La préparation obtenue en soumet-

(1) *Comptes rendus*, t. CXXII, p. 529.

(2) Contribution à l'étude des combinaisons terpéniques aliphatiques, *Diss. inaug.* Gœttingen, 1896.

(3) *Ber. deut. Chem. Ges.*, 1896, t. XXIX, p. 903.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tant le *réuniol* du commerce à la distillation fractionnée, préparation bouillant à 103° sous une pression de 10 millimètres, est chauffé avec de l'eau dans des autoclaves, à une température de 240°-250°; dans ces conditions le géraniol est décomposé et on obtient par distillation un réuniol pur $C^{10}H^{20}O$ et exempt de géraniol.

MM. Tiemann et Schmidt préparent l'alcool $C^{10}H^{20}O$ en soumettant le citronnellal, aldéhyde faisant partie constituante de l'essence de citronnelle, à une réduction ménagée au moyen de l'amalgame de sodium.

$$C^{10}H^{18}O + H^2 = C^{10}H^{20}O$$

Cet alcool est ensuite purifié au moyen de son éther phtalique acide et rectifié, Les auteurs lui donnent le nom de *citronnellol* et le considèrent comme identique à l'alcool de MM. Barbier et Bouveault et à celui de M. Naschold.

Pour le retirer des alcools extraits des huiles essentielles (roses ou pélargonium), MM. Tiemann et Schmidt font réagir du trichlorure de phosphore sur une solution bien refroidie des alcools dans l'éther; le géraniol se trouve ainsi partiellement transformé en chlorure de géranyle, et partiellement en carbures, tandis que le citronnellol (ou rhodinol, réuniol), donne naissance à un éther phosphoreux acide chloré qu'on peut enlever à la solution éthérée au moyen d'une lessive étendue de soude caustique. La solution aqueuse du citronnellyl phosphite de sodium est agitée avec de l'éther, puis saponifiée; le citronnellol mis en liberté est chassé dans un courant de vapeur d'eau.

Le citronnellol isolé ainsi de l'essence de roses (25 p. 100 de la quantité d'alcools contenus dans l'essence de roses) ressemble en tous points à la combinaison provenant de la réduction du citronnellol, avec la seule différence qu'il est légovyre (— 4°,2 pour une longueur de 100 millimètres).

Selon MM. Tiemann et Schmidt, les alcools extraits des essences de géranium de diverses provenances renferment :

Alcools de l'essence de géranium d'Espagne renferment	65 p. 100 de géraniol et 36 p. 100 de citronnellol.
Alcools de l'essence de géranium d'Afrique renferment.	80 p. 100 de géraniol et 20 p. 100 de citronnellol.
Alcools de l'essence de géranium de la Réunion renferment	50 p. 100 de géraniol et 50 p. 100 de citronnellol.

D'autre part, d'après MM. Barbier et Bouveault, l'essence de roses ne renferme que 20 p. 100 environ d'alcools qui, d'après les recherches récentes, sont constitués par 70 à 75 p. 100 de géraniol et 20 à 25 p. 100 de l'alcool $C^{10}H^{20}O$ (1).

(1) M. Dodge avait déjà préparé le citronnellol par hydrogénation du citronnellal contenu dans l'essence de citronnelle, et lui avait reconnu une odeur de rose. *Am. Chem. Journ.*, XIII, 456.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Propriétés du *rhodinol* ou *réuniol* ou *citronnellol*. — Nous conserverons ces noms à l'alcool $C^{10}H^{20}O$ bien que les deux premiers aient été donnés primitivement à un mélange de cet alcool avec le géraniol.

MM. Barbier et Bouveault (1) lui attribuent le point d'ébullition 110°, sous une pression de 10 millimètres, la densité 0,873 à 0°, et le pouvoir rotatoire $(\alpha)_D = -2°11'$.

Par oxydation ménagée au moyen de l'acide chromique, ces mêmes auteurs obtinrent d'abord une aldéhyde $C^{10}H^{18}O$ et un acide $C^{10}H^{18}O^2$; l'aldéhyde s'est montrée être un mélange de l'aldéhyde véritable du rhodinol (le rhodinal) avec de la menthone qui lui est isomère. L'aldéhyde donne une semicarbazone fondant à 115° (la semicarbazone de la menthone fond à 186°).

On pourrait supposer que la présence de la menthone parmi les produits d'oxydation du rhodinol a pour origine celle du menthol dans le réuniol, mais tel n'est pas le cas, la menthone doit bien, selon les auteurs, son origine à une transposition isomérique du rhodinal. En effet, quand on chauffe un mélange de rhodinaldoxime et de menthonoxime avec de l'anhydride acétique, on obtient exclusivement, et avec un rendement théorique, l'acétate de la menthonoxime. La menthone régénérée de cette oxime ne donne qu'une semicarbazone fondant à 186°-187°.

L'acide $C^{10}H^{18}O^2$, appelé acide rhodinique par les auteurs, est un acide monobasique, non saturé, qui est susceptible de se combiner à une molécule de brome. Cet acide est liquide, bout à 147° sous une pression de 10 millimètres, et fournit une paratoluidide $\times C^{10}H^{17}O.AzHC^6H^4CH^3$ bien cristallisée, fondant à 92°. Une oxydation énergique convertit le rhodinal en acétone et acide β méthyladipique.

$$HOOC.CH^2-\overset{CH^3}{\overset{|}{CH}}-CH^2-CH^2-COOH$$

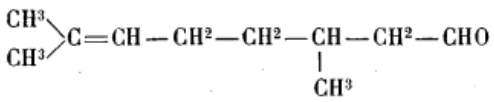
MM. Barbier et Bouveault, dans de nouvelles recherches (2), ont montré que la semicarbazone du citronnellal fond à 82°, tandis que celle du rhodinal fond à 115°. L'acide citronnellique donne d'autre part une paratoluidide fondant à 95°, tandis que la combinaison correspondante de l'acide rhodinique aurait, d'après de nouvelles déterminations, le point de fusion 80°,50 et non 92°. Les deux aldéhydes seraient donc différentes puisqu'elles fournissent des semicarbazones et des acides différents.

En oxydant davantage l'acide citronnellique, MM. Barbier et Bouveault obtinrent l'acide β-méthyladipique et de l'acétone. Les savants français considè-

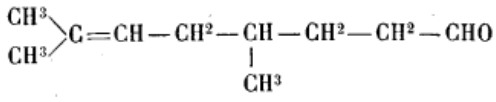
(1) *Comptes rendus*, t. CXXII, p. 674.
(2) *Comptes rendus*, t. CXXII, p. 795.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rent le rhodinal et le citronnellal comme deux isomères dont ils traduisent l'isomérie par les schémas



Rhodinal.

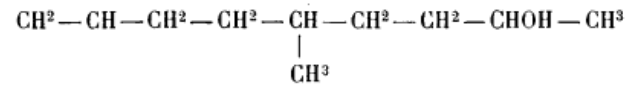


Citronnellal.

La formule du rhodinal correspond à celle d'un dihydrocitral. Il en résulte que ce rhodinal devrait être susceptible de se combiner avec le bisulfite de soude comme le fait le citral; or il n'en est rien. De même la rhodinaldoxime chauffée avec de l'anhydride acétique devrait fournir le nitrile de l'acide rhodinique; d'après MM. Barbier et Bouveault, il se formerait dans cette opération de la menthonoxime (1).

Suivant M. *Naschold* (2), le *réuniol* ou *rhodinol* bout à 105° sous une pression de 7 millimètres. Son poids spécifique = 0,856 à 22°, son pouvoir rotatoire $(\alpha)_D$ = 1°,40′ — pour une longueur de 100 millimètres et son indice n_D = 1,4569 à une température de 22°. En oxydant le réuniol au moyen du mélange chromique, l'auteur n'a obtenu que de petites quantités de combinaisons aldéhydiques. Une solution froide de permanganate de potasse transforme le réuniol en une glycérine $C^{10}H^{23}O^3$. Emploie-t-on au contraire une solution chaude de l'oxydant, on obtient de l'acide β-méthyladipique fondant à 86°.

M. Naschold considère le réuniol comme un alcool secondaire ou tertiaire et lui attribue provisoirement la formule de constitution



MM. Tiemann et Schmidt attribuent au citronnellol purifié au moyen de son éther phtalique acide les propriétés suivantes :

Point d'ébullition, 117°-118° sous une pression de 17 millimètres.

Poids spécifique, 0,8565 à 17°,5.

Indice de réfraction n_D = 1,45659.

Pouvoir rotatoire $(\alpha)_D$ = + 4° 0′ à 17°,5 pour un tube de 100 millimètres.

Nous avons vu plus haut que le citronnellol isolé de l'essence de roses possède le pouvoir rotatoire — 4°,20′ pour une longueur de 100 millimètres, et celui de l'essence de géranium le pouvoir rotatoire — 1° à 2°. Il semblerait donc que ce

(1) *Comptes rendus*, t. 122, p. 737.

(2) *Loc. cit.*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dernier est un mélange de citronnellol droit et de citronnellol gauche, dans lequel le produit gauche est dominant.

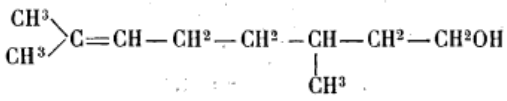
Suivant les savants allemands, le permanganate de potasse oxyde à froid le citronnellol en donnant de l'acide dioxydihydrocitronnellique ; une oxydation plus avancée avec l'acide chromique le convertit en acide β-méthyladipique fondant à 84°-85°. Le citronnellol chauffé avec de l'anhydride acétique se convertit en un alcool cyclique $C^{10}H^{18}O$ auquel les auteurs donnent provisoirement le nom d'isopulégol. Cet alcool bout à 91° sous une pression de 13 millimètres et possède une forte odeur de menthe. L'acide chromique l'oxyde facilement en isopulégone qui ressemble beaucoup à la pulégone de l'essence de pouliot, mais elle bout à une température plus basse.

Avec l'hydroxylamine, l'isopulégone donne deux oximes, fondant respectivement à 120°-121° et 134°. La première est peut-être identique avec le pulégonoxime de M. Wallach, dont le point de fusion est situé entre 118°-119°.

Avec le semicarbazide, il se forme une semicarbazone fondant à 173°, qui est probablement identique avec la pulégonesemicarbazone fondant à 172° de M. Baeyer.

L'isopulégonesemicarbazone et l'isopulégonoxime, bouillies avec de l'acide sulfurique étendu, ne fournissent pas d'isopulégone, mais de l'acétone et de la méthylhexanone $C^7H^{12}O$; cette dernière est identique avec la combinaison qu'a obtenue M. Wallach par dédoublement hydrolytique de la pulégone.

Comme conclusions de leurs observations, MM. Tiemann et Schmidt attribuent au citronnellol la formule :



formule qui est identique avec celle que MM. Barbier et Bouveault donnent à leur rhodinol, ce qui en fait un dihydrogéraniol.

Dans ce qui précède, nous avons exposé aussi brièvement que possible, les résultats auxquels sont arrivés les trois groupes de savants qui se sont occupés de cette étude si captivante du principe auquel on croyait devoir attribuer le parfum des essences de roses et de géranium. Comme on le voit, ils sont loin d'être d'accord sur les dérivés auxquels ce composé donne naissance.

Mais il résulte de leurs travaux qu'ils admettent tous l'existence d'un alcool $C^{10}H^{20}O$, à côté du géraniol $C^{10}H^{18}O$, dans l'essence de roses et dans les huiles essentielles de pelargonium. Cet alcool a été appelé *rhodinol* par MM. Barbier et Bouveault, nom qu'avait jadis donné Eckart aux alcools retirés de l'essence de roses ; *réuniol*, par MM. Hesse et Naschold, et *citronnellol* par MM. Tiemann et Schmidt. Ses relations avec l'aldéhyde citronnellique ou citronnellal justifient cette dénomination.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Un autre point sur lequel les auteurs précités sont d'accord, c'est que le produit $C^{10}H^{20}O$ qu'ils ont soumis à l'étude leur a donné à tous, par oxydation, de l'acide méthyladipique-β, résultat qui est de la plus haute importance au point de vue de la détermination de la constitution de l'alcool en question.

Appelons enfin l'attention sur un fait, c'est que le citronnellol ne se combine pas au chlorure de calcium comme le géraniol, dont il est parent rapproché, et les autres alcools primaires.

Selon Schimmel et Cie, cet alcool n'est probablement pas susceptible d'acquérir une importance pratique en parfumerie, car l'odeur en est faible et en outre peu caractéristique. Elle est même inférieure à celle que possède le géraniol.

Ainsi que nous l'avons fait remarquer à propos de l'essence de roses, il est probable que cette essence, ainsi que celles de pélargonium, doivent leurs parfums non seulement au géraniol et au citronnellol, mais encore à des éthers composés de ces alcools. Les travaux de MM. J. Dupont et J. Guerlain, que nous avons déjà cités, ainsi que les observations faites par MM. E. Charabot et G. Chiris confirment cette hypothèse.

Terpineol, Terpilénol, $C^{10}H^{18}O$. Ce composé qui possède une odeur agréable de syringa, est vendu dans le commerce de la parfumerie sous les noms de *Syringa*, *Lilacine*, *Muguet*, etc. Les anciens extraits de syringa ont été totalement éliminés par les produits au terpinéol. Employé en quantités mesurées, il fournit en effet un parfum qu'il est impossible de distinguer de celui des fleurs fraîches de syringa.

Ce composé est un produit d'hydratation des essences de térébenthine ou un produit de déshydratation de la terpine.

$$\underset{\text{Essence de térébenthine.}}{C^{10}H^{16}} + H^2O = \underset{\text{Terpinéol.}}{C^{10}H^{18}O}$$

$$\underset{\text{Terpine.}}{C^{10}H^{18}(OH)^2} = \underset{\text{Terpinéol.}}{C^{10}H^{17}OH} + H^{10}$$

Il a été successivement étudié par MM. Flavitzky, Tilden, Wallach, qui tous l'ont obtenu à l'état liquide. C'est à MM. Bouchardat et Voiry que nous devons de le connaître à l'état de cristaux blancs fondant de 30° à 32°.

Ces savants l'obtiennent en faisant agir de l'acide sulfurique à 1 p. 1 000 sur de l'hydrate de terpine et lui donnent le nom de *terpilénol*.

On admet que le terpinéol de Wallach est constitué par un mélange de terpinéol solide et d'un isomère liquide de ce dernier.

Ce même terpinéol liquide existerait aussi dans l'essence de cardamome, (Weber), dans l'essence de Kesso (Bertram et Gildemeister) et dans celle de kuromoji (Kwasniek); tandis que le terpinéol solide se trouverait sous la forme d'éther acétique dans l'essence de cajeput (Voiry) et à l'état libre dans l'essence d'*Erigeron canadense* (Kremers).

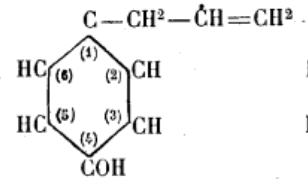
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le terpinéol pur possède le poids spécifique 0,940 à 15° et bout à 215°-218°. Quand il est cristallisé, il doit fondre entre 30°-35°. Il est optiquement inactif. Grâce à la résistance qu'il oppose à la chaleur, et vis-à-vis des alcalis même caustiques, il est d'un emploi commode dans la fabrication des savons de toilette. Les proportions suivant lesquelles il faut employer le terpinéol dans cette fabrication sont de 1 kilo pour 100 kilos de matière. En le combinant avec un peu d'héliotropine et quelques essences fines, comme celles de cananga, géranium et santal, on arrive à faire des produits d'un parfum agréable.

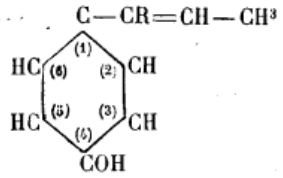
L'emploi du terpinéol est favorisé par sa grande solubilité dans presque tous les solvants usuels, à l'exception de l'eau.

Phénols et éthers phénoliques. — Les phénols ou leurs éthers susceptibles de recevoir une application en parfumerie, en tant que parfums, ne sont pas nombreux. Certains d'entre eux servent de matières premières pour la préparation d'aldéhydes à fonction mixte comme la vanilline, le piperonal, l'aldéhyde anisique. Phénomène digne de remarque, ce sont principalement des allyl et isoallyl phénols et leur éthers méthyliques qui sont susceptibles de donner par oxydation des parfums, à la condition toutefois que les groupements phénoliques occupent certaines positions vis-à-vis de la chaîne hydrocarbonée non saturée.

Le plus simple de ces phénols est le *para-allylphénol* ou *chavicol*, dont l'isomère est le *para-propénylphénol* ou *para-anol*.

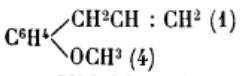


Paraallylphénol ou chavicol.

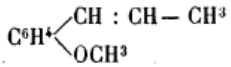


Parapropénylphénol ou para-anol.

Leurs éthers méthyliques constituent, le premier, le méthylchavicol et le second, l'anethol, principe actif des essences d'anis, de fenouil, etc.

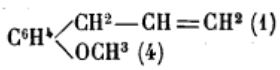


Méthylchavicol.



Anéthol.

Le méthylchavicol possède un isomère, l'estragol, qui se trouve dans l'essence d'estragon et auquel M. Grimaux attribue également la formule



émettant l'hypothèse que ces deux corps sont stéréoïsomères (1).

Quoi qu'il en soit, *méthylchavicol* et *estragol* chauffés avec de la potasse alcoo-

(1) *Comptes rendus*, t. CXVII, p. 1089.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lique sont convertis en anéthol, qui, par oxydation ménagée, fournit de l'aldéhyde anisique

$$C^6H^4\begin{cases}CHO\\OCH^3\end{cases}$$

ou *aubépine*. (Voir plus loin.)

L'anéthol constitue la partie active des essences d'anis et de badiane. Il fond à 21° et bout à 232°. Ses propriétés sont dues aux positions respectives qu'occupent dans la molécule les deux groupes $CH^2CH:CH^2$ et OH. En effet, si l'on prépare les isomères ortho et méta, on obtient des corps qui ne possèdent point le parfum agréable de l'anéthol.

M. Moureu prépare les isomères en chauffant les éthers méthyliques des aldéhydes salicylique et métaoxybenzoïque avec du propionate de sodium et de l'anhydride propionique. Dans ces conditions, il obtient des acides methylcoumariques ortho et méta qui, en perdant de l'acide carbonique, donnent naissance aux isomères de l'anéthol.

1. $$C^6H^4\begin{cases}OH\\CHO\end{cases} + CH^3\,CH^2\,COOH = C^6H^4\begin{cases}OH\\CH=C(CH^3)-COOH\end{cases} + H^2O$$

2. $$C^6H^4\begin{cases}OH\\CH=C(CH^3)-COOH\end{cases} = C^6H^4\begin{cases}OH\\CH=CH-CH^3\end{cases} + CO^2$$

Ces combinaisons ont les propriétés suivantes :

1° Méthylorthopropénylphénol (orthoanéthol) liquide. Point d'ébullition, 220°-223°. Densité à 0° = 1,0075. Odeur rappelant celle du vératrol ;

2° Méthylmétapropénylphénol (métaanéthol) (1) liquide. Point d'ébullition, 226°-229°. Poids spécifique à 0° = 1,0813. Odeur rappelant celle de la résine élemi.

Dans les produits de la réaction se trouvent encore les acides méthylpropiocoumariques que nous avons cités plus haut.

L'acide méthyl ortho propiocoumarique fond à 107°-108°.

L'acide méthylméta propiocoumarique fond à 92°-930°.

(Moureu. *Bull. Soc. chim.* [3], t. XV, p. 1021.)

En saturant l'anéthol avec de l'acide chlorhydrique et soumettant le produit à la distillation, M. Grimaux a obtenu, indépendamment de produits huileux secondaires, du métanéthol, fondant à 132°. M. Grimaux confirme ses recherches antérieures, d'après lesquelles l'anéthol perd ses aptitudes à la cristallisation, quand on le chauffe pendant longtemps, fait qui tient à la formation des polymères liquides. (*Bull. Soc. chim.* [3], t. XV, p. 778).

Eugénol et *Isoeugénol*, *Méthyleugénol* et *Isométhyleugénol*, *Safrol* et *Isosafrol*.

(1) Ne pas confondre avec les polymères de l'anéthol ordinaire, auxquels on donne le nom de métanethols.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'*Eugénol* fait partie constituante de l'essence de girofles (*Eugenia caryophyllata*), de l'essence de piment (*Eugenia pimenta*), de l'essence de sassafras, de l'essence de *Myrcia acris*, de l'essence de culilaban, de l'essence de camphre et des essences de cannelle blanche et de cannelle de Ceylan.

Le *méthyleugénol* ou allyl-3-4-veratrol se trouve dans les essences de paracoto, d'*Asareum europeum* et de *Myrcia acris*.

Le *Safrol* se rencontre dans les huiles de sassafras, de badianes (*Ilicum anisatum* et *Ilicum religiosum*), de camphre, de massoy.

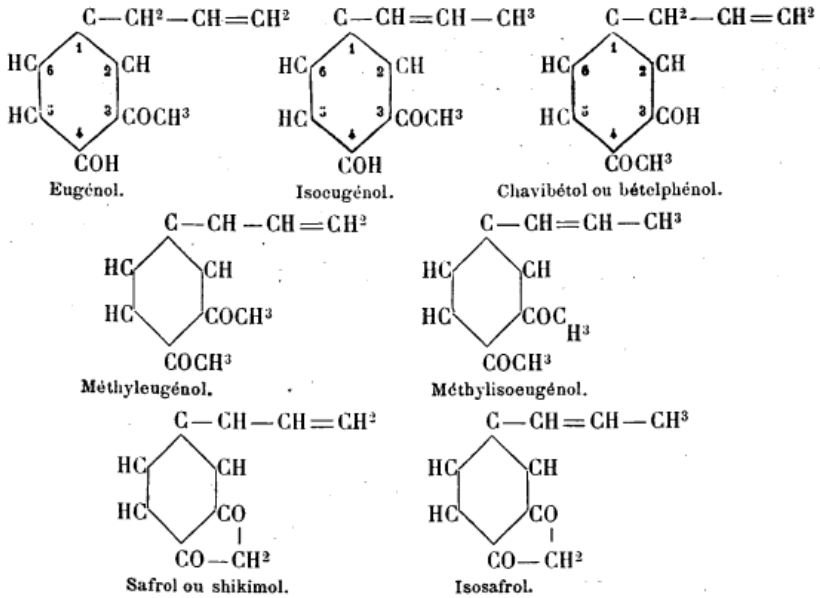
Tous ces corps chauffés avec une solution alcoolique de potasse, ou avec de l'éthylate de sodium, ou mieux avec de l'amylate de sodium (Gassmann) sont convertis en leurs isomères respectifs, isoeugénol, méthylisoeugénol, isosafrol, qui présentent vis-à-vis d'eux les mêmes rapports que l'anéthol présente vis-à-vis du méthylchavicol ou de l'estragol (1).

Tandis que les premiers sont des dérivés d'une allylpyrocatéchine (1.3.4.) les composés isomères sont des dérivés d'une propénylpyrocatéchine.

Dans l'eugénol et l'isoeugénol, la fonction phénolique qui se trouve en position 3 par rapport au radical hydrocarboné, est méthylée.

Dans les deux méthyleugénols, les deux fonctions phénoliques sont méthylées. Enfin, dans le safrol et l'isosafrol, les deux fonctions phénoliques sont éthérifiées par un même radical méthylène.

Les schémas suivants rendent d'une façon saisissante les différentes fonctions que possèdent ces corps ainsi que la nature de l'isomérie qui les distingue les uns des autres.



(1) Gassmann, *Comptes rendus*, 1897, t. CXXIV, p. 38.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Comme on le voit, l'eugénol possède deux isomères, dont l'un, l'isoeugénol n'en diffère que par la position qu'on assigne à la double liaison dans le radical ou chaîne latérale C^3H^5, tandis que l'autre, le chavibétol, s'en distingue par la position qu'occupe dans la molécule le groupe CO CH^3. Ce changement de position du groupe CH^3 suffit pour imprimer aux dérivés des propriétés toutes différentes non seulement au point de vue physique et chimique, mais encore *au point de vue parfum*. Ainsi, tandis que l'eugénol et l'isoeugénol sont susceptibles de fournir par oxydation de la vanilline identique au parfum naturel, le chavibétol ne donne naissance qu'à de l'isovanilline, presque sans odeur à froid, et qui n'acquiert un peu le parfum de la vanilline que lorsqu'on la chauffe. — Aussi n'emploie-t-on pour la préparation de la vanilline que l'eugénol et l'*isoeugénol*.

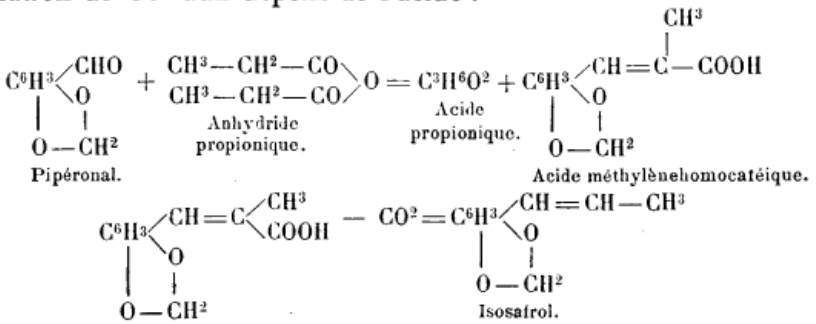
L'*Eugénol* est un liquide à odeur de girofles qui bout à 247°,5 et dont la densité à 0° = 1,0779. Il est soluble dans une lessive de potasse à 1 p. 100.

Isoeugénol. Liquide qui bout à 258°-262° et se solidifie en une masse d'aiguilles, quand on l'introduit dans un mélange réfrigérant. Sa densité = 1,080 à 16°. Les méthyleugénol et méthylisoeugénol n'ont reçu aucune application. Quant au safrol et à l'isosafrol, ils servent de matière première pour la préparation de pipéronal ou héliotropine.

Le *Safrol* ou *Shikimol* se présente sous la forme de cristaux monocliniques fondant à 8° et bouillant à 232°. Il se retire généralement de l'essence de camphre (Schimmel) et de l'essence de sassafras. Il possède une odeur rappelant celle du sassafras et est employé comme tel dans la parfumerie des savons.

L'*Isosafrol*, obtenu comme nous l'avons déjà fait remarquer en chauffant du safrol avec de l'éthylate de soude, est un liquide qui ne se solidifie point à 18° au-dessous de 0°. Il bout à 246°-248°.

M. Moureu (1) a préparé l'isosafrol dans le but de donner une preuve expérimentale de sa constitution et des relations qu'il possède avec le pipéronal. A cet effet, il chauffe ce dernier dans un appareil à reflux pendant cinq heures avec un mélange d'anhydride propionique et de propionate de soude. Il obtient ainsi un mélange d'acide méthylène homocaféique et d'isosafrol, ce dernier provenant de l'élimination de CO^2 aux dépens de l'acide :



(1) *Comptes rendus*, t. CXXII, p. 792.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Aldéhydes. — Parmi les aldéhydes qui ont reçu une application dans la parfumerie, il y a lieu de distinguer :

1° Les corps qui ne possèdent qu'une fonction aldéhydique ;

2° Les aldéhydes à fonction mixte.

Au premier groupe appartiennent le citral ou géranial, les aldéhydes benzoïque, cinnamique.

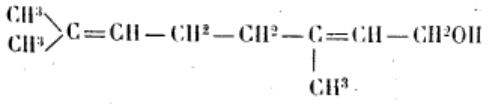
L'aldéhyde salicylique, l'aldéhyde anisique ou *aubépine*, la vanilline, le pipéronal ou héliotropine possèdent, outre la fonction aldéhydique, une ou deux fonctions phénoliques ou éther phénol.

Le *Citral* ou *géranail* ou *lemonal* $C^{10}H^{16}O$ est une aldéhyde appartenant à la série grasse. Elle a été découverte par MM. Schimmel et C°, en 1888, dans l'essence de citron qui en renferme de 6 à 8 p. 100. On l'extrait de cette essence en l'agitant avec une solution concentrée de bisulfite de soude. Il se forme une combinaison cristalline qu'on recueille et qu'on décompose par du carbonate de soude.

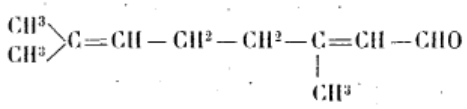
Cette même aldéhyde se trouve encore dans les essences de *Myrcia acris* (Bay-Oel), de fruits de citronnelle, de cèdre, d'*Eucalyptus backousia citriodora* et d'*Eucalyptus staigeriana*, de *Lemon grass*, de mélisse, de fruits de poivre du Japon et dans l'essence d'oranges.

On peut encore l'obtenir en ajoutant à 15 grammes de géraniol une solution de dix grammes de bichromate de potasse dans 12gr,5 d'acide sulfurique étendu de 100 centimètres cubes d'eau, agitant en évitant toute élévation de température et soumettant le produit à la distillation dans un courant de vapeur d'eau. Le composé huileux est décanté et combiné au bisulfite. (Semmler.)

Cette préparation du citral fait de ce corps l'aldéhyde du géraniol



Géraniol.



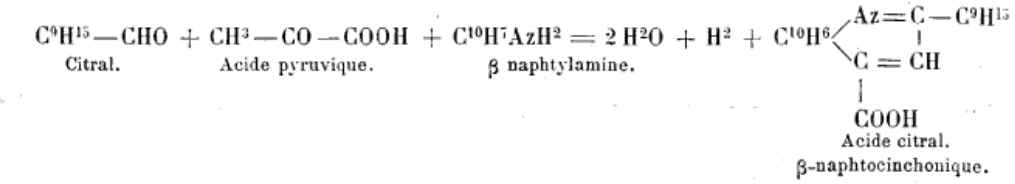
Citral.

Le citral est un liquide d'un jaune d'or, possédant une odeur pénétrante de citron, quand il n'est pas dilué, et une saveur brûlante. Son poids spécifique = 0,899 à 15°. A l'état pur, il distille dans le vide sous une pression de 16 millimètres à 116° et sous une pression normale à 228-229, sans se décomposer. Il se combine au bisulfite de soude pour donner une combinaison cristallisable.

Le citral possède enfin une réaction caractéristique qui permet d'en reconnaître de petites quantités. Quand on chauffe pendant trois heures 20 grammes de cette aldéhyde avec 12 grammes d'acide pyruvique et 20 grammes de β-naphtylamine en solution alcoolique, on obtient, après un traitement approprié de la liqueur, environ 14 grammes d'un acide appelé par M. Dœbner acide citral-β

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

naphtocinchonique. Ce corps prend naissance en vertu de la réaction suivante :



Ce composé cristallise dans l'alcool en feuilles à couleur de citron, renfermant une demi-molécule d'eau de cristallisation et fondant à 197°. Son chlorhydrate se dépose de sa solution alcoolique en aiguilles d'un jaune orange (1).

La teneur en citral des essences normales de citron est, en moyenne, environ de 7,5 pour cent. Il s'ensuit que 75 grammes de citral peuvent remplacer un kilogramme d'essence de citron. Il ne faut cependant pas oublier qu'il est en partie dénué de cette « fraîcheur suave » qui caractérise une bonne essence de citron. Au point de vue du rendement comme parfum, MM. Schimmel recommandent le mélange suivant :

100 grammes de citral.
1400 — d'essence de citron.

Ce mélange est équivalent à 3000 grammes d'essence de citron.

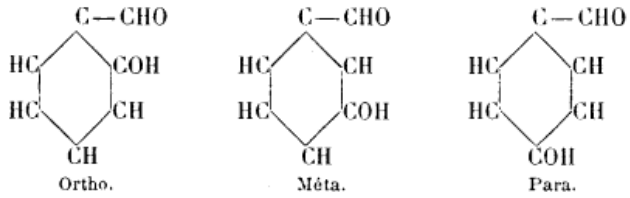
Veut-on employer le citral sans essence, la solution suivante est recommandée :

75 grammes de citral.
925 — d'alcool à 95°.

Cette liqueur équivaut comme rendement à 1 kilogramme d'essence de citron. (Schimmel.)

Aldéhydes benzoïque et cinnamique. — Les essences d'amandes amères et de cannelle sont en majeure partie constituées, la première par de l'aldéhyde benzoïque et la seconde par de l'aldéhyde cinnamique. Les modes de préparation et les propriétés de ces aldéhydes sont trop connus pour que nous y insistions. Pour beaucoup de produits parfumés, les aldéhydes obtenues par voie synthétique remplacent avantageusement les essences naturelles.

Aldéhydes à fonction mixte. — Il existe trois aldéhydes oxybenzoïques, l'aldéhyde ortho, la méta et la para dont la constitution est respectivement représentée par les trois formules suivantes :



(1) Dœbner, *Deut. chem. Ges.*, XXVII, 2024.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

De ces trois aldéhydes, la combinaison ortho seule possède une odeur parfumée. Elle fait partie des essences provenant de la distillation de certaines variétés de *spirées* et en particulier du *Spirea ulmaria*. Cette aldéhyde, à laquelle on donne le nom d'aldéhyde *salicylique*, s'obtient aussi par oxydation de la salicine au moyen du mélange chromique. Enfin, on peut la préparer par la méthode de MM. Tiemann et Reimer en chauffant du phénol avec du chloroforme en présence de la soude ou de la potasse.

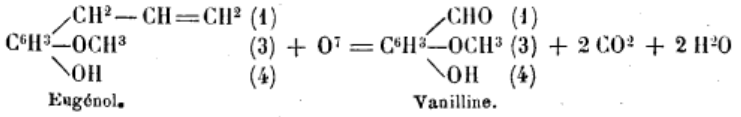
Parmi les dérivés de la paraoxybenzaldéhyde, il convient de citer la *paraméthoxybenzaldéhyde* ou *aldéhyde anisique*, ou *aubépine*. Ce parfum possède une odeur très fine rappelant celle de l'anis. Il bout à 245°-246°, a pour densité 1,126 à 15°. Liquide à la température ordinaire, il se prend en masse à quelques degrés au-dessous de zéro. Les cristaux fondent à — 4°.

Au contact de l'air, cette aldéhyde s'oxyde facilement en acide anisique. Il faut par conséquent la conserver dans des flacons bien bouchés et aussi remplis que possible.

L'aldéhyde anisique s'obtient par oxydation au moyen du mélange chromique de l'anéthol, $CH^3O.C^6H^4CH : CH.CH^3$, stéaroptène qui existe dans les essences d'anis, de fenouil, de badiane, etc.

Vanilline, métaméthyloxyparaoxybenzaldéhyde.

On sait que ce parfum est contenu dans la proportion de 2 p. 100 environ dans les fruits du *Vanilla planifolia*. On le rencontre aussi dans une orchidée, le *Nigrita suaveolens*. On l'a obtenu artificiellement en oxydant la *coniférine*, glucoside qui se trouve dans le suc cambial des conifères, au moyen de l'acide chromique. L'industrie le prépare généralement en partant de l'eugénol et de l'isoeugénol qu'on soumet à l'oxydation.



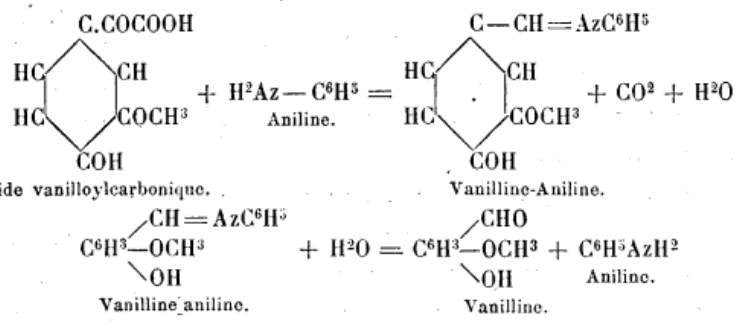
Eugénol. Vanilline.

M. Ch. Gassmann (1) vient de donner une nouvelle méthode de préparation de la vanilline. Elle consiste à combiner l'acide vanilloyl carbonique (1 partie) avec 24 parties d'aniline. On chauffe le mélange jusqu'à ce que le dégagement d'acide carbonique soit terminé; il se forme une benzylidène aniline substituée qu'on sépare de l'excès de vanilline à l'aide d'un courant de vapeur d'eau. La vanilline-aniline est scindée finalement par une courte ébullition avec l'acide sul-

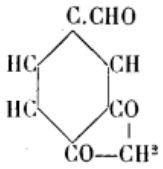
(1) *Comptes rendus*, 1897, t. CXIV, p. 38.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

furique à 50 p. 100. On isole la vanilline formée par extraction à l'éther, d'où elle cristallise facilement.



Le *Piperonal* ou *aldéhyde méthylène protocatéchique*, ou *héliotropine*, est un composé qu'on obtient par oxydation de l'acide pipérique, du safrol, de l'isosafrol ou en faisant agir de l'iodure de méthylène sur l'aldéhyde protocatéchique. Il a pour constitution :

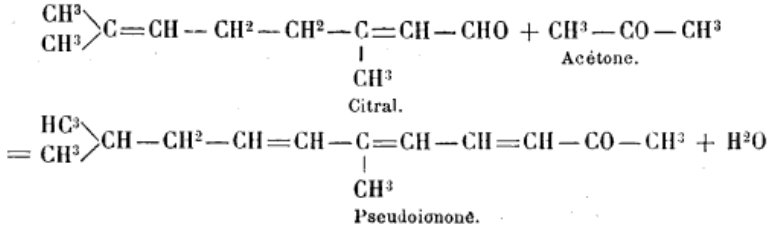


fond à 37°, bout à 263° et possède une odeur d'héliotrope.

Parmi les parfums à fonctions cétonique nous citerons :

L'*Ionone* $C^{13}H^{20}O$.

On sait que ce parfum à odeur de violette est un isomère de l'irone, principe auquel l'iris doit son arome. Il a été préparé par MM. Tiemann et Kruger qui l'obtiennent en partant de l'acétone et du *citral* ou *géranial* dont il a été question plus haut. Dans un flacon de 1 litre et demi, on indroduit 65 centimètres cubes d'acétone, 50 centimètres cubes de citral et 1 litre d'eau de baryte saturée à froid. On abandonne le mélange à lui-même pendant quelques jours en ayant soin de l'agiter de temps en temps. On reprend ensuite par l'éther, on distille et on fractionne le produit dans le vide. La portion, passant de 138° à 155° sous une pression de 12 millimètres, est recueillie, distillée dans un courant de vapeur d'eau pour enlever le citral, l'acétone, non entrés en réaction, ainsi que d'autres produits de condensation. L'huile restante est de nouveau rectifiée, et on recueille ce qui passe entre 143°-145°. Ce produit constitue la pseudoionone.

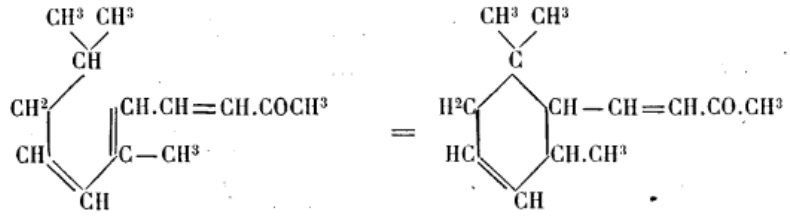


Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La pseudoionone constitue une huile incolore, de densité 0,9044. Elle possède une odeur spéciale, ne se combine pas au bisulfite de soude, mais à la phénylhydrazine et à l'hydroxylamine. Les acides étendus la convertissent en ionone.

A cet effet, on chauffe jusqu'à l'ébullition, au bain d'huile, pendant plusieurs heures, un mélange de 22 centimètres cubes de pseudoionone, 100 centimètres cubes d'eau $1^{cm^3},5$ d'acide sulfurique concentré et 79 centimètres cubes de glycérine. Après refroidissement, on extrait à l'éther, on évapore, et le résidu huileux est rectifié dans le vide jusqu'à ce qu'on ait un liquide qui distille entre 126° et 128°, sous une pression de 12 millimètres.

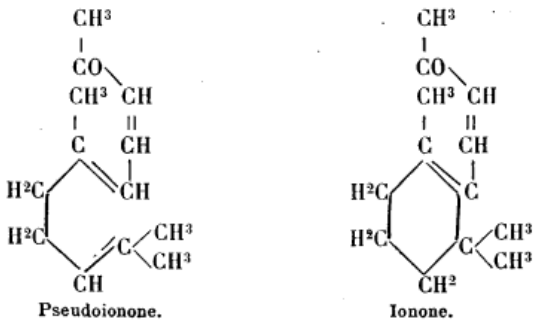
Dans cette réaction de l'acide sulfurique sur le pseudoionone, l'acide détermine la soudure cyclique du composé, qu'on peut représenter par le schéma



Pseudoionone. Ionone.

L'addition de glycérine n'a d'autre but que d'élever la température d'ébullition du mélange. L'ionone constitue un liquide incolore bouillant à 126°-128°, et de densité 0,9351 à 20°. Elle se dissout facilement dans l'alcool, l'éther, la benzine et le chloroforme. Elle possède une odeur pénétrante, agréable, rappelant le parfum de la violette. L'odeur se manifeste mieux quand on étend d'alcool méthylique pur [1 centimètre cube d'ionone sur 500 centimètres cubes d'alcool]. La préparation de ce produit est protégée par des brevets.

MM. Barbier et Bouveault emploient un autre procédé d'isomérisation de la pseudoionone. Ils font tomber, goutte à goutte, cette dernière dans l'acide sulfurique de 65° à 70° refroidi dans un mélange de glace et de sel. Quand la dissolution est opérée, on chauffe quelques instants au bain-marie, puis on verse dans l'eau froide. On agite avec l'éther, on lave au carbonate de soude, on chasse le dissolvant et on rectifie dans le vide. Les auteurs traduisent la transformation isomérique de la façon suivante :



Pseudoionone. Ionone.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le rendement en ionone serait de 25 p. 100 du citral employé. (*Bull. Soc. ch.* [3], t. XV, p. 1007.)

COUMARINE $C^9H^6O^2 = C^6H^4 \begin{cases} CH : CH \\ | \\ O - CO \end{cases}$

La coumarine est considérée comme un anhydride d'un acide phénol qui est l'acide coumarique.

Elle existe toute formée dans la fève de tonka, fruit du *dipterix odorata*, puis dans les feuilles du *Liatrix odoratissima*, appelé dans le commerce américain « Deer tongue », plante qui croît en Virgnie, en Floride et dans la Caroline. Elle se trouve aussi en petite quantité dans l'asperule odorante (*Asperula odorata*) dans le mélilot (*Melilotus officinalis*) et dans l'herbe d'*Authoxanthum odoratum*. Toutes ces drogues doivent leur parfum et leur valeur exclusivement à la coumarine. Tous les autres principes constituants de ces plantes sont non seulement sans aucune valeur, mais deviennent nuisibles lors de l'extraction des parfums. Aussi préfère-t-on, dans la parfumerie, la coumarine pure qu'on obtient actuellement par voie synthétique.

On l'obtient en chauffant un mélange d'aldéhyde salicylique sodée et d'anhydride acétique, ou mieux un mélange d'acétate de soude, d'aldéhyde salicylique et d'anhydride acétique. Il se forme de l'acide acétylcoumarique qui se scinde sous l'influence de la chaleur en acide acétique et coumarine.

$$C^6H^4 \begin{cases} CHO\ (1) \\ ONa \end{cases} + \begin{matrix} C^2H^3O \\ C^2H^3O \end{matrix} \Big\rangle O = C^6H^4 \begin{cases} CH : CH.CO^2\ C^2H^3O \\ ONa \end{cases} + H^2O$$

$$C^6H^4 \begin{cases} CH : CH - CO^2 - C^2H^3O \\ ONa \end{cases} = C^6H^4 \begin{cases} CH : CH \\ | \\ O - CO \end{cases} + C^2H^3O^2Na$$

Cristaux rhomboïdaux fondant à 67°, solubles dans l'eau, l'alcool, la glycérine, la vaseline, l'huile grasse, les corps gras d'origine animale, etc.

Eu égard à l'importance qu'il y a de connaître exactement dans la pratique la solubilité de la coumarine dans l'alcool et dans l'eau, MM. Schimmel ont fait des déterminations rigoureuses aux températures de 0°, de 16°-17° et de 29°-30° C.

Nous transcrivons le tableau de ces solubilités tel qu'il figure dans le *Bulletin* Schimmel et Cie des mois d'octobre-novembre 1896.

100 parties d'alcool à	à 0° C.	à 16-17° C.	à 29-30° C.
90°	7,1 parties	16,7 parties	42,5 parties
80°	6,0	12,3	38,3
70°	4,4	9,1	26,0
60°	3,2	6,00	16,0
50°	1,7	3,4	8,9
40°	0,7	1,5	3,9
30°	0,3	0,6	1,7
20°	0,2	0,4	0,8
10°	0,13	0,25	0,5
100 parties d'eau	0,12	0,18	0,27

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pour éviter un dépôt de coumarine au sein de la solution, lors d'un abaissement de la température, il faut avoir soin de ne pas saturer la solution à la température où se trouve le milieu ambiant. Prend-on comme quantité normale, celle qui se dissout à 0°, on peut être sûr que, dans les circonstances usuelles, il ne se forme point de dépôt.

Néroline. — Sous ce nom, et aussi sous celui de *bromelia,* on a introduit, dans le commerce, il y a quelques années, l'éther éthylique du β naphtol. D'autre part, M. E. Jacobsen a recommandé comme parfum, sous le nom de jara-jara, l'éther méthylique du même β naphtol. Tous deux s'obtiennent en chauffant à 150° le β naphtol avec les alcools respectifs.

L'éther *méthylique* du β naphtol cristallise en feuilles fondant à 72° et possède une odeur d'essence de néroli.

L'éther *éthylique* fond à 37° et a une odeur rappelant celle de l'ananas. (*Bul. Chem. Ges.*, XVI, 2706.)

Dans leur *Bulletin* du mois d'avril 1895, MM. Schimmel font part de la synthèse qu'ils ont faite d'une *néroline* identique comme composition, constitution et propriétés organoleptiques au produit caractéristique auquel l'essence de néroli doit son parfum. Celle-ci ne renferme ce principe que dans la proportion de 1,50 p. 100 environ. A vrai dire, le parfum de l'essence de néroli n'est pas uniquement dû à ce principe, mais à un mélange de ce corps avec d'autres contenus dans l'huile, dans des proportions déterminées. Le produit fabriqué ainsi ressemblerait en tous points comme arome à l'essence naturelle et ne contiendrait aucun des corps vendus naguère sous le nom de néroline (éther méthylique du β naphtol.

Dans cette courte revue, nous nous sommes attaché à donner un aperçu non seulement des progrès récents introduits dans la fabrication des parfums, mais encore des travaux synthétiques faits, il y a plusieurs années, sur un ensemble de principes de constitution très compliquée. Notre but, en faisant cette revue en quelque sorte rétrospective, a été de montrer combien les recherches, d'ordre purement scientifique, sont nécessaires pour suspendre les multiples secrets de la nature et combien aussi l'empirisme doit être banni de cet ordre d'études.

Dans les parfums à composition bien déterminée, comme dans les matières colorantes et tout autre produit organique, il faut, par une série de recherches systématiques, conduites avec méthode, fixer non seulement la composition et la fonction de la molécule, mais encore la place qu'y occupe chaque atome qui concourt à son édifice.

A. HALLER.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TRAVAUX DE LA COMMISSION DES ALLIAGES

RECHERCHES EXPÉRIMENTALES SUR LES ALLIAGES MÉTALLIQUES

ÉTUDE MICROSCOPIQUE DES ALLIAGES MÉTALLIQUES

PAR **M. G. Charpy.**

L'étude microscopique des métaux a surtout été appliquée jusqu'ici aux alliages industriels. Les recherches effectuées sur ce sujet ont conduit à des résultats importants pour la technique métallurgique, mais qui comportent peu de déductions générales sur la constitution des alliages; cela tient à ce que les métaux utilisés industriellement sont ceux qui présentent les structures les plus compliquées. Les alliages formés de deux métaux simplement juxtaposés ont naturellement des propriétés qui diffèrent peu de celles de ces métaux, et l'on a été conduit empiriquement à les laisser de côté pour utiliser ceux dont la constitution complexe permet d'obtenir des propriétés supérieures à celles des métaux constituants.

Cette complexité rend les métaux industriels peu propres à fournir des indications sur la constitution des alliages métalliques; il est préférable, dans ce but, de partir d'alliages à constitution aussi simple que possible et de se rapprocher graduellement des cas les plus compliqués. C'est d'après cette idée qu'ont été dirigées les recherches qui font l'objet de ce mémoire et pour lesquelles nous avons pris comme guide les études effectuées antérieurement sur les propriétés physiques des alliages et notamment sur la forme des *courbes de fusibilité*.

Ces recherches ont été résumées dans une série de notes de M. H. Le Chatelier et dans le mémoire de M. H. Gautier parus au *Bulletin* de la Société d'Encouragement (1).

En dehors des travaux relatifs à la micrographie des aciers, dont on trouvera la nomenclature dans les mémoires de M. Osmond et des recherches relatives aux alliages de cuivre indiquées dans notre étude sur les alliages de cuivre et de zinc (2), il n'y a à signaler, comme publications relatives à la métallographie microscopique, que l'important ouvrage de M. H. Behrens, que nous aurons souvent l'occasion de citer, une note de M. H. Le Chatelier dans le *Bulletin* de la Société

(1) *H. Le Chatelier.* 1° Étude sur la constitution des alliages d'après les mesures de force électro-motrice; 2° étude sur la constitution des alliages d'après les mesures de conductibilité électrique; 3° sur les combinaisons définies des alliages métalliques; 4° sur la fusibilité des alliages métalliques. *Bulletin de la Société d'Encouragement*, février, avril et mai 1895. — *H. Gautier.* Recherches sur la fusibilité des alliages métalliques; *Bulletin de la Société d'Encouragement*, octobre 1896.

(2) *Bulletin* de février 1896, p. 180.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'Encouragement, et deux mémoires sur les alliages d'or avec de très petites quantités d'autres substances, dus, l'un à M. Arnold, l'autre à MM. Roberts-Austen et Osmond (1).

I. — PROCÉDÉS D'EXPÉRIENCE

a. — Les plaquettes destinées à l'examen microscopique sont d'abord dégrossies à la lime ou à la meule d'émeri, puis passées sur du papier d'émeri de plus en plus fin, et enfin polies sur une peau de daim très fine avec du brillant belge d'abord et, pour finir, avec du rouge d'Angleterre très fin et employé en très petite quantité.

Avec les métaux durs, le polissage ne présente pas de grandes difficultés ; il n'en est pas de même pour les métaux mous, notamment pour les alliages qui contiennent une forte proportion de plomb ou d'étain ; il est alors impossible d'arriver à un poli spéculaire, le métal mou s'étendant à la façon d'un corps gras sur toute la surface de la préparation. Néanmoins, avec du soin et de la patience, on arrive à obtenir des plaquettes sur lesquelles une attaque chimique dessine nettement la structure.

Le polissage suffit dans un certain nombre de cas à faire apparaître les constituants les plus durs ou ceux qui sont colorés ; mais, le plus souvent, il faut avoir recours à une attaque chimique. Si, lorsqu'on applique la micrographie à l'étude d'un alliage déterminé en vue de suivre les transformations produites par un traitement mécanique ou thermique, il est indispensable d'employer un procédé d'attaque bien défini et toujours identique, il n'en est pas de même quand on cherche à caractériser les constituants des alliages ; il est utile, au contraire, dans ce dernier cas, d'employer successivement, pour l'attaque, des réactifs variés, la comparaison des résultats ainsi obtenus étant l'un des meilleurs moyens de déterminer la nature d'un constituant.

Les réactifs les plus fréquemment employés sont les différents acides, la potasse, l'ammoniaque, les sulfures alcalins ; ces réactifs sont employés en solutions très diluées dans l'alcool pour éviter l'influence des traces de matières grasses qui peuvent rester à la surface des plaquettes. Les plaquettes sont placées sur une lame de platine ; il se forme ainsi un couple électrique qui régularise beaucoup l'attaque.

Dans un grand nombre de cas, on peut faire apparaître la structure en chauffant le métal au contact de l'air ; les différents constituants s'oxydent alors successivement et prennent des colorations différentes ; comme réactif gazeux, il y a

(1) *H. Behrens.* Das mikroskopische Gefüge der metalle und Legierungen. Leipzig, 1894. — *H. Le Chatelier.* Sur la métallographie microscopique ; *Bulletin de la Société d'Encouragement,* 1896. — *Arnold.* Engineering, 1896. Tome LXI, page 176. — *Roberts-Austen et Osmond.* Recherches sur la structure des métaux ; *Bulletin de la Société d'Encouragement,* août 1896.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

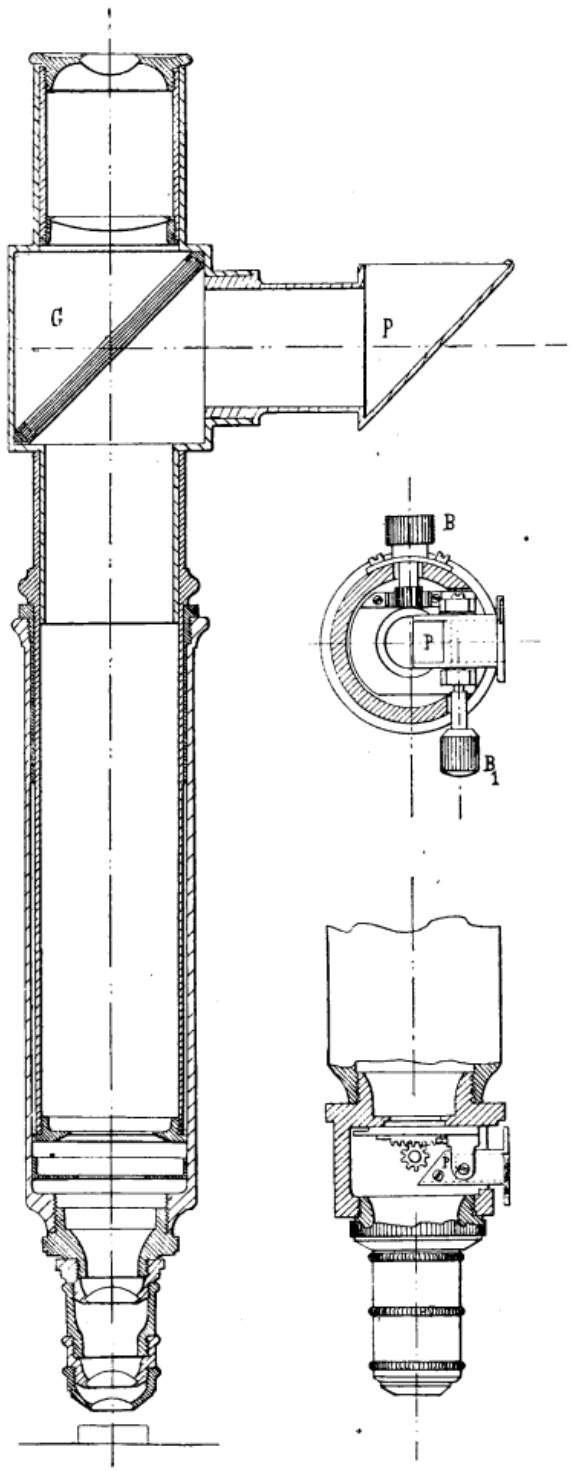


Fig. 1 et 2. — Oculaire éclairant de *M. Cornu*, et microscope à éclairage vertical *Guillemin-Nachet*.

lieu de citer aussi l'hydrogène sulfuré, qui donne de bons résultats avec certains alliages d'argent. L'oxydation par chauffage est très recommandée par M. Behrens et M. Guillemin pour les alliages de cuivre.

Enfin, le procédé le plus général consiste à attaquer la plaquette par électrolyse en la plongeant dans une solution saline et la faisant communiquer avec le pôle positif d'une pile dont le pôle négatif communique avec une lame ou un fil de platine.

M. H. Le Chatelier a décrit, dans sa note sur la métallographie microscopique, différents dispositifs pour appliquer ce procédé, dont nous avions utilisé une variante pour l'étude des alliages de cuivre et de zinc à forte teneur en cuivre.

b. — L'examen de la préparation au microscope doit se faire le plus souvent en éclairant suivant l'axe du microscope. Pour obtenir ce résultat, différents dispositifs ont été proposés; pour l'observation nous avons employé constamment l'oculaire éclairant de M. Cornu. Cet appareil (fig. 1) comprend une série de quatre lames minces de verre superposées G, placées à 45° au-dessous del 'oculaire. Si l'on envoie de la lumière horizontalement par une ouverture p ménagée sur le côté de la boîte qui contient cette pile de glaces, cette lumière est réfléchie partiellement suivant l'axe du microscope, traverse l'objectif et éclaire la préparation. Les rayons réfléchis

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

reviennent ensuite suivant l'axe du microscope, traversent en partie les lames de verre et arrivent à l'œil à travers l'oculaire.

Pour pouvoir utiliser la lumière venant d'un point quelconque de l'espace, nous avons placé sur le côté de la pile de glaces un prisme p à réflexion totale monté sur un tube perpendiculaire à l'axe du microscope; ce prisme peut donc tourner autour de deux axes rectangulaires, l'axe du microscope et l'axe du tube sur lequel il est monté; il permet, par suite, d'envoyer sur les lames de verre la lumière venant d'une source quelconque sans déplacer le corps du microscope. Ce dispositif est particulièrement commode quand on veut utiliser la lumière des nuées.

Pour la reproduction photographique des préparations, nous avons utilisé le plus souvent l'appareil d'éclairage vertical Guillemin-Nachet. Ce « vertical » (fig. 2) comprend un prisme à réflexion totale p dont une face forme lentille et que l'on place au-dessus de l'objectif de façon que la face réfléchissante empiète seulement sur la moitié au plus de la section du microscope. Ce prisme peut être avancé ou reculé et diversement incliné au moyen de deux boutons molletés B et B, placés sur le côté de l'appareil; il permet d'envoyer sur la plaquette la lumière venant d'une source placée sur le côté. On obtient plus facilement l'éclairage uniforme d'une surface un peu étendue en employant un oculaire à projection.

Pour les grossissements peu considérables la distance entre l'objectif et la préparation est assez grande pour qu'on puisse interposer une lame transparente, inclinée à 45°, et sur laquelle on fait réfléchir la lumière. On obtient ainsi d'excellents résultats sans aucun réglage; nous avons pu utiliser ce dispositif jusqu'à des grossissements de 100 diamètres environ.

La source de lumière utilisée est toujours une lampe à incandescence un peu poussée; par exemple, une lampe de 65 volts travaillant à 70 volts. La durée de ces lampes est ainsi considérablement abrégée, mais la lumière émise est beaucoup plus photogénique, et les durées de pose dépassent rarement une minute.

Les grossissements que nous avons utilisés dans le cours de ce travail sont les suivants :

30 diamètres. — Objectif n° 3 de Nachet.
60 diamètres. — Objectif n° 3 de Nachet avec oculaire à projection.
100 diamètres. — Objectif n° 4 de Nachet avec oculaire à projection.
200 diamètres. — Objectif n° 5 de Nachet avec oculaire à projection.
500 diamètres. — Objectif n° 9 de Nachet à immersion homogène avec oculaire à projection.

c. — L'examen microscopique ne permet pas de déterminer à coup sûr la nature des différents constituants que l'on voit juxtaposés sur les surfaces polies ou attaquées, mais il fournit à ce sujet des indications qui, rapprochées des études sur les propriétés des mêmes corps, conduiraient presque à la certitude.

Les constituants ne se séparent presque jamais à l'état de cristaux bien

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

formés, mais à l'état de *cristallites,* à arêtes courbes et mal définies, la forme des constituants ne pourra, en général, donner qu'une indication grossièrement qualitative.

La dureté relative est un des meilleurs moyens de séparer les différents constituants; le polissage sur une peau de daim un peu épaisse suffit en général à faire apparaître en relief les corps les plus durs ; les cristaux durs se présentent même dans les alliages de métaux mous et sont alors incontestablement formés par un composé défini; tel est le cas du cuivre et de l'étain, de l'argent et de l'étain, etc.

M. H. Behrens a, dans quelques cas, mesuré la dureté relative de deux constituants juxtaposés en les rayant sous le microscope avec des aiguilles de métaux de dureté connue.

La couleur des constituants fournit souvent des indications utiles ; c'est ainsi qu'on distingue dans les alliages d'antimoine et de cuivre un composé violet; dans les alliages de cuivre et de zinc ou de cuivre et d'étain, on distingue les parties riches en cuivre colorées en jaune, les parties riches en zinc ou en étain, colorées en blanc, etc.

Le procédé le plus généralement applicable consiste à étudier l'action de différents réactifs sur les divers constituants microscopiques. Dans les alliages de plomb et d'étain, par exemple, l'acide chlorhydrique recouvre les cristaux de plomb d'une couche blanche de chlorure de plomb et dissout l'étain, tandis que l'acide azotique dissout le plomb et recouvre l'étain d'une couche blanche d'acide métastannique. Dans les alliages d'argent, l'acide sulfhydrique colore en noir les parties les plus riches en argent; dans les alliages de cuivre, l'ammoniaque oxyde d'abord les parties les plus riches en cuivre, etc.

Enfin, il faut signaler un procédé d'investigation un peu inattendu, qui a été indiqué pour la première fois par M. Albert Sauveur et appliqué à l'acier: c'est l'emploi du planimètre qui permet de mesurer le rapport des surfaces occupées sur la préparation par les différents constituants et donne ainsi, en quelque sorte, une *analyse immédiate* dont les résultats, comparés à ceux de l'*analyse élémentaire,* fournissent de précieuses indications. Nous avons appliqué à plusieurs reprises ce procédé qui, dans le cas particulier des alliages d'antimoine et d'argent, nous a indiqué l'existence probable d'une combinaison définie, par suite de l'écart considérable qui existait entre les proportions calculées et observées des différents constituants.

Les mesures planimétriques ne sont évidemment qu'approximatives, elles supposent l'alliage sensiblement homogène et, pour cela, s'appliqueraient beaucoup mieux aux métaux industriels qu'aux alliages d'étude préparés en petites quantités et coulés dans des conditions qui permettent, en général, la liquation; mais ces mesures n'en sont pas moins très importantes; outre les indications

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sur la proportion relative des différents constituants, elles permettent d'exprimer, d'une façon précise, la grosseur du grain, qui semble la meilleure caractéristique des conditions dans lesquelles a été effectuée la solidification.

II. — ALLIAGES EUTECTIQUES

L'un des points les plus intéressants à étudier par l'examen microscopique était la constitution des alliages *eutectiques* ou alliages à *point de fusion minimum*. La propriété de fondre à une température plus basse que tous les autres mélanges des mêmes corps a été longtemps considérée comme caractéristique d'un composé défini. Cette idée préconçue semble même avoir conduit certains expérimentateurs à admettre des résultats inexacts en ce qui concerne la composition de ces alliages. C'est ainsi que Rudberg indique que le mélange d'étain et de bismuth le plus fusible est celui qui correspond à la formule $Sn^3 Bi^2$, qui se liquéfie à 143°; en réalité, d'après Guthrie, l'alliage le plus fusible d'étain et de bismuth fond à 133°; il contient 46,1 p. 100 de bismuth au lieu de 45,74 qu'indiquerait la formule $Sn^3 Bi^2$.

Le fait que la composition des alliages eutectiques ne peut s'exprimer, en général, par des multiples simples des poids atomiques a été nettement mis en évidence par le Dr Guthrie dans une série de mémoires publiés par le *Philosophical Magazine* de 1875 à 1884. M. Guthrie a envisagé successivement la solidification des so utions salines dans l'eau, des mélanges de sel fondus et des alliages métalliques, et il en conclut que, dans ces trois cas, le corps qui se solidifie à la température la plus basse a une constitution spéciale pour laquelle il propose la dénomination d'*eutectique*.

Nous citerons ici quelques passages de son dernier mémoire intitulé : *On Eutexia* (*Philosophical Magazine*, juin 1884) :

« Les alliages eutectiques, dont beaucoup étaient imparfaitement connus et les alliages eutectiques des sels, que je décrirai, sont les homologues parfaits des cryohydrates.

« L'idée que les alliages à point de fusion minimum sont obtenus en mélangeant les métaux suivant des multiples simples de leurs poids atomiques doit vraisemblablement être mise de côté. De même que le cryohydrate se forme de lui-même quand on refroidit une solution de concentration quelconque, de même l'alliage eutectique se forme de lui-même quand on refroidit un alliage de composition quelconque.

« On peut admettre que certains métaux se combinent suivant des multiples simples de leurs poids atomiques. Les alliages eutectiques présentent, par rapport à ces corps, la même relation que les cryohydrates par rapport aux hydrates ordinaires, et, comme pour les cryohydrates, leurs constituants ne sont pas dans

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la proportion des multiples simples de leurs poids atomiques ; mais leur composition n'en est pas moins bien fixée, ni leurs propriétés moins bien définies.

« De même qu'un sel peut s'unir avec l'eau qu'il fixe à l'état d'eau de cristallisation et s'unir aussi pour former un cryohydrate, de même deux métaux peuvent se combiner suivant une certaine proportion pendant qu'ils forment un alliage eutectique défini suivant une autre proportion. Les corps mêmes résultant de la combinaison chimique de deux métaux pourront probablement former le point de départ de nouvelles séries d'alliages eutectiques formés d'un métal simple d'une part et de l'alliage défini d'autre part. »

Lorsque deux métaux peuvent se mélanger en toutes proportions, on est donc conduit à considérer quelques-uns de ces alliages comme plus particulièrement définis : les uns, véritables combinaisons chimiques, formés avec dégagement de chaleur par l'union de multiples simples des poids atomiques ; les autres, qui forment la partie qui se solidifie la dernière quand on laisse refroidir un alliage quelconque, présentent une composition parfaitement constante, mais qui n'est pas, en général, exprimable par une formule simple. Ces corps-là sont comparables aux mélanges qui distillent avec une composition constante, (mélange d'acide chlorhydrique et d'eau, mélange d'alcool et d'eau, etc.), ce qui, comme l'a montré M. Berthelot, n'implique nullement le caractère de composé défini.

Quelle est donc la composition de ces mélanges eutectiques? Sont-ce des combinaisons chimiques d'une nature particulière ou bien des mélanges homogènes, sortes de dissolutions solides comparables aux verres, ou enfin de simples mélanges hétérogènes dans lesquels les deux corps sont juxtaposés dans un état de division extrême? Diverses recherches ont été effectuées pour élucider cette question. M. Offer, par des expériences décrites dans les *Berichte* de l'Académie de Vienne, en 1880, montra que les cryohydrates, c'est-à-dire les mélanges des solutions salines aqueuses, ne forment jamais de cristaux bien nets et transparents, mais des masses opaques; que l'alcool dissout la glace et laisse un réseau cristallin de sel solide ; que la chaleur de dissolution d'un chlorhydrate est la somme des chaleurs de dissolution de la glace et du sel; enfin, que le poids spécifique est égal à la moyenne de ceux des constituants.

En 1895, M. Ponsot a étudié au microscope la formation des cryohydrates ou cryosels (*Recherches sur la congélation des solutions aqueuses étendues*. Thèse de doctorat, Paris, Gauthier-Villars, 1896).

En employant des sels colorés ou utilisant les phénomènes de polarisation, il a pu constater que les cryohydrates étaient formés par des cristaux juxtaposés de glace pure et de sel solide, ce sel pouvant d'ailleurs être anhydre ou hydraté.

Les expériences de M. Offer et de M. Ponsot semblent démontrer nettement que les mélanges eutectiques sont des mélanges hétérogènes. Cependant, dans

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

un mémoire tout récent, M. Flavitsky n'adopte pas cette conclusion (*Journal de la Société physico-chimique russe*, 1896. *Sur la nature des cryohydrates*).

« On a souvent, dit-il, attribué la production des cryohydrates à des forces purement physiques, mais l'étude attentive de la formation de ces composés nous démontre que c'est un phénomène chimique, Les propriétés des corps réagissants ont été modifiées, les deux matières solides passent à l'état liquide et prennent une température bien déterminée, indépendante de leur température initiale. Ceci ne s'explique que par la formation d'un nouveau corps fusible à une température déterminée. »

Ceci s'explique fort bien, au contraire, si l'on considère les cryohydrates comme résultant de la solidification d'une solution qui est en équilibre à la fois avec le sel solide et avec la glace pure. Les arguments de M. Flavitsky ne nous semblent donc pas contredire les faits observés par M. Ponsot.

L'étude microscopique des alliages eutectiques des métaux nous a donné des résultats identiques à ceux que l'étude microscopique des cryohydrates avait fournis à M. Ponsot. Nous avons examiné d'abord l'alliage eutectique d'étain et de bismuth. On a préparé 200 grammes environ de cet alliage en fondant ensemble de l'étain et du bismuth dans la proportion indiquée par M. Guthrie, soit 46,1 de bismuth pour 53,9 d'étain. On amène cet alliage à l'état liquide et on le laisse refroidir lentement; quand la majeure partie est solidifiée, on décante la partie restée liquide qui possède alors exactement la composition de l'alliage eutectique. Cette partie décantée sert, après solidification, à l'examen de la structure.

L'examen d'une plaquette polie et décapée à l'acide chlorhydrique très étendu qui ne dissout que l'étain, montre que les deux métaux sont simplement juxtaposés; les cristaux sont excessivement ténus et ne se distinguent nettement qu'avec d'assez forts grossissements. La figure 3 reproduit la photographie d'une de ces plaquettes au grossissement de 200 diamètres; les parties blanches correspondent au bismuth, les parties noires à l'étain qui a été creusé par l'acide. On voit sur cette figure, d'une part des grains noirs, d'autre part des parties triées de blanc et de noir. Cet aspect ne se produit que lorsque la solidification est très lente; quand on refroidit brusquement le métal, la surface est striée uniformément, mais les cristaux sont tellement petits qu'il devient très difficile d'en obtenir des photographies satisfaisantes. Dans la solidification lente, il semble qu'il se produit d'abord une première séparation en parties plus riches en étain et en parties plus riches en bismuth; dans chacune de ces parties, les métaux se séparent ensuite en lamelles. Dans les parties qui sont noires sur la photographie, il y a en effet des stries brillantes très fines qui ont à peu près disparu dans la reproduction. On en voit encore quelques traces dans la figure 4, qui reproduit la même préparation au grossissement de 500 diamètres; cette structure, très finement feuilletée, semble caractéristique des alliages eutectiques.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nous l'avons retrouvée dans tous ceux que nous avons examinés; elle est parfaitement visible dans les portions d'alliage eutectique qui se solidifient dans un alliage quelconque, englobant des cristaux d'un métal pur ou d'un composé défini. La figure 5 reproduit la photographie, au grossissement de 200 diamètres, d'un alliage contenant 66 p. 100 d'argent et 34 p. 100 d'antimoine. La plaquette

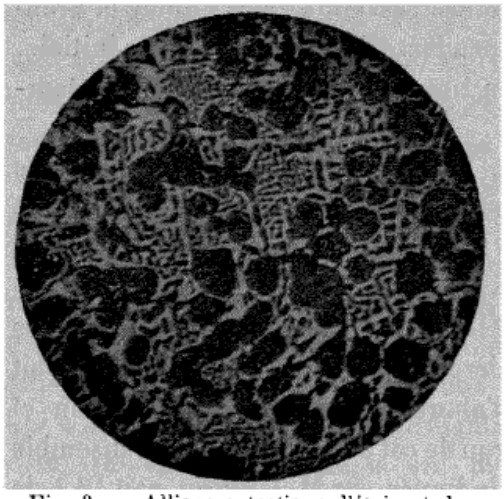


Fig. 3. — Alliage eutectique d'étain et de bismuth, grossissement 200.

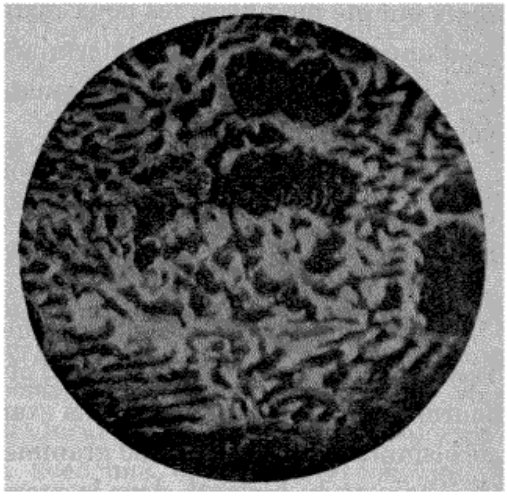


Fig. 4. — Alliage eutectique d'étain et de bismuth, grossissement 500.

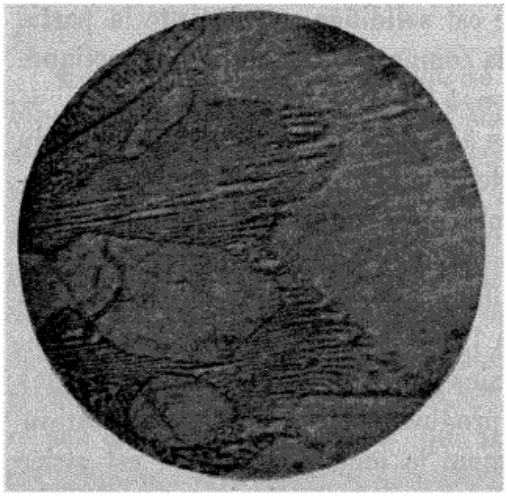


Fig. 5. — Alliage à 66, argent et 34, antimoine, grossissement, 200.

Fig. 6. — Même alliage que fig. 5, grossissement, 500.

polie a été traitée par l'acide azotique étendu qui dissout l'argent et recouvre l'antimoine d'une légère couche d'oxyde; sur la photographie, les parties blanches correspondent à l'argent ou à un composé riche en argent, formant de grandes plages englobées dans un alliage eutectique où l'on distingue nettement des lamelles alternées d'argent et d'antimoine.

La figure 6 est la reproduction d'un détail du même alliage au grossissement de 500 diamètres; la plaquette a été traitée par l'acide sulfhydrique qui noircit

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'argent et ne modifie pas l'antimoine. On voit, sur cette figure, un certain nombre d'arêtes rectilignes auxquelles viennent aboutir des ramifications et qui dessinent des groupements rappelant les formes cristallines de l'antimoine. Ce fait se reproduit assez fréquemment.

Nous ne multiplions pas ici les exemples de dédoublement des alliages eutectiques, que nous rencontrerons à plusieurs reprises dans le cours de ce travail.

Les alliages eutectiques, dont la composition est parfaitement déterminée, se présentent donc, à l'état solide, sous forme de simples mélanges de leurs constituants. L'état de division extrême de ces constituants suffit à leur donner des propriétés particulières; on conçoit, en particulier, pourquoi, dans un grand nombre de cas, ils présentent une cassure conchoïdale qui conduit, à première vue, à les considérer comme des corps homogènes.

Nous avons retrouvé les mêmes caractères dans les mélanges de sels fondus; ces mélanges peuvent être amenés, par usure, sous forme de lames minces ne présentant qu'un ou deux *dixièmes* de millimètre d'épaisseur et susceptibles d'être examinés par transparence. Dans la plupart des cas, on voit ainsi des cristaux transparents englobés dans un mélange relativement opaque par suite des phénomènes de réfraction que produisent les cristaux très ténus dont il est formé, et que l'on peut distinguer, sous de forts grossissements, dans les parties les plus minces de la plaquette.

III. — ALLIAGES A COURBES DE FUSIBILITÉ NORMALES

Les courbes de fusibilité normales des mélanges binaires se rapportent, d'après M. H. Le Chatelier, à trois types, savoir : 1° deux branches de courbe descendant à partir des points de fusion des métaux purs et venant se couper en un point correspondant à l'alliage eutectique; cette forme se présente quand les deux métaux en présence ne donnent ni combinaisons définies, ni mélanges isomorphes; 2° trois branches de courbe : deux partant des points de fusion des métaux purs et une troisième, intermédiaire, présentant un maximum et coupant les deux autres en deux points correspondants à deux alliages eutectiques; ce cas se présente quand les deux métaux donnent une combinaison définie; 3° la courbe de fusibilité est continue et unit directement les points de fusion des deux métaux; ce cas se présente quand les métaux forment des mélanges isomorphes.

Nous avons d'abord examiné des alliages dont les courbes de fusibilité correspondaient nettement aux types normaux, savoir : dans le *premier groupe*, les alliages d'étain et de bismuth, de plomb et d'antimoine, de plomb et d'étain, de zinc et d'aluminium; dans le *deuxième groupe*, les alliages de cuivre et d'antimoine, de nickel et d'étain; dans le *troisième groupe*, les alliages de bismuth et d'antimoine.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Alliages d'antimoine et de plomb, de plomb et d'étain, de zinc et d'aluminium de bismuth et d'étain. — La courbe de fusibilité des alliages antimoine-plomb, déterminée par M. Roland-Gosselin, se compose de deux branches se coupant à angle vif pour l'alliage qui contient environ 13 p. 100 d'antimoine. D'après cela, les métaux devraient se juxtaposer simplement. D'autre part, M. Laurie a trouvé que la force électro-motrice des alliages plomb-antimoine varie d'une façon continue avec la composition, ce qui conduirait à admettre que les métaux peuvent cristalliser ensemble :

L'examen microscopique confirme très nettement le résultat indiqué par la forme de la courbe de fusibilité.

Dans les alliages contenant de 100 à 13 p. 100 d'antimoine, on distingue, après polissage, des cristaux durs d'antimoine englobés dans un alliage eutec-

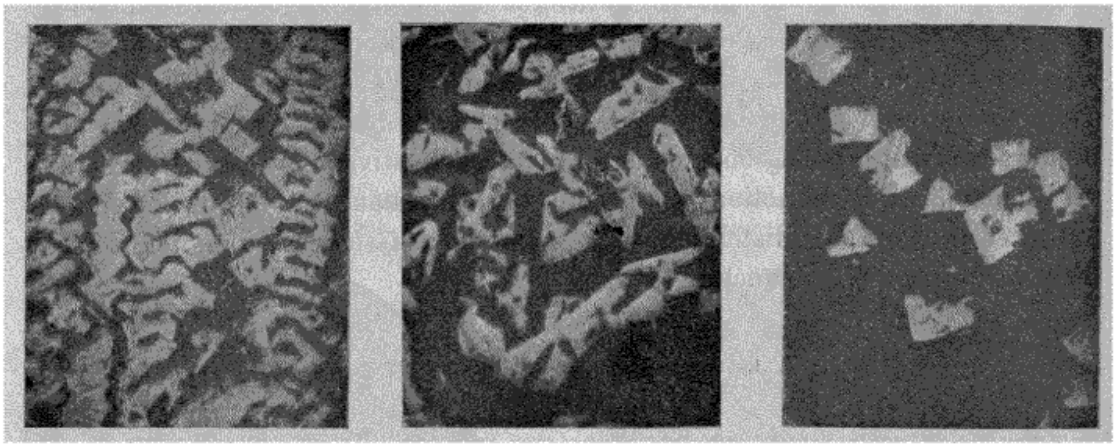


Fig. 7. Fig. 8. Fig. 9.

Alliages *plomb-antimoine* à 70, 40 et 20 p. 100 d'antimoine après simple polissage. Grossissement 200.

tique dont le dédoublement devient visible après une faible attaque par l'acide azotique. La proportion des cristaux durs varie régulièrement avec la teneur en antimoine. Les figures 7, 8 et 9 reproduisent, au grossissement de 200 diamètres, l'aspect d'alliages contenant respectivement 70, 40 et 20 p. 100 d'antimoine environ, photographiés après simple polissage.

Les alliages contenant de 0 à 13 p. 100 d'antimoine présentent un tout autre aspect ; ils sont d'ailleurs très difficiles à polir ; cependant on y distingue facilement de grandes dendrites noircissant par l'hydrogène sulfuré, solubles dans l'acide azotique, englobées dans un alliage eutectique dédoublable. La proportion de ces dendrites, probablement formées de plomb pur, varie comme la proportion de plomb. L'aspect de ces alliages est tout à fait analogue à celui de la figure 10.

Il semble bien résulter de là que, lorsqu'on refroidit un alliage contenant moins de 13 p. 100 d'antimoine, il se forme, dès que l'on a atteint le point de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

solidification commençante, des cristallites de plomb en forme de feuilles de fougère qui s'accroissent graduellement à mesure que la température s'abaisse; puis, quand la portion liquide a atteint la composition qui correspond à l'alliage eutectique, elle se solidifie totalement, le plomb et l'antimoine se déposant simultanément sous forme de lames cristallitiques très peu épaisses. Quand on refroidit de même un alliage contenant plus de 13 p. 100 d'antimoine, il se produit un phénomène de même nature, mais c'est de l'antimoine qui commence à se déposer.

Les courbes de fusibilité des alliages de plomb et d'étain (Kupfferr) et de zinc et d'aluminium (Roland-Gosselin) se composent également de deux branches

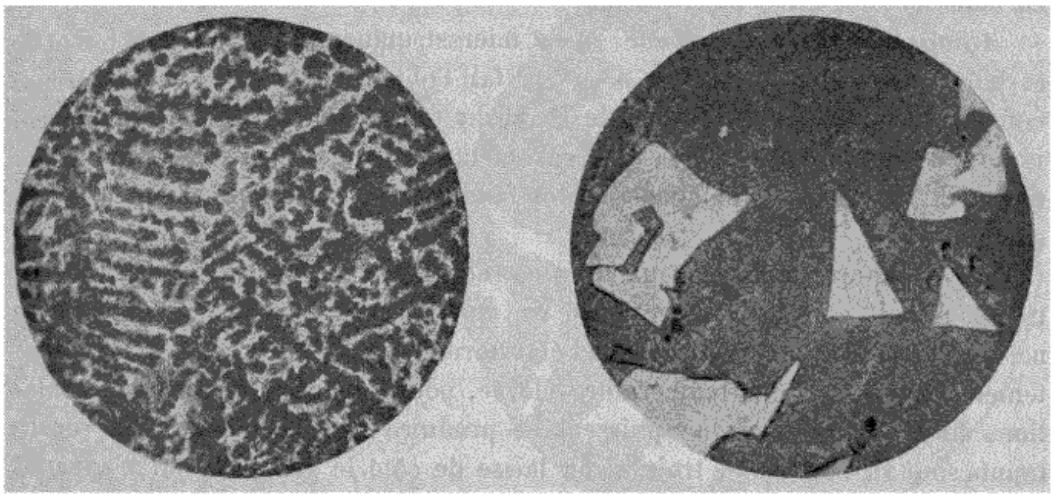


Fig. 10. Fig. 11.

Alliages d'étain avec 20 et 60 p. 100 de bismuth attaqués à l'acide chlorhydrique.

se coupant respectivement aux points qui correspondent aux alliages à 37 p. 100 Pb., 65 p. 100 Sn et 5 p. 100 Al., 95 p. 100 Zn.

L'étude microscopique donne des résultats analogues à ceux qui ont été signalés pour les alliages de plomb et d'antimoine. Les métaux n'ayant tous que peu de dureté, le polissage est difficile et ne fait ressortir aucun des éléments.

Dans les alliages d'étain et de plomb, l'acide chlorhydrique dissout l'étain et recouvre le plomb d'une couche blanche de chlorure. L'acide azotique, au contraire, dissout le plomb et recouvre l'étain d'une couche blanche d'acide métastannique. L'aspect des préparations est donc inversé suivant que l'on emploie l'un ou l'autre acide, et cela permet de reconnaître chaque métal; il n'est pas possible d'obtenir une assez bonne surface pour employer les très forts grossissements et, par suite, pour nettement dédoubler l'alliage eutectique.

Dans les alliages de zinc et d'aluminium, une solution étendue de potasse laisse le zinc à peu près intact et creuse rapidement l'aluminium qui apparaît

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

alors en noir. Le zinc se présente sous forme de cristaux rayonnants formant quelquefois des étoiles à six branches dans les alliages pauvres en zinc; l'aluminium cristallise en aiguilles dendritiques.

Les alliages d'étain et de bismuth rentrent encore dans la même catégorie et se prêtent mieux à la reproduction. Nous avons déjà donné des microphotographies de l'alliage eutectique; les figures 10 et 11 reproduisent l'aspect de métaux contenant environ 20 et 60 p. 100 de bismuth attaqués par l'acide chlorhydrique. L'alliage eutectique, dont on distingue le dédoublement, englobe, dans le premier, des dendrites d'étain creusées par l'acide et reproduites en noir, dans l'autre, des cristaux de bismuth que le polissage faisait déjà ressortir et qui apparaissent en blanc.

Alliages de fer et de carbone. — La microstructure des alliages de fer et de carbone, particulièrement des aciers, a fait l'objet d'un nombre de recherches considérable, depuis le jour où le Dr Sorby créa la métallographie microscopique en l'appliquant à l'étude de ces métaux. Il peut être intéressant néanmoins de rapprocher quelques-uns des faits acquis de ceux qui viennent d'être signalés.

Si l'on rapproche les travaux les plus récents sur la question, dus à MM. Osmond, Arnold et Albert Sauveur, on voit que l'accord est à peu près fait sur la nature des constituants de l'acier à l'état normal, c'est-à-dire refroidi assez lentement, à partir d'une température élevée, pour que les diverses transformations du fer et du carbone puissent se produire complètement. Ces constituants sont au nombre de trois, si on laisse de côté le graphite, qui n'apparaît que dans des circonstances particulières et les formes de transition qui ne sont pas, à proprement parler, des constituants; ce sont :

1° La *ferrite*, formée de fer à peu près pur;

2° La *cémentite*, carbure de fer répondant à la formule Fe^3C;

3° La *perlite*, constituant répondant à la formule $Fe^{24}C$, soit 0,89 p. 100 de carbone, mais que l'examen microscopique montre formée de couches alternées de ferrite et de cémentite.

Les aciers contenant moins de 0,89 p. 100 de carbone sont formés de ferrite et de perlite; les aciers contenant plus de 0,89 p. 100 de carbone sont formés de perlite et de cémentite.

Si l'on remarque que la perlite a une constitution identique à celle des alliages eutectiques, formés eux aussi de couches alternées de deux constituants différents, on voit qu'il y a une analogie frappante entre la constitution des aciers et celle des alliages d'étain et de bismuth, par exemple; les aciers sont formés avec le fer et le carbure de fer comme ces alliages avec l'étain et le bismuth, la perlite correspondant à l'alliage eutectique. La seule conclusion que nous voulions tirer de là est qu'il n'y a aucune raison pour considérer l'alliage à 0,89 p. 100 de car-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

bone comme un composé défini, ainsi que l'a proposé récemment M. Arnold. Toutes les propriétés invoquées dans ce but se retrouvent dans les alliages formés par de simples mélanges quand on passe par l'alliage eutectique qui constitue un point critique pour toutes les propriétés, mais qui n'est nullement pour cela un composé défini, ainsi que cela résulte des différents travaux énumérés plus haut.

Les figures 12 et 13 sont les reproductions d'un dessin de M. Arnold (1) montrant la structure d'un acier à 0,59 p. 100 de carbone; il est intéressant de la comparer, en particulier, à la structure de l'alliage à 66 p. 100 d'argent et 33 p. 100 d'antimoine ou à celle du bronze à 20 p. 100 d'étain.

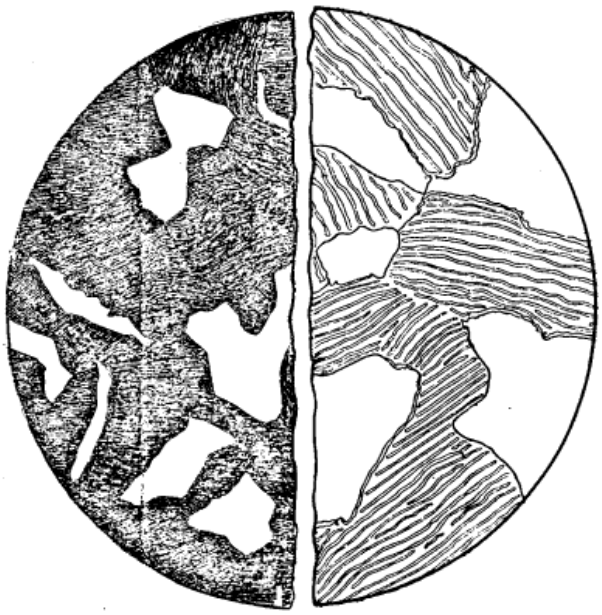


Fig. 12 et 13.

Alliages d'antimoine et de cuivre, de nickel et d'étain. — La courbe de fusibilité des alliages d'antimoine et de cuivre, déterminée par M. H. Le Chatelier, se compose de trois branches se coupant en deux points anguleux pour les alliages contenant environ 25 p. 100 et 71 p. 100 de cuivre; la branche intermédiaire présente un maximum dans le voisinage de 60 p. 100 de cuivre. Cela conduit à admettre l'existence d'un composé défini répondant à la formule $Sb\,Cu^2$, composition pour laquelle la conductibilité électrique, déterminée par M. Mathiessen, présente également un maximum.

L'examen microscopique confirme l'existence de ce composé défini et conduit à classer les alliages de cuivre en quatre groupes, très nettement séparés.

Le *premier groupe* comprend les alliages contenant de 0 à 25 p. 100 de cuivre. Dans ces alliages, le polissage met en évidence des cristaux durs d'antimoine, englobés dans un alliage eutectique. La structure est nettement accentuée par une attaque à l'acide chlorhydrique étendu; la figure 14 reproduit, au grossissement de 60 diamètres, l'aspect d'un alliage à 10 p. 100 de cuivre. Les parties blanches sont les cristaux d'antimoine; l'attaque ayant été poussée un peu loin

(1) *Bulletin* de janvier 1896, p. 114.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et suivie d'un polissage, l'alliage eutectique paraît complètement noir; un fort grossissement permet de reconnaître la présence de deux éléments juxtaposés dans cet alliage eutectique. Quand la proportion de cuivre varie de 0 à 25 p. 100, la proportion des cristaux d'antimoine diminue graduellement sans que leur forme se modifie, exactement comme dans les alliages de plomb et d'antimoine étudiés précédemment.

Le *deuxième groupe* comprend les alliages contenant de 25 à 60 p. 100 de cuivre; en examinant ces alliages après simple polissage, on voit qu'ils sont formés de cristallites nettement colorées en violet, englobées dans un alliage eutectique qui paraît presque blanc aux faibles grossissements et se dédouble en

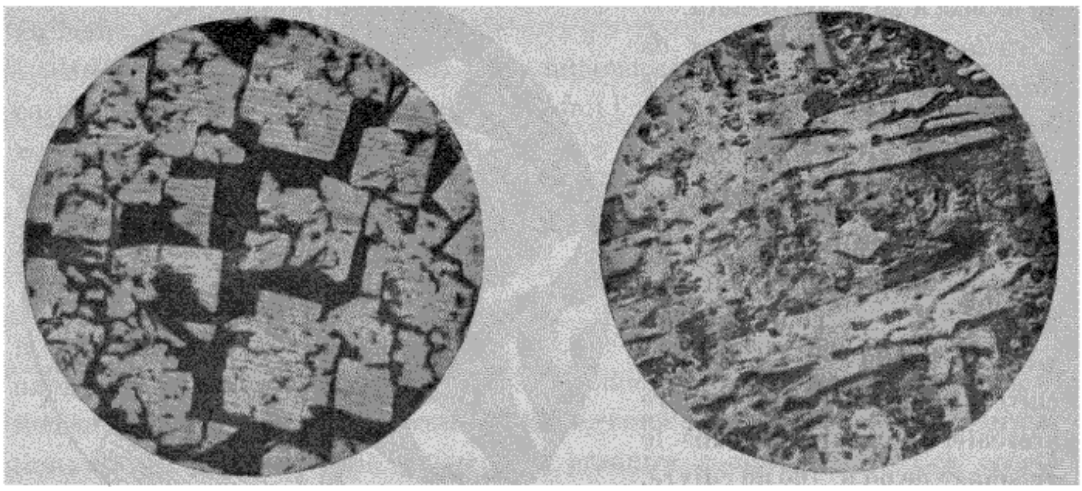


Fig. 14. — Alliage d'antimoine et de 10 p. 100 de cuivre, grossissement 60.

Fig. 15. — Alliage d'antimoine et de 40 p. 100 de cuivre, grossissement 60.

deux éléments, surtout quand on attaque par l'acide chlorhydrique ou qu'on provoque une légère oxydation du métal en le chauffant au contact de l'air. Les cristallites de couleur violette sont en proportion d'autant plus grande que l'on se rapproche plus de l'alliage à 60 p. 100 de cuivre dont elles forment la totalité. Ces alliages sont assez difficiles à reproduire photographiquement, les cristaux violets venant en blanc comme le magma.

La figure 15 reproduit, au grossissement de 60 diamètres, l'aspect d'un alliage à 40 p. 100 de cuivre qui a été attaqué assez profondément pour faire sortir en relief les cristallites. Les parties blanches correspondent au composé violet englobé dans un alliage eutectique dont on aperçoit déjà le dédoublement à ce faible grossissement.

Le *troisième groupe* comprend les alliages contenant de 60 à 70 p. 100 de cuivre environ ; la couleur générale est encore violette, mais sous le microscope on voit des grains cristallins violets entourés d'un réseau formé par une substance blanche formée de petits cristaux dont quelques-uns pénètrent à l'intérieur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des grains. Quand on chauffe le métal au contact de l'air, la substance intermédiaire s'oxyde la première. La figure 16 reproduit, au grossissement de 100 diamètres, l'aspect d'un alliage à 65 p. 100 de cuivre. Les parties les plus claires sont les grains cristallins violets ; on voit qu'ils sont entourés d'un filet peu épais ; quelques fragments de cette même substance, qui est probablement le deuxième alliage eutectique, se trouvent à l'intérieur des grains violets. Cette structure à grains cristallins se rencontre assez fréquemment dans les alliages, notamment pour les alliages de cuivre et d'aluminium à 10 p. 100 d'aluminium, de cuivre et d'étain à 25 p. 100 d'étain, de cuivre et de zinc à 50 p. 100 de zinc. La structure de ces différents alliages peut être représentée par la figure 16.

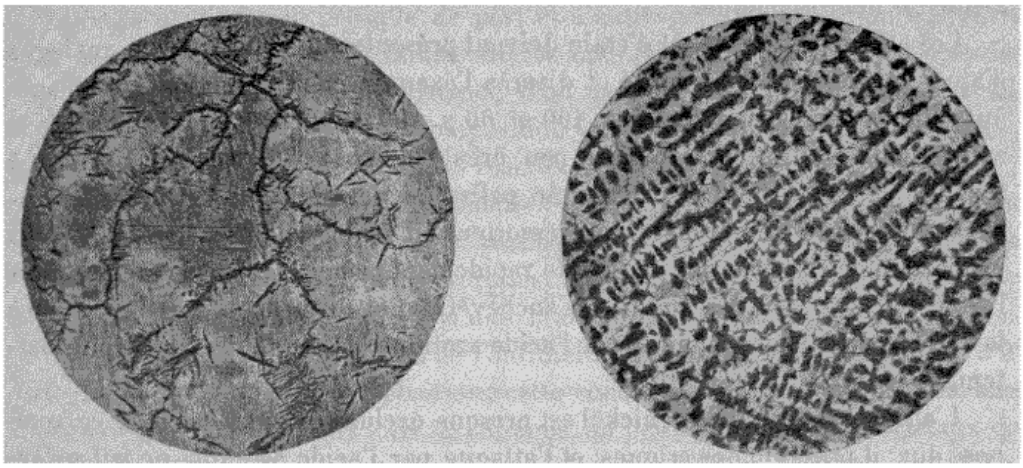


Fig. 16. — Alliage d'antimoine et de 65 p. 100 de cuivre chauffé à l'air, grossissement 100.

Fig. 17. — Alliage d'antimoine et 85 p. 100 de cuivre préparé par oxydation, grossissement 30.

Le *quatrième groupe* comprend les alliages contenant de 70 à 100 p. 100 de cuivre. Leur structure n'apparaît pas par simple polissage, mais l'oxydation, par chauffage au contact de l'air, colore en premier lieu des cristallites qui paraissent englobées dans un alliage eutectique. Ces cristallites, d'abord isolées, se réunissent en longues files dendritiques de plus en plus serrées quand la teneur en cuivre augmente. La figure 17 reproduit, au grossissement de 30 diamètres, l'aspect d'un alliage à 85 p. 100 de cuivre préparé par oxydation. Les parties sombres sont les dendrites probablement formées de cuivre pur, et qui sont séparées par des contours très nets de l'alliage eutectique marqué en blanc sur la photographie.

Ces résultats conduisent à admettre, pour les alliages de cuivre et d'antimoine, la constitution suivante : dans les alliages contenant de 0 à 25 p. 100 de cuivre, au moment où la solidification commence, il se sépare des cristaux d'antimoine pur qui s'accroissent graduellement à mesure que la température s'abaisse ; la partie liquide se concentre ainsi en cuivre et, lorsqu'elle a atteint

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la composition de l'alliage eutectique, se solidifie à température constante en se séparant en antimoine et $SbCu^2$.

Dans les alliages contenant de 25 à 60 p. 100 de cuivre, les choses se passent de la même façon; mais, au début de la solidification, c'est le composé $SbCu^2$ qui se sépare. De 60 à 70 p. 100 de cuivre, le même composé se sépare, mais est englobé dans un deuxième alliage eutectique formé cette fois de cuivre et de $SbCu^2$. Enfin, de 70 à 100 p. 100 de cuivre, le cuivre se séparerait dans l'alliage eutectique (1).

Cette conception très simple est celle qui se déduit de la forme de la courbe de fusibilité d'après M. H. Le Chatelier; elle est entièrement confirmée par l'examen microscopique.

Les alliages de nickel et d'étain doivent présenter une constitution analogue d'après la courbe de fusibilité et d'après l'examen microscopique. Les alliages eutectiques correspondent à 2 p. 100 et 60 p. 100 de nickel; le maximum de la courbe de fusibilité correspond à peu près à 43 p. 100 de nickel. L'alliage à 5 p. 100 de nickel montre, par simple polissage, des aiguilles cristallines blanches, dures, peu nombreuses, qui ressortent en relief sur un magma blanc. La proportion de ce corps dur augmente rapidement avec la teneur en nickel. Dans l'alliage à 25 p. 100, les aiguilles s'enchevêtrent et forment un réseau continu à la surface du métal. L'attaque par l'acide azotique étendu fait ressortir plus nettement ces cristaux.

L'alliage à 35 p. 100 de nickel est presque exclusivement formé de ce composé dur; il présente des criques, et l'attaque par l'acide azotique ne fait qu'accentuer davantage ces criques.

Dans l'alliage à 50 p. 100, le polissage ne montre rien; l'attaque par l'acide chlorhydrique étendu creuse un magma peu abondant et fait ressortir de nombreuses cristallites à contours arrondis, à bords très nets. L'aspect de cet alliage correspond tout à fait à celui de la figure 17. Il est probablement formé du composé dur englobé dans un alliage eutectique également très dur.

Dans l'alliage à 90 p. 100 de nickel, on voit, après oxydation par chauffage au contact de l'air ou mieux par électrolyse en liqueur azotique, de longues aiguilles dendritiques.

L'examen de ces résultats conduit à attribuer aux alliages de nickel et d'étain une constitution analogue à celle des alliages de cuivre et d'antimoine; la grande dureté du composé défini explique que la présence de petites quantités d'étain augmente considérablement la dureté du nickel. Cette dureté semble d'ailleurs atteindre un maximum aux environs de 40 p. 100 de nickel, c'est-à-

(1) Dans les alliages rapidement refroidis, cette séparation du cuivre ne semble pas se faire aussi nettement; il se produit probablement des phénomènes analogues à ceux qui seront signalés plus loin à propos du bronze d'étain.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dire dans la région où la courbe de fusibilité présente un maximum et où la structure devient sensiblement homogène. Quant à la formule de ce composé défini, elle ne peut être déduite exactement de l'examen microscopique.

Dans le voisinage d'un composé défini, les alliages présentent tous une structure sensiblement homogène; de plus, il y a une grande tendance à la production de criques, dues probablement à ce que la masse se solidifie à une température à peu près constante et sans qu'un alliage plus fusible vienne remplir les vides qui existent entre les cristaux formés au début. Ces criques sont très difficiles à distinguer de cavités qui seraient remplies d'un alliage différent de celui qui forme la masse, et, par conséquent, la structure du métal ne paraît pas subir de modification brusque de part et d'autre de la composition qui correspond à l'alliage défini. L'examen microscopique, comme l'étude des propriétés physiques, indique donc l'existence d'un composé défini dans une certaine région, mais, pour obtenir la composition exacte de ce corps, le mieux sera de chercher à l'isoler par l'emploi de réactifs convenables.

Alliages de bismuth et d'antimoine. — Les alliages de bismuth et d'antimoine sont, parmi ceux que nous avons examinés, les seuls qui correspondent entièrement à des mélanges isomorphes. La courbe de fusibilité déterminée par M. Roland-Gosselin se compose d'une branche unique allant du point de fusion du bismuth au point de fusion de l'antimoine. La dureté varie également d'une façon continue avec la composition; cette continuité se retrouve dans la structure microscopique. Dans tous les alliages, on peut distinguer des cristaux dont la forme varie lentement pour se rapprocher de celle du bismuth ou de l'antimoine, suivant que l'un ou l'autre de ces métaux domine; les formes cristallines sont d'ailleurs trop mal définies pour pouvoir faire l'objet de mesures quelconques.

L'étude des alliages de bismuth et d'antimoine révèle une particularité qui semble caractéristique de ces mélanges isomorphes; le polissage fait nettement apparaître la structure cristalline, mais, tandis que, dans les cas examinés précédemment, on voit des parties dures qui restent en relief, juxtaposées à des parties plus tendres qui se creusent au polissage, on obtient, dans le cas du bismuth et de l'antimoine, des reliefs arrondis sans arêtes nettement tranchées; l'aspect est comparable à celui des chaînes de montagnes dans une carte en relief. Il semble que la dureté des cristaux et, par suite, leur composition varie d'une façon continue; on est donc amené à concevoir le phénomène de la façon suivante : au moment où la solidification commence, il se forme des arêtes cristallines du corps le moins fusible, l'antimoine, et les cristaux s'accroissent ensuite par dépôt d'un mélange des deux métaux dont la teneur en bismuth augmente graduellement. L'oxydation par l'air chaud, par l'acide azotique ou par l'électrolyse confirme cette manière de voir; on voit l'oxydation se pro-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

duire d'abord dans les parties les plus tendres, celles qui ont été le plus creusées par le polissage, et envahir graduellement toute la surface sans qu'à aucun moment il y ait de discontinuité dans la marche du phénomène. La figure 18 reproduit, au grossissement de 60 diamètres, l'aspect d'un alliage à 40 p. 100 de bismuth, partiellement oxydé par électrolyse ; les cristaux blancs correspondent aux portions les plus dures, elles sont graduellement recouvertes par l'oxyde quand on prolonge l'électrolyse. Quand on chauffe fortement le métal, on voit les parties tendres s'affaisser et se réunir en petits globules, alors que les arêtes dures conservent encore leur solidité ; ces parties sont donc les plus fusibles et, par suite, les plus riches en bismuth.

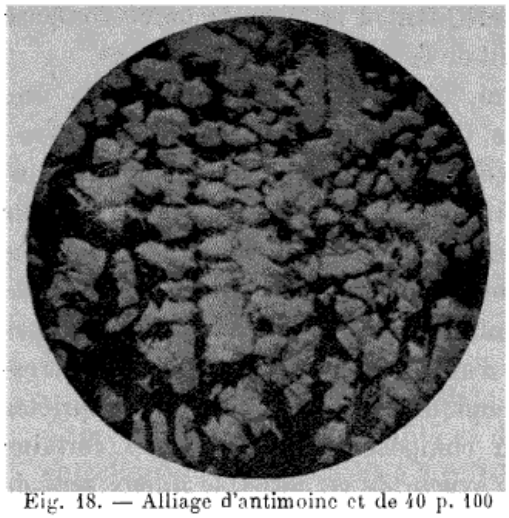


Fig. 18. — Alliage d'antimoine et de 40 p. 100 de bismuth oxydé par électrolyse, grossissement 60.

IV. — ALLIAGES A COURBES DE FUSIBILITÉ ANORMALES

Alliages de cuivre et d'étain. — Les alliages de cuivre et d'étain sont ceux dont les différentes propriétés ont été le plus étudiées. En rapprochant les résultats de ces différentes recherches, on est conduit à admettre l'existence d'un composé défini répondant à la formule $SnCu^3$, composition pour laquelle on trouve des discontinuités dans la variation d'un grand nombre de propriétés, notamment dans la conductibilité électrique, d'après Mathiessen, dans la force électro-motrice de dissolution, d'après Laurie, dans le poids spécifique, d'après Riche, dans le coefficient de dilatation, d'après Crace-Calvert.

M. H. Le Chatelier a pu, d'ailleurs, isoler des cristaux répondant à la formule $SnCu^3$ en traitant par l'acide chlorhydrique des alliages plus riches en étain, et M. Laurie indique, qu'en formant une pile au chlorure de cuivre dans laquelle on remplace le zinc par un alliage d'étain et de cuivre riche en étain, il se dissout rapidement de l'étain et il reste le corps $SnCu^3$ presque pur, dont la composition ne se modifie plus si on évite le contact de l'air. La courbe de fusibilité, déterminée par M. H. Le Chatelier, se compose de trois branches se raccordant en deux points anguleux pour les alliages à 3 et 72 p. 100 de cuivre ; la branche intermédiaire ne présente pas de maximum comme cela a lieu, par exemple, pour le cas de l'antimoine et du cuivre.

La solidification des alliages de cuivre et d'étain a été récemment étudiée par MM. Roberts-Austen et Stansfield qui ont déterminé, non seulement le point

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de solidification commençante, mais toute la courbe de refroidissement de l'alliage; ils ont pu ainsi observer des dégagements de chaleur successifs montrant que la solidification se faisait en plusieurs temps.

C'est ainsi que, dans les alliages contenant plus de 75 p. 100 de cuivre, on observe, outre le point de solidification commençante, qui correspond probablement à la séparation de cristallites de cuivre pur, un deuxième dégagement de chaleur à 770° environ, correspondant à la solidification du premier alliage eutectique et, en outre, dans certains cas, un dégagement de chaleur entre 500° et 600°, dont nous ne voyons pas actuellement l'interprétation. Dans les alliages riches en étain, on observe également un dégagement de chaleur aux environs de 227°, correspondant à la solidification du deuxième alliage eutectique.

La structure microscopique des bronzes d'étain a été étudiée par M. H. Behrens qui les divise en deux groupes principaux : les bronzes riches en cuivre, contenant de 1 à 25 p. 100 d'étain et les bronzes riches en étain, contenant plus de 25 p. 100 d'étain : « A l'exception du métal des miroirs (25 à 35 p. 100 d'étain) qui paraît homogène sur la cassure et sur la coupe, dit M. Behrens, on peut reconnaître, dans tous les bronzes, une partie riche en cuivre et une autre riche en étain, suivant que le cuivre ou l'étain domine, l'une ou l'autre des parties apparaît comme masse fondamentale. »

Sur les alliages contenant de 0 à 25 p. 100 d'étain, il est facile de constater cette séparation en deux parties, l'une colorée en jaune rougeâtre, l'autre presque blanche. Le polissage suffit à séparer ces deux substances dans les alliages contenant de 18 à 25 p. 100 d'étain. Dans les métaux plus riches en cuivre, il est préférable d'attaquer faiblement à l'acide chlorhydrique et de repolir ensuite très légèrement; on voit alors très nettement des parties blanches, à contours très nets, en proportion d'autant plus grande que l'alliage est plus riche en étain; ce corps blanc entoure des dendrites fortement colorées en jaune. En l'examinant à un fort grossissement on peut facilement le dédoubler et constater qu'il est formé de deux parties, l'une blanche, l'autre colorée; c'est donc probablement le premier alliage eutectique à 27 p. 100 de cuivre. Les bronzes riches en cuivre sont donc comparables aux alliages de cuivre et d'antimoine contenant de 0 à 31 p. 100 de cuivre; ils présentent, en outre, quelques particularités sur lesquelles nous reviendrons tout à l'heure.

La figure 19 reproduit, au grossissement de 30 diamètres, l'aspect d'un bronze à 20 p. 100 d'étain; le dédoublement de l'alliage eutectique n'apparaît pas à ce grossissement; il est parfaitement visible sur les figures 20 et 21 qui reproduisent le même alliage aux grossissements de 200 et 500 diamètres.

L'étude des alliages riches en étain nous a conduit à les séparer en plusieurs groupes analogues à ceux qui ont été signalés à propos de cuivre et d'antimoine.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les alliages contenant de 0 à 3 p. 100 de cuivre environ sont très mous, très difficiles à polir et donnent de mauvaises préparations; on y distingue cependant de longues dendrites, probablement formées d'étain, englobées dans un magma où l'on peut distinguer des traînées cristallines dures très fines.

Dans l'alliage à 10 p. 100 de cuivre on aperçoit, par simple polissage, des cristaux très durs englobés dans un magma très finement feuilleté. Ces cristaux durs ont une tendance à former des étoiles à six branches qui peuvent prendre une grande netteté quand le refroidissement est suffisamment lent; ces cristaux deviennent de plus en plus nombreux à mesure que la proportion de cuivre augmente et finissent par envahir toute la masse.

La figure 22 reproduit, au grossissement de 60 diamètres, la structure d'un

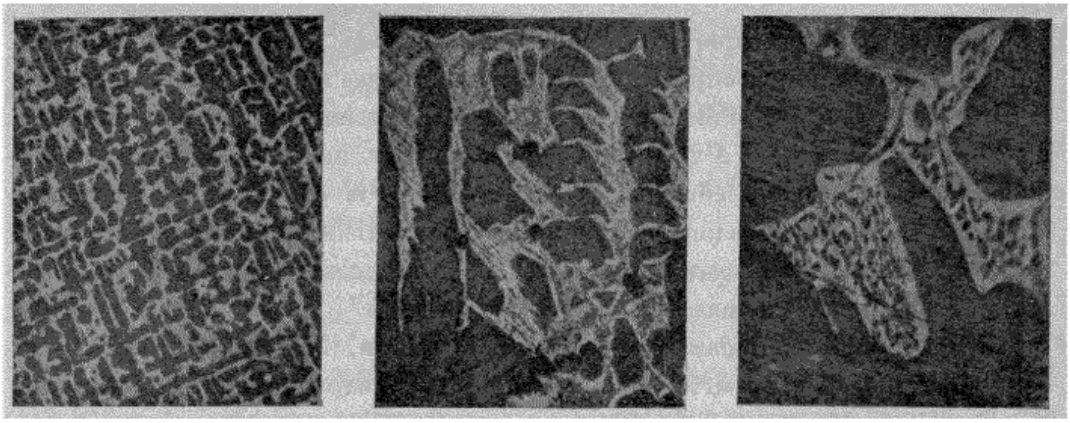


Fig. 19. Fig. 20. Fig. 21.

Bronze à 20 p. 100 d'étain, grossissements 30, 200 et 500.

alliage à 17 p. 100 de cuivre, coulé dans un moule métallique, poli et attaqué par l'acide chlorhydrique; les aiguilles blanches sont le composé dur inattaqué par l'acide chlorhydrique, probablement le corps $SnCu^3$.

La figure 23 représente un alliage à 33 p. 100 de cuivre préparé de la même façon; les aiguilles sont devenues plus nombreuses et s'enchevêtrent complètement. La figure 24 représente un alliage à 25 p. 100 de cuivre coulé dans un creuset en terre; la solidification ayant été plus lente, les cristaux se sont mieux développés et forment les groupements étoilés. La figure 25 reproduit un détail de ce même alliage au grossissement de 200 diamètres. Enfin, la figure 26 reproduit les cristaux de $SnCu^3$ isolés par simple polissage dans un alliage industriel, préparé en quantités importantes et contenant, outre l'étain, un peu d'antimoine dont la présence ne modifie pas la formation de ces cristaux.

Les alliages contenant de 55 à 65 p. 100 de cuivre présentent une structure sensiblement homogène et il est difficile d'en distinguer les détails; cependant, quand on se rapproche de l'alliage eutectique à 73 p. 100 de cuivre, on peut

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

distinguer des grains cristallins durs, entourés d'une substance différente, un peu plus colorée et surtout susceptible de s'oxyder beaucoup plus rapidement par chauffage au contact de l'air ou par électrolyse. La figure 16, donnée à propos

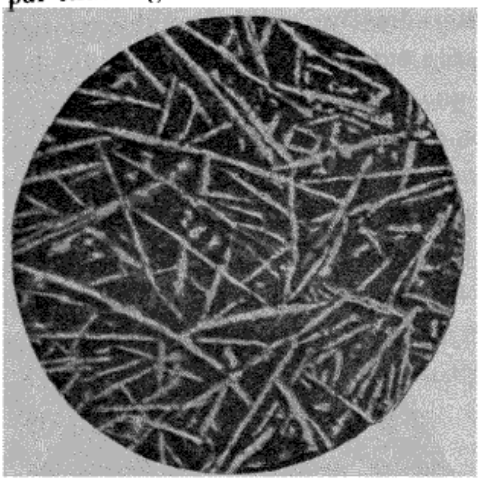


Fig. 22. — Bronze à 17 p. 100 de cuivre, coulé dans un moule métallique, poli attaqué par l'acide chlorhydrique, grossissement 60.

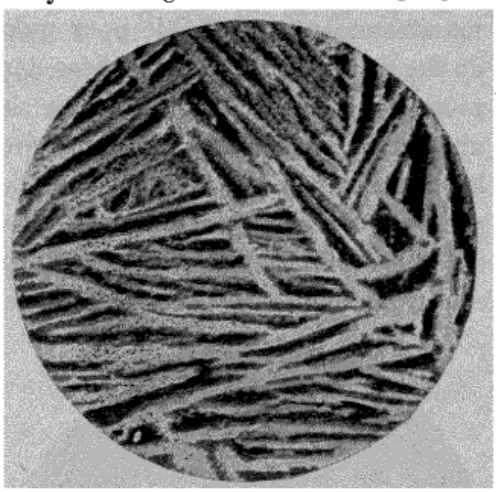


Fig. 23. — Bronze à 33 p. 100 de cuivre, préparé comme celui fig. 22, grossissement 60.

des alliages de cuivre et d'antimoine, indique exactement l'aspect d'un alliage à 70 p. 100 de cuivre légèrement oxydé.

La structure des alliages de cuivre et d'étain varie donc de la même façon

Fig. 24.

Fig. 25.

Bronze à 25 p. 100 de cuivre coulé dans un creuset, en terre, grossissements 60 et 200.

Fig. 26. — Cristaux de $Sn\,Cu^3$ isolés par polissage.

que celle des alliages de cuivre et d'antimoine; la région dans laquelle on obtient des corps sensiblement homogènes entre les deux alliages eutectiques est sensiblement plus étendue; ce qu'il est intéressant de rapprocher de ce fait que la courbe de fusibilité ne présente pas, dans cette région, le maximum qui correspond d'ordinaire aux composés définis.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Une autre particularité se présente dans les alliages du dernier groupe contenant moins de 27 p. 100 d'étain; dans ces métaux, surtout dans les plus riches en cuivre, la proportion d'alliage eutectique est, dans beaucoup de cas, manifestement trop faible pour qu'on puisse admettre que le métal est formé de dendrites de cuivre englobées dans l'alliage eutectique; en étudiant de plus près ce phénomène, nous avons constaté que la vitesse de refroidissement a une influence considérable sur la proportion d'alliage eutectique séparée. Dans les métaux rapidement refroidis, l'alliage eutectique peut même disparaître presque complètement, alors qu'il existe encore 7 à 8 p. 100 d'étain, tandis qu'on le voit nettement dans les alliages contenant seulement 2 à 3 p. 100 d'étain et refroidis lentement. On pourrait supposer qu'il n'y a là qu'une variation de

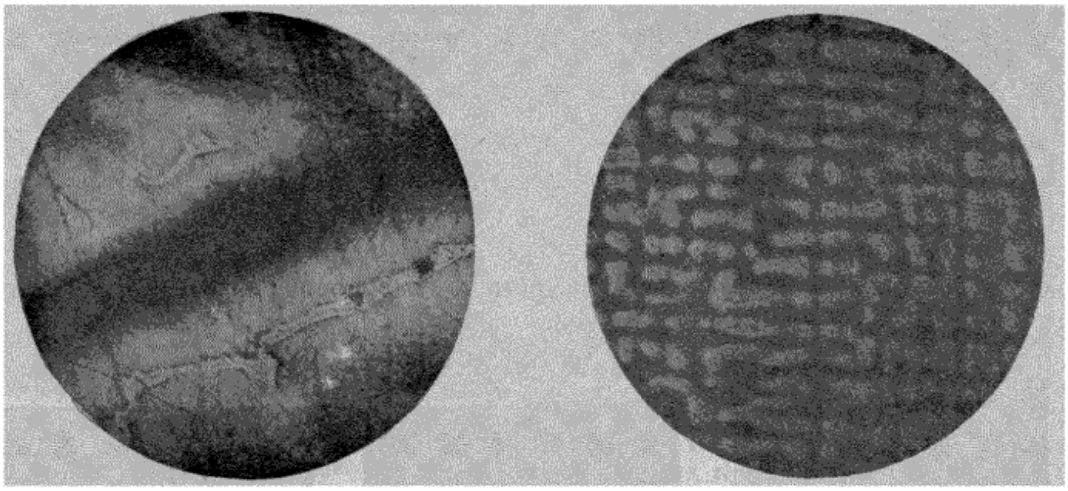


Fig. 27. Fig. 28.

Bronze à 10 p. 100 d'étain traité à l'ammoniaque, grossissements 500 et 60.

la grandeur des éléments séparés, mais en suivant, sous le microscope, la marche de l'oxydation par l'ammoniaque, par exemple, on est arrivé à conclure qu'il se forme d'abord des dendrites de cuivre à peu près pur, puis que ces dendrites se recouvrent d'une couche d'un alliage de cuivre et d'étain et qu'il reste enfin un peu d'un corps ayant à peu près la composition de l'alliage eutectique.

Si, partant d'un métal traité par l'acide chlorhydrique, puis repoli de façon à laisser voir les grains blancs d'alliage eutectique, on le traite par l'ammoniaque, on voit l'oxydation se produire à partir des points les plus éloignés des grains d'alliage eutectique et s'étendre immédiatement sur une certaine largeur, dessinant ainsi des dendrites sombres, entourées d'un filament beaucoup moins coloré au milieu duquel se trouvent des grains blancs dédoublables sous de forts grossissements. La figure 27 reproduit, au grossissement de 500 diamètres, l'aspect d'un bronze à 10 p. 100 d'étain ainsi préparé. On voit les enclaves

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'alliage eutectique séparées par des contours très nets d'une couche à peine plus colorée, tandis que les régions plus éloignées sont colorées en noir.

La figure 28 donne, au grossissement de 60 diamètres, l'aspect de ce même métal. Quand on chauffe au rouge un métal dans lequel l'alliage eutectique est nettement séparé et qu'on le refroidit brusquement, on reproduit la structure obtenue par un refroidissement brusque après fusion. Il y a une série de phénomènes qui sont peut-être comparables à ceux qui produisent la trempe de l'acier et qui, quoique donnant lieu à des effets incomparablement moins accentués, n'en sont pas moins intéressants à examiner. Nous nous proposons de revenir sur ce sujet qui sortirait du cadre de ce mémoire.

Alliages d'antimoine et d'étain. — La seule donnée que nous ayons sur les propriétés physiques des alliages d'étain et d'antimoine est la courbe de fusibilité déterminée par M. Roland-Gosselin. Cette courbe est tout à fait différente de celles que donnent tous les autres alliages étudiés; elle se compose de trois branches ayant leur concavité tournée vers le haut et se raccordant en deux points anguleux placés dans la position inverse de celle qui correspond en général aux alliages eutectiques. Cette courbe ne donne aucune indication *a priori* sur les relations réciproques de l'étain et de l'antimoine.

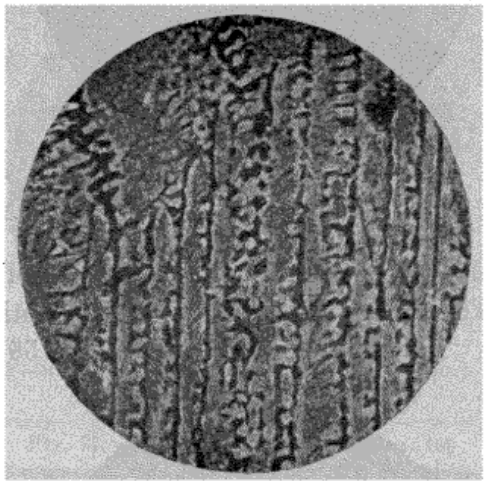


Fig. 29. — Alliage d'étain et 5 p. 100 d'antimoine, grossissement 30.

La structure des alliages est heureusement facile à étudier; on obtient facilement de belles préparations par polissage suivi d'une légère attaque à l'acide chlorhydrique étendu. Dans les alliages très riches en étain, on voit de grandes aiguilles sillonnant un magma dans lequel on peut distinguer des grains durs excessivement petits. L'aspect de ces alliages conduit à les considérer comme formés d'étain cristallisé dans un alliage eutectique. La figure 29 reproduit, au grossissement de 30 diamètres, l'aspect d'un alliage à 5 p. 100 d'antimoine.

Dans l'alliage à 10 p. 100 d'antimoine, le polissage fait ressortir des cristaux blancs, durs, cubiques; une légère attaque à l'acide chlorhydrique étendu laisse ces cristaux intacts et creuse le magma dans lequel on distingue une structure tout à fait analogue à celle de l'alliage à 5 p. 100 d'antimoine. Quand la proportion d'antimoine augmente, les cristaux cubiques deviennent de plus en plus nombreux et finissent par s'agglomérer en files de cristaux tout à fait analogues à celles que forme l'antimoine dans les alliages d'antimoine et d'argent ou de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

plomb et d'antimoine. La masse semble à peu près entièrement formée de ces cristaux quand la proportion d'antimoine se rapproche de 50 p. 100.

Les figures 30 et 31 reproduisent l'aspect de cristaux cubiques isolés dans un

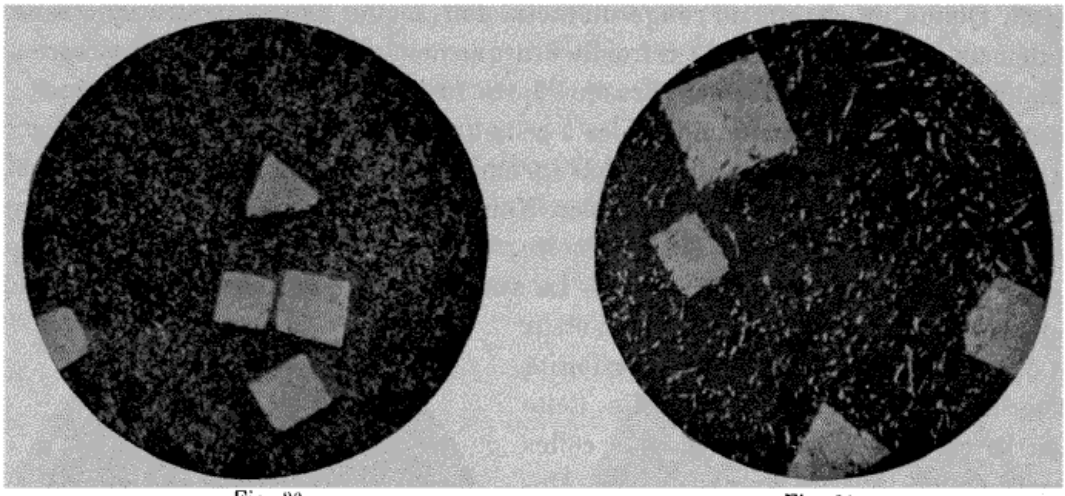


Fig. 30. Fig. 31.

Cristaux cubiques isolés dans un alliage d'étain et de 10 p. 100 d'antimoine.

alliage contenant environ 10 p. 100 d'antimoine. La figure 32 reproduit l'aspect d'un alliage contenant 25 p. 100 d'antimoine.

Les alliages contenant de 45 à 55 p. 100 d'antimoine ont tous sensiblement le même aspect, le métal semble à peu près homogène; il présente de nombreuses criques que l'attaque accentue; une attaque très prolongée fait ressortir, sur les bords de ces criques, une cristallisation secondaire sans interposition de substance intermédiaire. Ces caractères semblent indiquer l'existence d'un composé défini contenant environ 50 p. 100 d'antimoine.

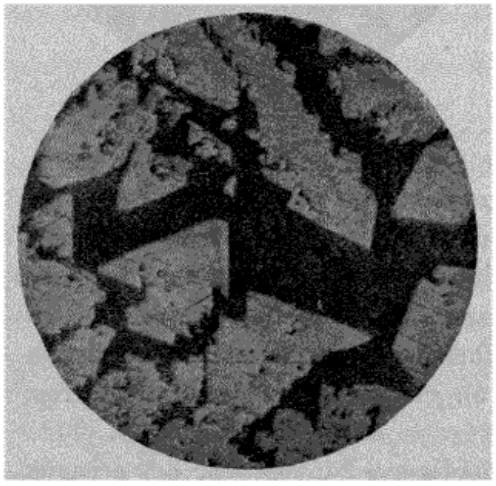


Fig. 32. — Alliage d'étain et de 25 p. 100 d'antimoine.

L'alliage à 60 p. 100 d'antimoine laisse voir, après polissage, des aiguilles cristallines dures, complètement enchevêtrées, ces aiguilles présentent le caractère qui a été signalé à propos des alliages de bismuth et d'antimoine; elles ne sont pas isolées au milieu d'une masse plus tendre, mais forment les arêtes de sortes de monticules; sous un fort grossissement, on ne les voit plus; c'est avec un grossissement peu élevé et surtout avec éclairage oblique que l'on distingue nettement cette structure toute spéciale qui semble indiquer que l'alliage est constitué

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

par un mélange isomorphe. L'attaque est difficile; le meilleur procédé est l'oxydation par électrolyse en liqueur azotique; on voit alors l'oxydation se produire d'abord dans les parties creuses et s'étendre graduellement. La figure 33 reproduit, au grossissement de 30 diamètres, l'aspect d'un alliage à 60 p. 100 d'antimoine poli et légèrement oxydé.

Les alliages plus riches en antimoine présentent les mêmes caractères; mais la forme des cristallites révélées par le polissage ou l'oxydation varie lentement et se rapproche des formes de l'antimoine. La figure 34 reproduit l'aspect d'un alliage à 75 p. 100 d'antimoine partiellement oxydé par électrolyse.

L'étude microscopique des alliages d'étain et d'antimoine conduirait donc à

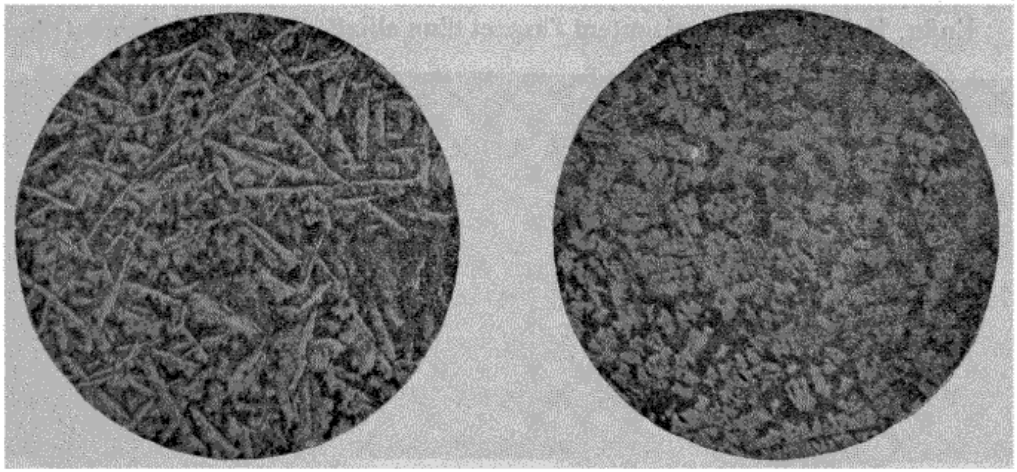


Fig. 33. — Alliage d'étain et de 60 p. 100 d'antimoine poli et légèrement oxydé.

Fig. 34. — Alliages d'étain et de 75 p. 100 d'antimoine partiellement oxydé par électrolyse.

admettre l'existence d'un composé défini, contenant environ 50 p. 100 d'antimoine et isomorphe avec ce métal.

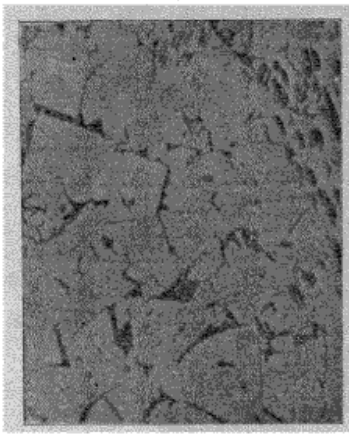
Alliages d'antimoine et d'argent. — La courbe de fusibilité des alliages d'antimoine et d'argent, déterminée par M. H. Gautier, se compose de deux branches se coupant en un point correspondant à l'alliage eutectique (50 p. 100 Ag), mais ces deux branches n'ont pas de formes régulières; elles présentent chacune un point d'inflexion, l'un, à peine marqué, correspondant à l'alliage à 20 p. 100 d'argent environ, l'autre, très accentué, correspond à l'alliage à 80 p. 100 d'argent environ.

Les alliages riches en antimoine sont très durs et prennent facilement un beau poli; le polissage suffit pour y faire ressortir des cristaux durs d'antimoine englobés dans un alliage eutectique dont la proportion augmente avec celle de l'argent. Une attaque à l'acide azotique étendu colore le magma et permet d'obtenir de très belles préparations.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La figure 35 reproduit l'aspect d'un alliage à 5 p. 100 d'argent; la proportion de magma est très faible; on le distingue pourtant très bien enveloppant, en certains points, des cristaux à contours nettement rectilignes. Les taches noires à bords arrondis, que l'on voit principalement dans le haut à droite de la préparation, correspondent non pas à des dépôts d'alliage eutectique, mais à la production d'éclats dans les cristaux d'antimoine, probablement pendant le polissage; cet accident se produit assez fréquemment avec l'antimoine qui est dur mais très fragile. La figure 36 représente l'aspect d'un alliage à 16 p. 100 d'argent; les cristaux d'antimoine sont encore pour la plupart groupés en chapelets; dans le magma on distingue quelques points blancs très affaiblis par les reproductions et qui indiquent le dédoublement de l'alliage eutectique.

Enfin, la figure 37 représentent l'aspect d'un alliage à 25 p. 100 d'argent; les



35. — Alliage d'antimoine à 15 p. 100 d'argent.

Fig. 36. — Alliage à 16 p. 100 d'argent.

Fig. 37. — Alliage à 25 p. 100 d'argent.

cristaux se sont isolés et forment quelques groupements en étoile en conservant les mêmes formes générales.

Ces reproductions suffisent à indiquer comment varie la structure des alliages d'argent et d'antimoine quand on reste sur la première branche de la courbe de fusibilité. Cette structure correspond parfaitement au mécanisme indiqué à propos des alliages de plomb et d'antimoine; le point d'inflexion de cette première branche de courbe, d'ailleurs peu accentué, ne semble donc correspondre à aucune particularité de l'aspect microscopique.

Quand on dépasse la proportion d'argent qui correspond à l'alliage eutectique, on retrouve un tout autre aspect. Les alliages beaucoup moins durs se polissent encore bien, mais le polissage ne suffit pas à en révéler la structure. En attaquant par l'acide azotique étendu, on dissout des cristallites à bords arrondis, englobées dans un alliage eutectique nettement formé de lames alternées dont les unes, très dures, semblent être de l'antimoine. On peut aussi colorer l'argent en noir par l'acide sulfhydrique; enfin, l'ammoniaque concentrée développe, à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la surface de l'antimoine, une pellicule d'oxyde qui le colore en bleu sombre et ne modifie pas la couleur de l'argent.

La figure 38 reproduit, au grossissement de 30 diamètres, l'aspect d'un alliage à 66 p. 100 d'argent; les parties blanches sont les cristallites; les parties sombres sont formées par l'alliage eutectique dont le dédoublement n'apparaît pas à ce faible grossissement, mais dont une reproduction a déjà été donnée plus haut (fig. 5 et 6).

Quand on augmente la teneur en argent, les cristallites se réunissent et forment de longues dendrites, mais en même temps apparaît le caractère spécial que nous avons signalé dans les mélanges isomorphes; il est impossible, quel que soit le mode d'attaque employé, d'obtenir une séparation bien nette de ces

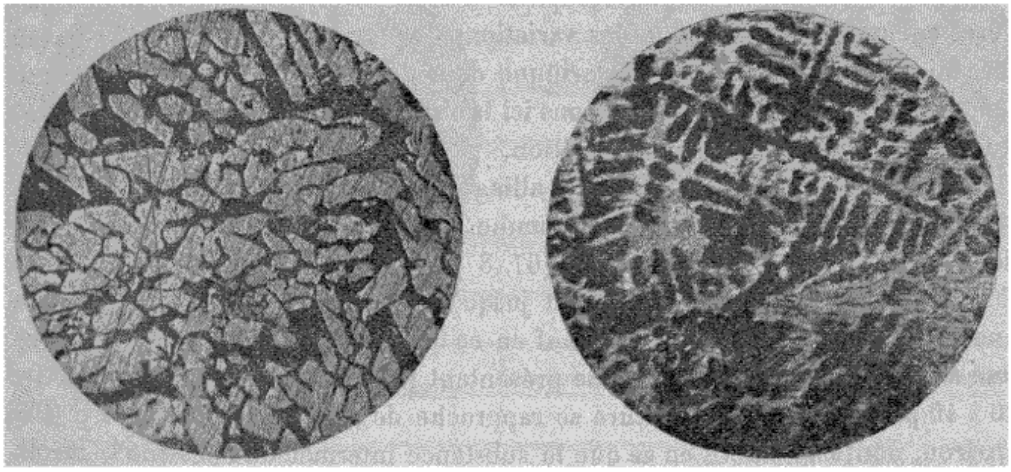


Fig. 38. — Alliage d'antimoine à 66 p. 100 d'argent, grossissement 30.

Fig. 39. — Alliage d'antimoine à 83 p. 100 d'argent noirci par l'acide sulfhydrique.

dendrites avec le magma enveloppant. Quand on noircit par l'acide sulfhydrique, ou qu'on oxyde par l'acide azotique, par exemple, on voit se développer, à partir de la ligne médiane des dendrites, des colorations qui s'étendent graduellement sans présenter jamais de contours bien nets.

La figure 39 reproduit l'aspect d'un alliage à 83 p. 100 d'argent noirci par l'acide sulfhydrique. La portion noircie serait sensiblement plus étendue si l'on avait prolongé l'action du réactif. Cela conduirait donc à admettre l'existence d'un composé défini, isomorphe avec l'argent. Cette conception nous avait été indiquée également par des mesures planimétriques effectuées sur le microgramme de l'alliage à 66 p. 100 d'argent dans lequel la séparation entre les cristallites et l'alliage eutectique est très nette.

Plusieurs séries de mesures effectuées sur divers échantillons de cet alliage ont donné des résultats à peu près concordants et indiquant en moyenne que les cristallites constituaient les deux tiers de l'alliage; il est donc impossible que

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ces cristallites soient de l'argent pur, puisqu'il y a en tout 66 p. 100 et que l'alliage eutectique se compose de 55 p. 100 d'argent pour 45 p. 100 d'antimoine; ces cristallites doivent donc contenir de l'antimoine; en cherchant la proportion nécessaire pour rétablir la concordance entre les mesures planimétriques et l'analyse chimique on trouve environ 28 p. 100. On est ainsi amené à conclure que les cristallites sont formées de 28 p. 100 d'antimoine et 72 p. 100 d'argent, ce qui correspond à la formule $SbAg^3$.

C'est dans cette région que se produit le point d'inflexion et qu'apparaissent les dendrites; d'ailleurs les mesures planimétriques ne donnent qu'une indication et permettraient aussi bien d'admettre pour les cristallites la formule $SbAg^4$.

Alliages de cuivre et de zinc. — Nous avons donné, dans un précédent travail (1), un grand nombre de microphotographies d'alliages de cuivre et de zinc, considérés surtout au point de vue des variations de structure que produit le travail mécanique ou le traitement calorifique dans les alliages industriels à forte teneur en cuivre; nous considérerons ici la structure des métaux fondus et l'influence des variations de la composition.

La structure micrographique des alliages de cuivre et de zinc a été étudiée par M. Behrens. Ce savant donne comme probable l'existence des composés définis Cu Zn (51 p. 100 Zn) $Cu\,Zn^2$ (67, 8 p. 100 Zn) $Cu\,Zn^4$ (80, 3 p. 100 Zn). Il indique pour les laitons contenant jusqu'à 20 p. 100 de zinc une structure analogue à celle du cuivre rouge sauf en ce que les cristaux sont englobés dans une substance intermédiaire jaune présentant parfois un fil médian blanc. De 20 à 40 p. 100 de zinc, la texture se rapproche de celle du bronze à 15 p. 100 environ, dont elle diffère en ce que la substance intermédiaire possède la même dureté que les cristaux et est d'autant plus colorée en jaune que la teneur en zinc est plus grande. Quand on se rapproche des alliages à 50 p. 100 de zinc, « les rangées de cristaux deviennent plus minces et plus rares; la différence de coloration entre les cristaux et la masse fondamentale s'unifie ».

« Les alliages composés approximativement du même nombre d'atomes de cuivre et de zinc ne montrent parfois que de faibles indices de cristallisation. »

L'alliage à 50 p. 100 de zinc montre, après attaque par l'ammoniaque, « un réseau à lignes courbes sur un fond uniformément jaune. L'alliage à 67 p. 100 est uniformément cuivré dans l'acide sulfurique étendu; il se montre sensiblement homogène et présente de fortes criques; il correspond à un point critique de dureté. »

Pour les alliages plus riches en zinc, M. Behrens signale que l'on retrouve la séparation en cristaux et masse fondamentale qui augmente avec la teneur en zinc; il conjecture l'existence de la combinaison $Cu\,Zn^4$ d'après la variation de

(1) *Bulletin* de février 1896, p. 180.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

forme des cristaux et la difficulté de faire apparaître la texture dans l'alliage à 80 p. 100 de zinc.

Les résultats de nos recherches ne concordent que partiellement avec ceux de M. H. Behrens. Les alliages voisins de $Cu\,Zn^2$ nous ont donné également une structure sensiblement homogène, une grande dureté, des criques, caractères qui correspondent à l'existence d'un composé défini indiqué d'ailleurs par d'autres phénomènes.

Les alliages contenant plus de 67 p. 100 de zinc donnent des préparations très nettes quand on les attaque par la potasse. L'aspect de ces préparations conduit

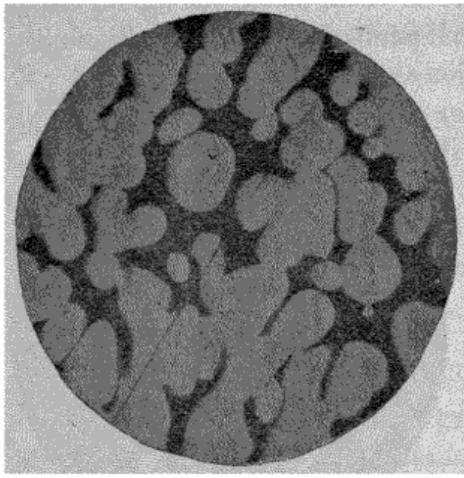


Fig. 40. — Alliage 80 Zn 20 Cu ($CuZn^4$) attaqué dans la potasse.

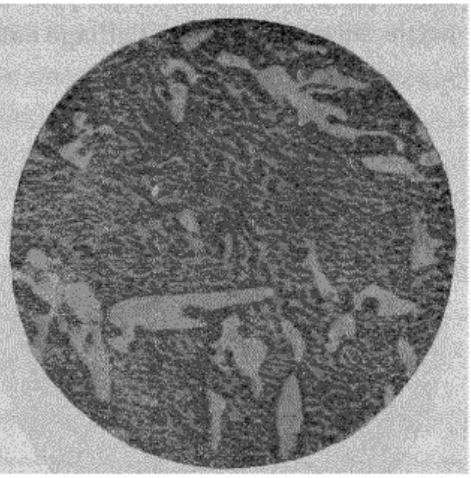


Fig. 41. — Alliage 75 Zn 25 Cu attaqué par la potasse chaude.

à les séparer en deux groupes, l'un allant de 0 à 20 p. 100 de cuivre, l'autre de 20 à 33 p. 100.

Les alliages les plus riches en zinc se composent de cristallites à bords arrondis, englobées dans un métal qui se dissout rapidement dans la potasse chaude. Ce métal ne se dédouble pas comme les alliages eutectiques; sa dissolution dans la potasse ne laisse pas de cuivre; il est donc probable que c'est du zinc à peu près pur; la figure 40 reproduit l'aspect d'un alliage à 80 p. 100 de zinc attaqué par la potasse.

L'alliage à 20 p. 100 de cuivre paraît sensiblement homogène; il s'attaque lentement dans la potasse en se cuivrant uniformément; il a tous les caractères d'un composé défini et correspond à la formule $Cu\,Zn^4$.

L'alliage à 25 p. 100 de cuivre, attaqué par la potasse chaude, laisse voir des cristallites blanc, durs non attaqués, englobés dans un alliage ayant exactement l'aspect des alliages eutectiques. La potasse dissout l'un des éléments de cet alliage en laissant un peu de cuivre; c'est probablement le corps $Cu\,Zn^4$. Ce fait conduirait à penser que la forme de la courbe de fusibilité est plus compliquée

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

que celle que nous avons indiquée ; le petit nombre de mesures effectuées dans cette région ne nous permet pas d'être affirmatif sur cette question. La figure 41 reproduit, au grossissement de 100 diamètres, l'aspect de l'alliage à 25 p. 100 de cuivre, attaqué par la potasse.

Pour les alliages riches en cuivre, on observe bien une structure dont la forme rappelle celle du cuivre ou celle du bronze en ce qu'elle est formée de longues aiguilles dendritiques ; mais nous n'avons pu observer de substance intermédiaire nettement séparée ; les cristaux présentent les caractères des mélanges isomorphes ; l'oxydation se produit suivant un mécanisme analogue à celui qui a été indiqué à propos des bronzes d'étain, mais sans qu'il y ait de partie correspondante à l'alliage eutectique. Il paraît donc probable que ces mé-

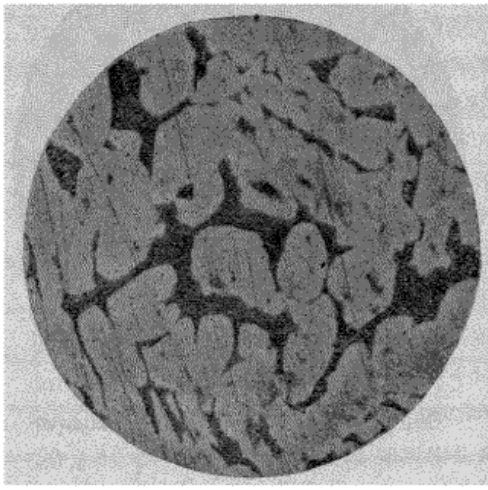


Fig. 42. — Alliage 40 Cu 60 Zn attaqué par l'ammoniaque, grossissement 200.

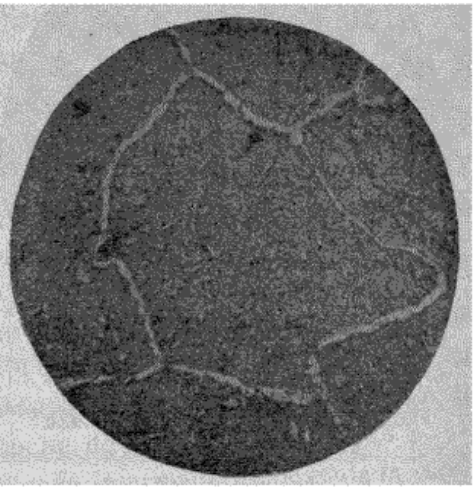


Fig. 43. — Alliage 50 Cu 50 Zn attaqué par l'ammoniaque, grossissement 200.

taux ne sont pas formés de deux alliages différents juxtaposés, mais de cristaux dont la composition n'est peut-être pas uniforme, mais qui occupent toute la masse. Cette opinion est confirmée par l'influence du recuit qui donne des métaux intégralement formés d'une seule sorte de cristaux ; il faut signaler aussi l'observation de M. Roberts-Austen, d'après laquelle les alliages contenant de 0 à 30 p. 100 de zinc n'ont qu'un seul point de solidification. Pour les alliages plus riches en zinc, au contraire, M. Roberts-Austen a observé un second point de solidification bien inférieur au premier. L'examen microscopique de ces alliages montre également une séparation très nette entre les cristallites et la substance qui les enveloppe. Cette structure est très facile à faire apparaître par oxydation à l'air, par attaque à l'ammoniaque, à la potasse ou aux acides étendus. La figure 42 reproduit, au grossissement de 200 diamètres, l'aspect d'un alliage à 40 p. 100 de zinc attaqué par l'ammoniaque. La substance

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qui enveloppe les cristaux est seule colorée par l'oxydation ; elle est formée elle-même par l'agglomération de très petits cristaux qui lui donne un aspect grenu, mais on n'y distingue pas deux éléments juxtaposés comme dans les alliages eutectiques.

Dans les alliages contenant 50 et jusqu'à 60 p. 100 de zinc on voit encore deux constituants, qui apparaissent en général par simple polissage ; l'un est coloré en jaune ; il forme des grains entourés de filaments blancs et parsemés de cristaux de même nature ; l'étude sur les alliages de cuivre et de zinc contient plusieurs reproductions de cette structure ; la figure 43 reproduit l'aspect d'un alliage à 50 p. 100 de zinc environ.

La structure des alliages de cuivre et de zinc est donc beaucoup plus compliquée que celle de la plupart des autres alliages ; il semble très probable que la composition des cristaux varie, dans certains intervalles, d'une façon continue avec la composition du métal ; en dehors de cette particularité on a à distinguer cinq types de structure :

1° De 0 à 33 p. 100 de zinc, dendrites occupant toute la masse et probablement formées de mélanges isomorphes.

2° De 33 à 45 p. 100 de zinc, cristallites à contours curvilignes englobées dans un métal formé de petits cristaux mais non dédoublable.

3° De 45 à 67 p. 100 de zinc, grains cristallins jaunes soudés par un alliage blanc et semés de cristaux blancs.

4° De 67 à 80 p. 100 de zinc, cristallites colorées en blanc, englobées dans un alliage dédoublable comme les mélanges eutectiques.

5° De 80 à 100 p. 100 de zinc, cristallites arrondies englobées dans un métal non dédoublable.

Les points de transition correspondent aux compositions représentées par les formules $CuZn^3$, $CuZn^4$, Cu^2Zn et peut-être CuZn.

Cette complexité de constitution correspond vraisemblablement à la grande variété des propriétés des laitons de différentes compositions.

Alliages d'argent et d'étain. — La courbe de fusibilité des alliages d'argent et d'étain, déterminée par M. H. Gautier, se compose de deux branches qui se coupent en un point correspondant à l'alliage eutectique, contenant environ 5 p. 100 d'argent. La branche qui part du point de fusion de l'argent est fortement ondulée ; elle présente deux points d'inflexion, correspondant à peu près aux alliages à 40 p. 100 et 70 p. 100 d'argent.

La dureté de ces alliages varie également beaucoup ; elle est considérable entre 60 et 85 p. 100 d'argent. M. H. Behrens, qui a étudié ces alliages, signale l'existence de deux maxima de dureté, l'un pour 65 p. 100, l'autre pour 80 p. 100 d'argent. Entre ces deux alliages la dureté diminue certainement très peu, d'après ce que nous avons pu constater.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. H. Behrens a choisi les alliages d'argent et d'étain pour chercher à déterminer l'existence de composés définis; il a obtenu, par fusion, des cristaux répondant aux formules suivantes: Ag^6Sn, Ag^4Sn, Ag^3Sn, Ag^2Sn, $AgSn$, Ag^2Sn^3, $AgSn^2$. « Les trois derniers échantillons, dit-il, donnèrent une excrétion sensible d'une solution mère plus molle; les quatre premiers parurent homogènes; il n'est pas douteux qu'il y a là une série de combinaisons d'argent et d'étain. » Nous reproduisons ci-contre les dessins que M. Behrens donne de ces différents cristaux, avec les indications qu'il fournit sur leur forme cristalline et la formule de constitution qu'il propose pour les représenter.

M. Behrens ne propose pas de formule de constitution pour l'alliage Ag^6Sn auquel les procédés employés pour les autres ne s'appliquent pas, mais insiste sur ce que son existence ne fait pour lui aucun doute.

Le fait de donner par fusion des cristaux bien nets ne nous semble pas suffisant pour caractériser un composé défini; il se produit également avec les mélanges isomorphes; l'étude des alliages d'argent et d'étain nous a conduit à admettre qu'ils présentaient des phénomènes d'isomorphisme.

L'alliage contenant 10 p. 100 d'argent montre par simple polissage des cristaux durs englobés dans l'alliage eutectique. Une attaque à l'acide chlorhydrique très étendu accentue nettement cette structure et permet de distinguer dans l'alliage eutectique des traînées cristallines très fines, non attaquées et qui paraissent identiques aux cristaux isolés. Quand on augmente la proportion d'argent, on voit le nombre de ces cristaux augmenter; dans l'alliage à 30 p. 100 environ, ils sont agglomérés en dendrites; dans l'alliage à 50 p. 100 d'argent, le corps dur se présente sous forme de cristallites à bords arrondis se touchant presque. La figure 51 reproduit l'aspect d'un alliage à 33 p. 100 d'argent au grossissement de 30 diamètres. Les cristaux paraissent blancs; l'alliage eutectique attaqué par l'acide chlorhydrique paraît noir. La figure 52 reproduit l'aspect d'un alliage à 45 p. 100 d'argent. Les cristaux sont devenus beaucoup plus nombreux.

Dans l'alliage à 60 p. 100, l'alliage eutectique a presque complètement disparu.

Les alliages contenant plus d'argent sont sensiblement homogènes; quand la teneur en argent dépasse 75 p. 100 on peut mettre en évidence une structure dendritique tout à fait comparable à celle des laitons riches en cuivre. L'oxydation par électrolyse dessine les dendrites sans montrer de substance intermédiaire et envahit graduellement toute la masse.

Ces résultats conduisent à admettre l'existence d'un composé défini contenant environ 70 p. 100 d'argent et isomorphe avec l'argent; les alliages contenant une plus forte proportion d'argent seraient alors des mélanges isomorphes. Ce résultat n'est pas en contradiction avec les phénomènes de cristallisation signalés par M. Behrens; en effet, les mélanges correspondant aux formules

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Fig. 44.

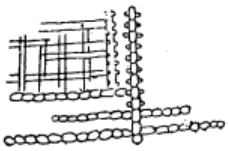


Fig. 45.

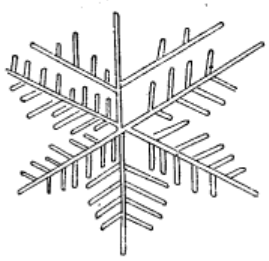


Fig. 46.

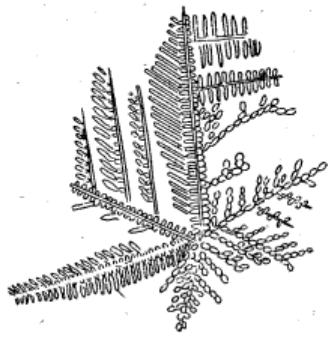


Fig. 48.

Fig. 47.

Fig. 49.

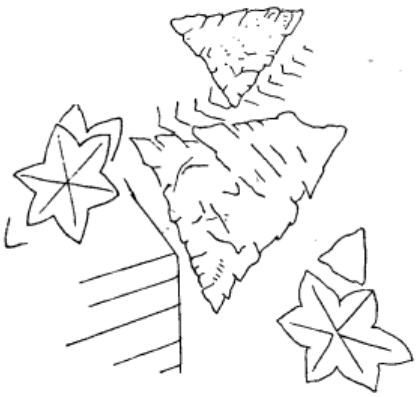


Fig. 50.

Fig. 44 à 50. — Cristaux d'alliages argent étain, d'après Behrens.

$AgSn^3$, régulier, cubique. (Fig. 44.)
$Ag - Sn \equiv Sn - Sn \equiv Sn - Ag$
Ag^2Sn^3, hexagonal, rhomboédrique. (Fig. 45.)
$Ag^2 = Sn = Sn - Sn \equiv Sn - Sn = Sn = Ag^2$.
AgSn, régulier cubique. (Fig. 46.)
$Ag - Sn \equiv Sn - Ag$
Ag^2Sn, hexagonal, rhomboédrique, premier maximum de dureté. (Fig. 47.)
$Ag^2 = Sn = Sn = Ag^4$
Ag^3Sn, régulier cubique. (Fig. 48.)
$Ag^3 \equiv Sn - Sn \equiv Ag^3$
Ag^4Sn, hexagonal, rhomboédrique, deuxième maximum de dureté. (Fig. 49.)
$Ag^4 \equiv Sn$
Ag^6Sn, régulier, octaédrique. (Fig. 50.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ag^6Sn, Ag^4Sn, Ag^3Sn contiennent plus de 70 p. 100 d'argent et seraient par suite des mélanges isomorphes; Ag^2Sn contient environ 65 p. 100 d'argent; ce serait le composé défini, isomorphe avec l'argent; pour les autres, AgSn, Ag^2Sn^3, $AgSn^2$, M. Behrens a reconnu lui-même l'existence de deux constituants inégalement fusibles; ce serait le composé défini Ag^3Sn et l'alliage eutectique.

Alliages de zinc et d'argent. — La courbe de fusibilité des alliages de zinc et d'argent déterminée par M. H. Gautier comprend deux branches qui se coupent en un point correspondant à un alliage eutectique contenant 69 p. 100 d'argent. La branche qui part du point de fusion du zinc monte directement et présente un maximum pour l'alliage contenant environ 60 p. 100 d'argent. La dureté de

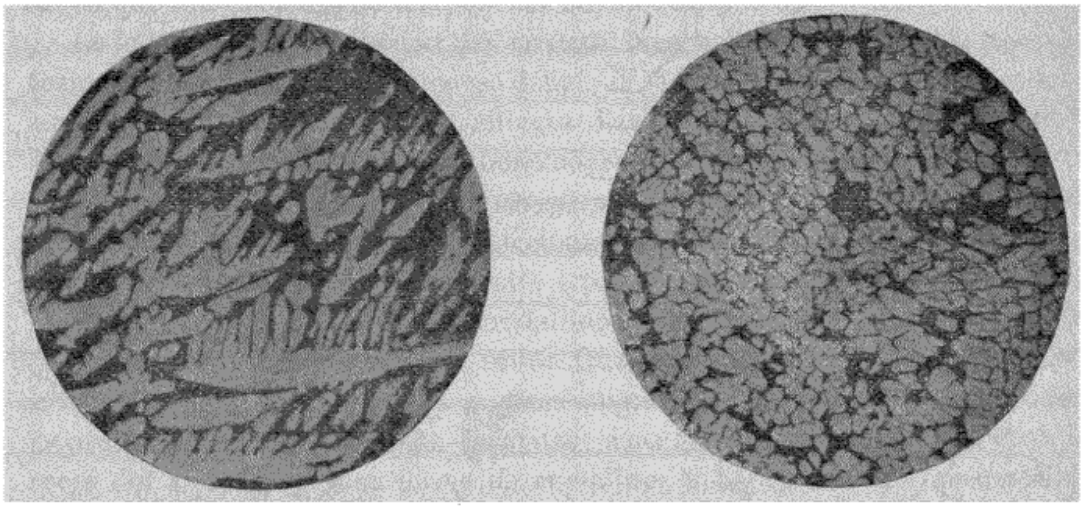


Fig. 51. — Alliage 33 argent 67 antimoine, grossissement 30.

Fig. 52. — Alliage 45 p. 100 argent 55 antimoine.

ces alliages est très grande au voisinage de ce maximum qui semble correspondre à un composé défini; d'ailleurs la structure des alliages de composition voisine est sensiblement homogène; ce n'est que par une attaque très prolongée qu'on peut voir des contours de cristaux occupant à peu près toute la masse.

Les alliages riches en argent sont formés de cristallites englobées dans l'alliage eutectique; ces cristallites qui sont d'abord isolées, dans l'alliage à 75 p. 100 d'argent, s'agglomèrent en dendrites comparables à celles du bronze d'étain, dans l'alliage à 80 p. 100. Un des meilleurs moyens pour les mettre en évidence consite à soumettre l'alliage à l'action de l'hydrogène sulfuré qui colore les cristallites en noir. Les alliages très riches en zinc sont formés de fines dendrites en feuilles de fougère englobées dans un alliage facilement attaquable par la potasse, mais qu'il ne nous a pas été possible de dédoubler; leur constitution serait donc analogue à celle des laitons contenant de 0 à 20 p. 100 de cuivre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CONCLUSIONS

L'examen microscopique des métaux, qui permet d'obtenir des indications sur le travail subi par un échantillon donné, fournit aussi des renseignements importants sur la constitution chimique des alliages; il donne, en quelque sorte, l'analyse immédiate des alliages métalliques; il permet de constater que la solidification des alliages s'effectue comme celle, plus facile à observer directement, des solutions salines, et que les alliages binaires sont formés, en général, de deux constituants seulement, quel que soit le nombre des composés définis formés par les deux métaux alliés.

Le type de constitution normal présente donc des cristaux d'un métal simple ou d'un composé défini, englobés dans un deuxième constituant qui est en général un mélange eutectique, formé lui-même par la juxtaposition de deux éléments très divisés dont l'un est celui qui forme les cristaux. La composition du mélange eutectique reste constante, la proportion des cristaux isolés varie avec la composition centésimale de l'alliage.

En dehors de ce type normal, dans lequel il faut comprendre les cas limites correspondant à un composé défini pur, ou à un mélange eutectique pur, il n'y a à signaler qu'un second type, celui des métaux qui donnent des mélanges isomorphes. Ces alliages sont alors formés, quelle que soit leur composition, d'une seule espèce de cristaux occupant toute la masse; en général, la composition et les propriétés varient d'une façon continue dans chaque cristal.

S'il n'y a qu'un petit nombre de métaux susceptibles de former des mélanges isomorphes, il semble qu'il y ait plusieurs cas de composés définis de deux métaux isomorphes avec l'un d'eux. L'examen microscopique conduit en particulier à prévoir : un composé d'étain et d'antimoine contenant environ 50 p. 100 d'étain et isomorphe avec l'antimoine; un composé d'antimoine et d'argent contenant environ 20 p. 100 d'antimoine et isomorphe avec l'argent; un composé d'étain et d'argent contenant environ 30 p. 100 d'étain et isomorphe avec l'argent, etc., etc. Ce ne sont là d'ailleurs que des indications qu'il est nécessaire de contrôler en cherchant à isoler ces composés.

Les constituants des alliages métalliques se séparent en général à l'état de *cristallites* et non à l'état de cristaux bien définis. La forme de ces constituants ne donne donc en général qu'une indication approximative; en dehors de ce caractère, on peut reconnaître les constituants à leur couleur, leur dureté et surtout à la façon dont ils se comportent vis-à-vis des divers réactifs.

Le mode de préparation et particulièrement la plus ou moins grande rapidité de la solidification modifie considérablement les dimensions des cristallites, mais ne semble pas influer autrement sur la constitution de l'alliage.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

HYGIÈNE

Sur un nouveau procédé de stérilisation par la chaleur sous pression.

Note de **M. W. Kühn** (1).

Les moyens variés employés jusqu'ici pour stériliser les liquides par la chaleur donnent tous de bons résultats au point de vue de la destruction des germes, mais ils amènent en général une altération très sensible des qualités organoleptiques, un goût de *cuit* qui suffit quelquefois à faire écarter l'emploi de la chaleur comme moyen de conservation des substances alimentaires.

Quelquefois, ce goût de cuit peut être évité quand on se met à l'abri de l'action de l'oxygène : c'est ce que Pasteur a montré pour les vins. Pour les liquides qu'il faut chauffer davantage (moûts, bières, laits, etc.), il apparaît presque fatalement au delà d'une certaine température.

Ces liquides sont d'ordinaire chauffés soit à l'air libre, soit dans des conditions qui rappellent plus ou moins celles de la marmite de Papin, c'est-à-dire en laissant à la surface du liquide un espace suffisant pour le dégagement des gaz, des vapeurs, et pour la dilatation.

J'ai eu l'idée de chercher ce qui arriverait si l'on chauffait en vases pleins et clos, assez résistants pour supporter la pression de dilatation du liquide qui les remplit. Cette pression augmente beaucoup plus vite que celle de la vapeur, de sorte que, soit en se chauffant, soit en se refroidissant, le liquide reste toujours sous l'influence de pressions élevées.

Pour réaliser ces conditions, je me sers d'un cylindre métallique horizontal, rempli par le liquide à traiter, et traversé par un faisceau de tubes dans lesquels on fait circuler de l'eau chaude ou froide, suivant qu'on veut réchauffer ou refroidir. Toutes les parties en contact avec le liquide sont argentées, de façon à éviter le contact du liquide et de la tôle d'acier. Pour régulariser l'action de la chaleur, le cylindre peut tourner autour de son axe. Une soupape de sûreté règle le maximum de pression à atteindre, et un thermomètre permet de surveiller la température.

La pression s'élève très vite, dès l'arrivée de l'eau chaude, dont on interrompt l'arrivée quand la température de stérilisation est atteinte. On se tient à cette température pendant un certain temps, en imprimant au cylindre quelques mouvements de rotation pour la régulariser. Puis on fait circuler de l'eau froide d'abord, glacée ensuite, pour refroidir le liquide, qui revient en quelques minutes à sa température primitive.

L'expérience apprend que, dans ces conditions de chauffage, qui s'opposent à toute déperdition de gaz et à toute perte de principes aromatiques et volatils, le liquide reste inaltéré et ne subit que des modifications nulles ou insensibles dans ses qualités organoleptiques. La science est trop peu avancée dans l'étude de ces qualités pour que j'aie cru devoir rechercher les causes de ce fait. Je me suis borné à le constater et à le faire constater par des experts pour une foule de denrées : eaux, eaux minérales gazeuses, bières, laits, vins, moûts de raisins, cidres, spiritueux, etc.

L'expérience a montré aussi que ces liquides conservent intégralement le dosage des gaz qu'ils contenaient avant chauffage, et que les moûts traités par ce moyen fermentent après l'opération tout aussi bien qu'ils l'auraient fait avant. Il faut seulement les additionner de levure, mais alors on est maître de celle qu'on ajoute, et par conséquent de la fermentation qui prend naissance, tandis qu'avant on ne pouvait échapper à l'intervention des levures contenues normalement dans le moût. On peut donc, par ce moyen, faire fermenter, sans goût de cuit, des moûts de raisin par des levures pures. J'ai obtenu dans cette direction des résultats intéressants et nouveaux sur lesquels je reviendrai.

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 1er mars 1897.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

NOTES DE MÉCANIQUE

ACCIDENTS AUX CHAUDIÈRES (1).

Les avaries et accidents de chaudières indiqués ci-dessous ont été étudiés par une commission de la *Société des ingénieurs et architectes autrichiens*, désignée à cet effet; ces accidents ont été choisis parmi les plus intéressants publiés dans le rapport original de cette commission.

1° CORROSIONS EXTERNES (FIG. 1 A 6 ET PHOTOGRAPHIES A A I)

FIG. 1 ET PHOTOGRAPHIES A, F, G. — *Rouilles locales s'étendant par bandes sur de longues surfaces.*

Localisation. — Aux points de contact de la chaudière avec les maçonneries des carnaux.

Causes. — Eau absorbée par la maçonnerie. Quand la chaudière est au repos, l'eau condensée sur les parois s'accumule et séjourne en ces contacts.

Conséquences. — Destruction graduelle des tôles, dangereuses parce que la maçonnerie en empêche la surveillance.

Remède. — Employer en ces points du mortier de ciment au lieu de chaux, avec insertion d'une fourrure d'amiante entre les tôles et ces maçonneries; drainer le fond des carnaux et les assécher souvent au feu.

FIG. 2 ET PHOTOGRAPHIES D, H. — *Rouille aux bords des rivures et aux têtes de rivets.*

Localisation. — Principalement sur la première rivure, et en général sur toutes les parties inaccessibles de la surface extérieure.

Causes. — Formation, avec les houilles sulfureuses, d'acide sulfureux transformé en acide sulfurique par la vapeur d'eau qui se forme lorsqu'on éteint les cendres. Cet acide s'accumule aux rivures dans l'enveloppe calorifuge, dont la chaux peut, jusqu'à un certain point, le neutraliser.

Conséquences. — La suie et les autres dépôts superficiels absorbent l'acide sulfurique; affaiblissement des rivures et des tôles; souvent dangereux parce qu'il échappe à l'examen.

Remède. — Brosser les surfaces extérieures avant leur refroidissement; opérer l'extinction des cendres hors du cendrier.

FIG. 3. — *Rouille aux joints des tôles.*

Localisation. — Principalement dans les carnaux.

Cause. — Formation d'acide sulfurique destructeur de la tôle, surtout si elle présente des petites criques.

Conséquences. — Corrosion beaucoup plus rapide que la rouille ordinaire.

Remède. — Matage immédiat des fuites.

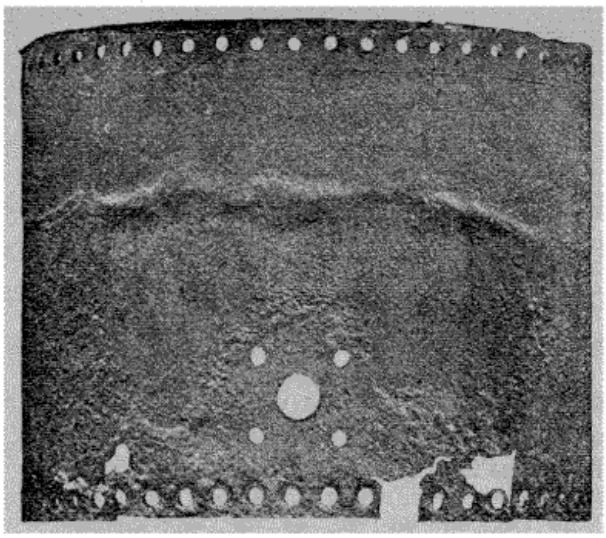
FIG. 4 ET PHOTOGRAPHIES C, D, H. — *Rouille aux rivures circulaires et aux coins.*

Localisation. — Sur les rivures circulaires et longitudinales, au bas des corps cylindriques et des bouilleurs.

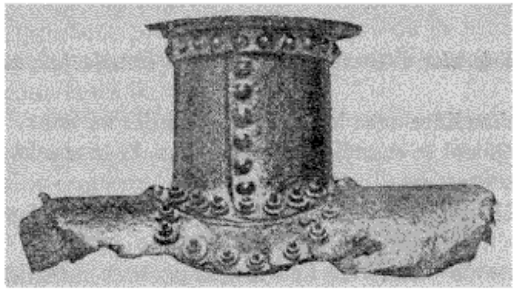
Cause. — Petites fuites aux points des carnaux assez froids pour que l'eau accumulée sur les tôles ne s'y vaporise plus.

Conséquences. — Limitée à une petite partie de la circonférence de la rivure non en contact avec les supports de la chaudière, la rouille peut s'accumuler sans danger sur une épaisseur

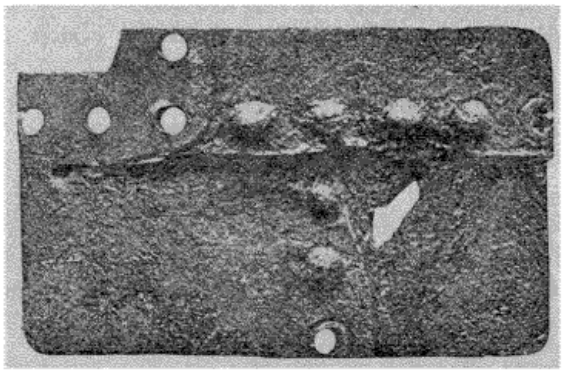
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



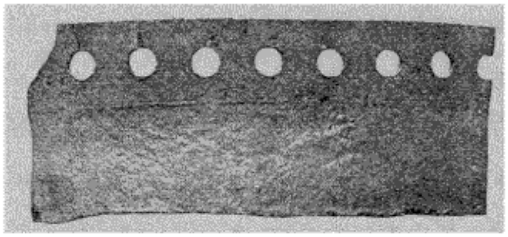
A, Exemple de rouille locale.



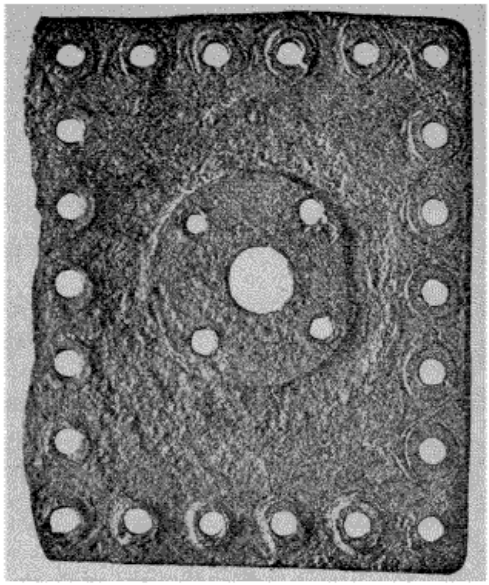
B, Réparation défectueuse; pièce boulonnée à l'intérieur du corps cylindrique.



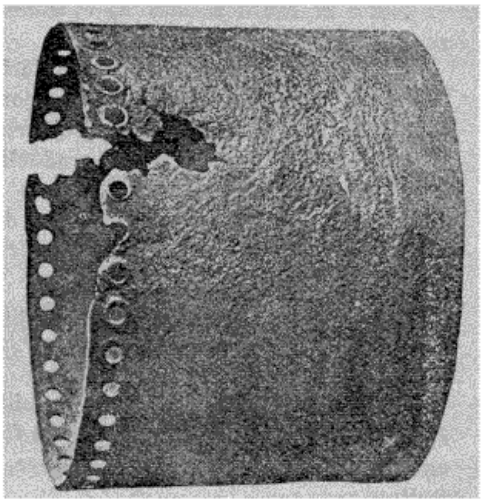
C, Corrosion à la jonction et au croisement des joints.



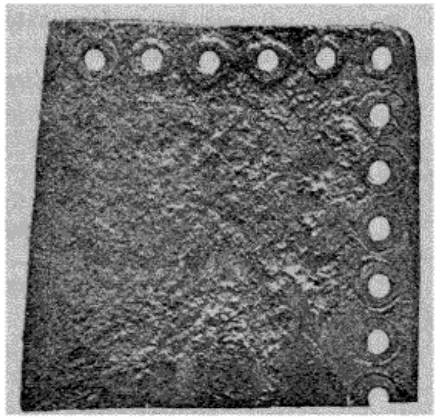
D, Corrosion par fuites aux rivures.



E, Corrosions par fuites au tour de la bride du tuyau de prise de vapeur.



F, Corrosion s'étendant au travers du corps cylindrique.



G, Corrosion générale d'une tôle.

Photographies A à G. — Exemples de corrosions externes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de quelques millimètres. Destruction des bords matés; corrosion considérable des rivets par les fuites continuelles.

Remède. — Rivure soignée. Inspection fréquente, principalement de l'arrière au bas des

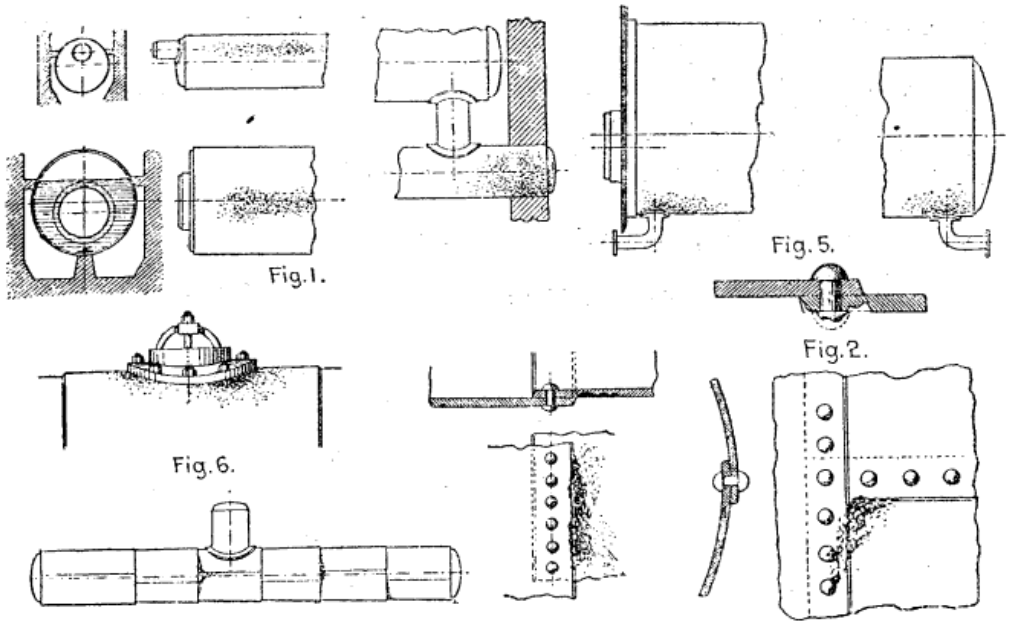
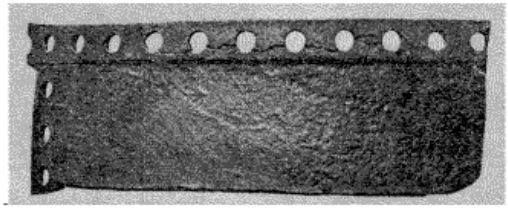
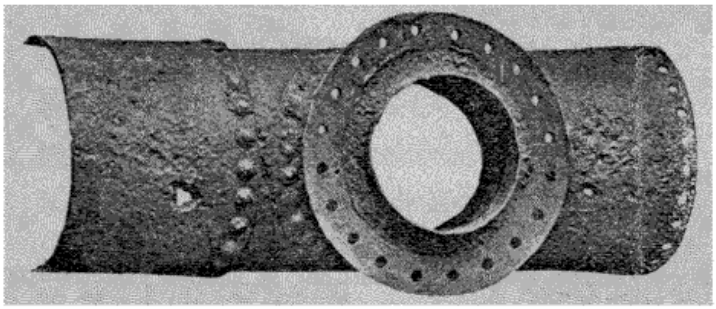


Fig. 1 à 6. — Exemples de corrosions externes.



H, Corrosions externes par fuites aux criques entre les trous de rivets.



I, Corrosions externes sur tubes verticaux.

corps cylindriques et des rivures longitudinales, aux points où elles forment des nids d'humidité. Éviter les refroidissements brusques de la chaudière. Matage immédiat des fuites.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

FIG. 5 ET PHOTOGRAPHIES B, E, H, I. — *Rouille aux bords des collerettes assemblées sur la chaudière au moyen de boulons.*

Localisation. — A la fixation des brides en fonte des tuyaux de prise de vapeur et d'alimentation.

Cause. — Ajustage défectueux; rivures défectueuses en des points difficilement accessibles.

Conséquences. — Corrosion rapide par la maçonnerie qui la répand et en rend l'accès difficile

Remède. — Exécution soignée des brides exactement appliquées sur la chaudière avec interposition d'une rondelle en fer.

FIG. 6. — *Même sorte de corrosion qu'en fig. 5.*

Localisation. — A l'attache des brides en fonte du trou d'homme.

Cause. — Fuites par rivure et matage défectueux.

Conséquence; dangereuses, comme s'étendant sans pouvoir être surveillée, cachée par la maçonnerie.

Remède. — Ajustage exact de ces brides avec rondelle en fer et rivure en dehors de la maçonnerie.

2° CORROSIONS INTERNES (FIG. 7 A 11 ET PHOTOGRAPHIES J A P)

FIG. 7 ET PHOTOGRAPHIE J. — *Tôles brûlées au niveau de l'eau.*

Localisation. Dans le corps supérieur, un peu au-dessus du niveau de l'eau.

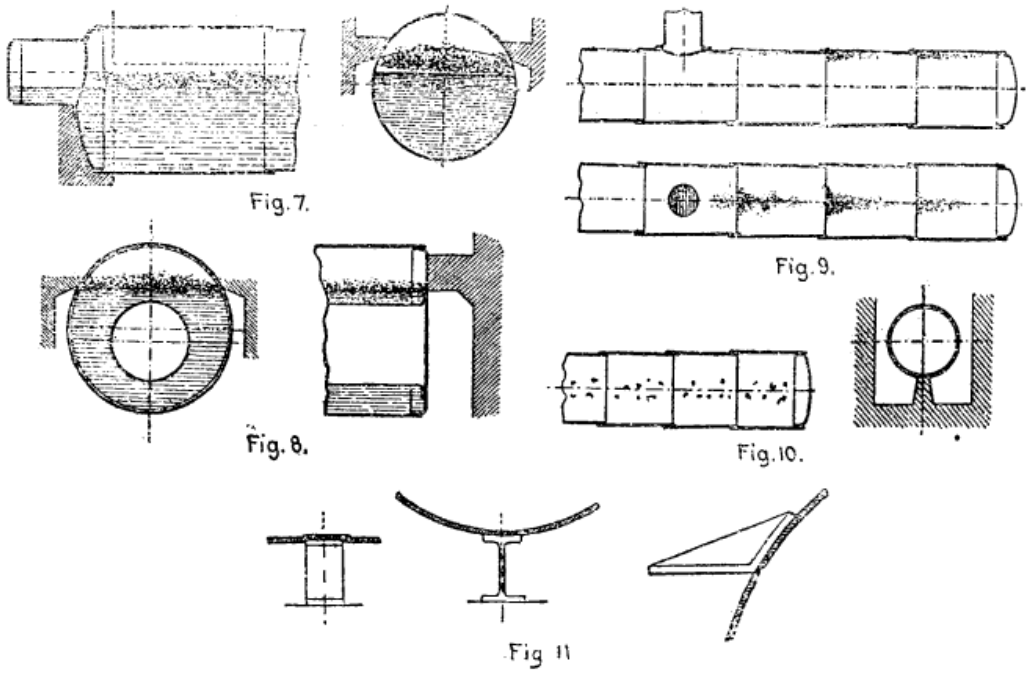


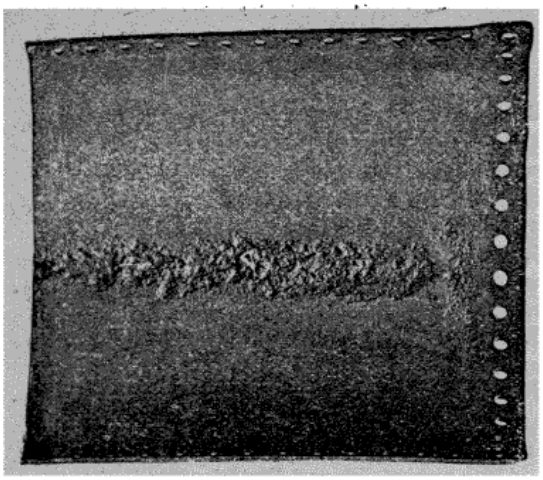
Fig. 7 à 11. — Types de corrosions internes.

Cause. — Maçonneries mal ajustées et laissant la flamme passer un peu au-dessus du niveau de l'eau.

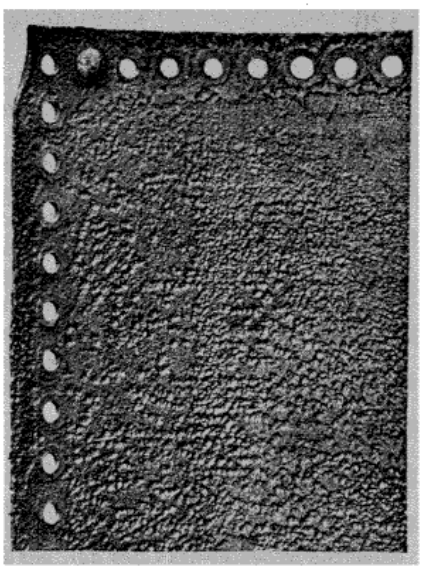
Conséquence. — Affaiblit dangereusement la chaudière suivant une génératrice de chaque côté du plan d'eau; les tôles brûlées s'écaillent à l'intérieur.

Remède. — Le haut du carneau doit se trouver à au moins $0^m,10$ au-dessous du plan d'eau et la maçonnerie taillée de manière à s'ajuster parfaitement sur la chaudière.

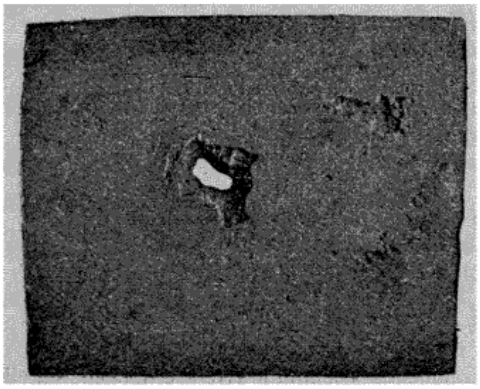
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



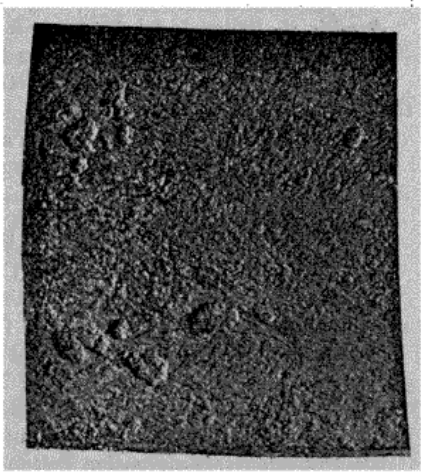
J, Corrosion interne par brûlure de la tôle au-dessus du plan d'eau.



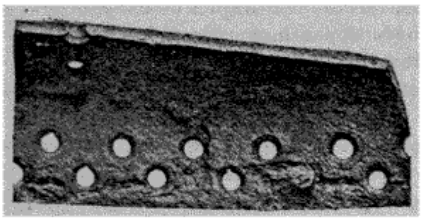
N, Piqûres générales.



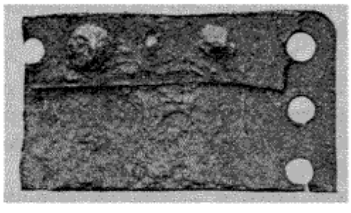
K, Piqûres profondes traversant les tôles.



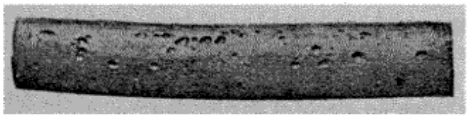
O, piqûres profondes et corrosions générales.



L, Sillons à la courbure des tôles.



P, Corrosions des têtes de rivets intérieurs.



M, Piqûres par l'eau sur un tube.

Photographies J à P. — Types de corrosions internes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Fig. 8. — Comme la figure 7.

Localisation. — A l'arrière du réservoir de vapeur, principalement dans les chaudières tubulaires et tubulées.

Cause. — Ajustage défectueux de la maçonnerie.

Conséquence. — Affaiblissement dangereux en un point naturellement faible de la chaudière.

Remède. — Ajustement exact et durable de la maçonnerie.

Fig. 9. — Tôles brûlées à la partie supérieure du bouilleur.

Localisation. — Au haut du bouilleur, insuffisamment incliné ou à viroles télescopiques s'opposant au dégagement de la vapeur en formant de petites poches de vapeur.

Causes. — Obstruction au passage de la vapeur et formation de poches surchauffées par les gaz du foyer et le rayonnement des maçonneries.

Conséquence. — Brûlure des tôles, pas dangereuse si limitée à une petite surface, mais destructive à la longue.

Remède. — Disposition convenable des viroles et inclinaison du bouilleur d'au moins 1/50.

Fig. 10 et photographies K, M, N, O, P. — Piquages et sillons à l'intérieur de la chaudière.

Localisation. — Sur toute la longueur du contact avec la maçonnerie.

Causes. — Échauffement et refroidissement alternatifs suivant l'alimentation dont le tuyau débouche trop près des tôles qui, par leur refroidissement en ce point, y retiennent les gaz absorbés par l'eau : circulation insuffisante de l'eau.

Conséquences. — Corrosions nombreuses qui, s'étendant en chapelet au bas des tôles, exigent souvent le remplacement total du corps cylindrique.

Remède. — Éviter de faire reposer les tôles sur les maçonneries entre les carnaux.

Fig. 11 et photographie L. — Sillons à l'intérieur de la chaudière.

Localisation. — Au droit des supports et des encorbellements, principalement dans les parties froides.

Cause. — Fatigue des tôles par leur charge et les changements de température.

Conséquences. — En général pas dangereuses quand on les découvre à temps.

Remède. — Supports ne fatiguant pas les tôles. Protéger les parties attaquées.

criques et ruptures (fig. 12 a 20 et photogrphies Q a U).

Fig. 12 et photographies Q et S. — *Criques partant des trous de rivets.*

Localisation. — N'importe où, si elles ont commencé pendant le rivetage. En général, elles se forment sur les parties exposées au feu et, de préférence, aux rivures transversales.

Causes. — Tôles défectueuses, métal trop dur, aigre ou mal soudé, mal travaillé, mal poinçonné, trous non correspondants forcés à la broche, variations brusques de température.

Conséquences. — Les criques en petit nombre ne sont pas dangereuses. Les longues criques provoquent des fuites graves et, parfois, des ruptures.

Les trous de rivets en tension s'allongent et sont, de ce fait, plus dangereux que ceux en compression.

Remèdes. — Percer, si possible, les trous de rivets sur tôles assemblées, sinon, les poinçonner avec un poinçon bien tranchant et de 20 p. 100 trop petit, puis aléser le restant du trou. Couper les bavures et fraiser les trous. Réparer les petites criques au matage et les longues, en perçant au bout de la fente un trou que l'on remplit par un rivet à large tête.

Fig. 13, semblable à la fig. 12.

Localisation. — Au bas du corps cylindrique.

Causes. — Admission d'air froid par l'ouverture des portes du foyer, refroidissant et contractant davantage l'extérieur de la tôle, dont les dilatations et contractions successives provoquent des criques.

Conséquences. — Les criques multiples, aux trous de rivets et aux bords des tôles, les affaiblissent et provoquent des fuites.

Remèdes. — Protéger la première rivure transversale par la maçonnerie. Fermer le cendrier avant d'ouvrir les portes. Éviter les prises d'air en avant des portes du foyer.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

FIG. 14 ET PHOTOGRAPHIE S. — *Petites criques aux trous des rivures transversales.*

Localisation. — A la première rivure transversale au-dessus du pont du foyer exposée directement à la flamme, aussi bien avec les foyers intérieurs qu'avec les extérieurs.

Cause: — Surchauffe et déformations locales considérables. Rivure mal faite, où les efforts locaux provoquent des fuites,

Conséquences. — Fuites dès que la crique s'étend au delà des têtes de rivets. On note d'abord une incrustation dans la fuite, puis une pénétration de l'humidité et enfin, par les grandes criques, des fuites considérables.

Remèdes. — Éviter les rivures transversales au-dessus du pont. Remplacer et non pas retaper les tôles avariées.

FIG. 15. — *Criques aux rivures longitudinales.*

Localisation. — Dans les corps cylindriques et les tubes de foyer, aux rivures au-dessus de la grille.

Causes. — Surchauffe de la rivure par la flamme et le rayonnement de la maçonnerie adja-

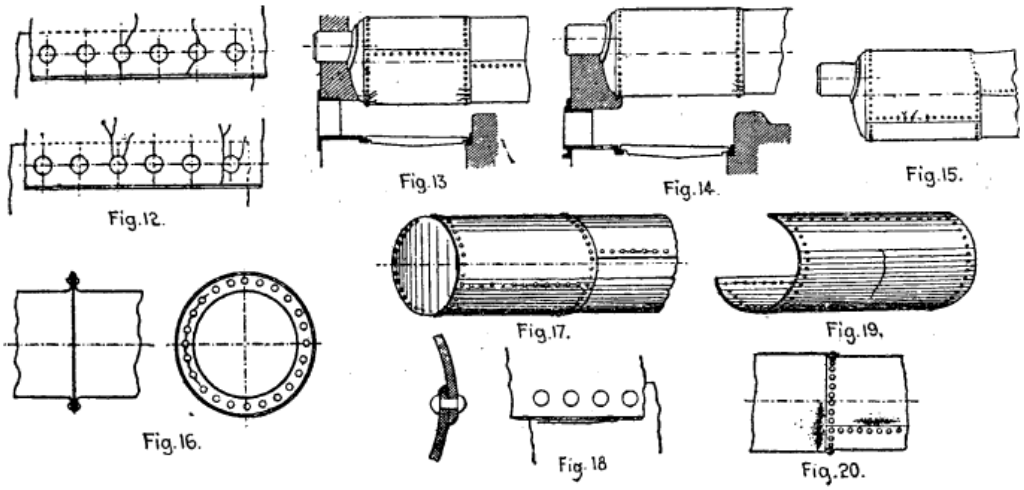


Fig. 12 à 20. — Types de criques et ruptures.

cente dans les foyers extérieurs. Dans les foyers intérieurs, surchauffe de la rivure par la flamme, diminution de la conductibilité et refroidissement de la tôle par l'air.

Remèdes. — Dans les tubes de foyers, disposer ces rivures toujours sous la grille; employer de préférence des tôles ondulées et soudées. N'exposer au feu, dans les chaudières à foyer extérieur, que la rivure longitudinale dont le recouvrement est dirigé de bas en haut, et l'éloigner des maçonneries; protéger par un couvre-joint la rivure diamétralement opposée.

FIG. 16 ET PHOTOGRAPHIE U. — *Longues criques s'étendant à plusieurs trous de rivets.*

Localisation. — Aux rivures transversales des tubes de foyers avec ou sans couvre-joints et aux rivures extrêmes qui les fixent à la chaudière.

Causes. — Rivures mal faites. Absence d'une fourrure. Rivets trop écartés, tôles dures. Fatigue des fonds qui fléchissent. Matage défectueux des rivures ou trop accentué des fourrures.

Conséquences. — Grandes fuites, allongement progressif des fuites. Craindre la déchirure des tubes.

Remèdes. — Percer les trous de rivets sur viroles assemblées. Maintenir très fermement le rivet à l'extérieur pendant son frappage. Couvre-joint renforcé, maté avec un matoir à bout rond. Employer, pour les tubes à foyers, comme joints, des morceaux de tube ondulés de grand diamètre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

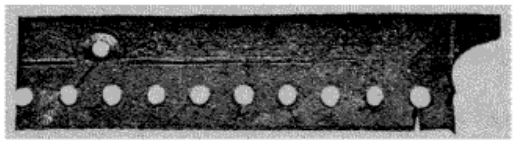
FIG. 17. — *Criques aux rivures longitudinales et parallèles à ces rivures.*

Localisation. — A l'extérieur des chaudières cylindriques de grand diamètre, accompagnant aussi des criques allant de la rivure aux bords.

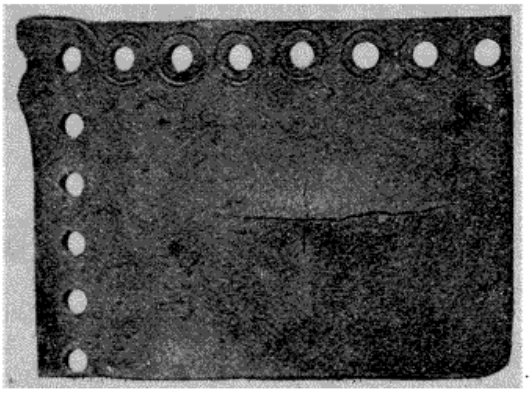
Causes. — Rivure simple trop faible, rivets trop faibles et trop écartés; action des flammes sur les rivures longitudinales directement exposées.

Conséquences. — Rupture des tôles, parfois avec explosions.

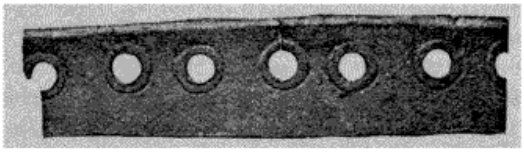
Remèdes. — Doubler toutes les rivures longitudinales et les protéger de l'attaque directe des flammes, ménager le feu et la chaudière, au remplissage et à la vidange, qui doit être faite après



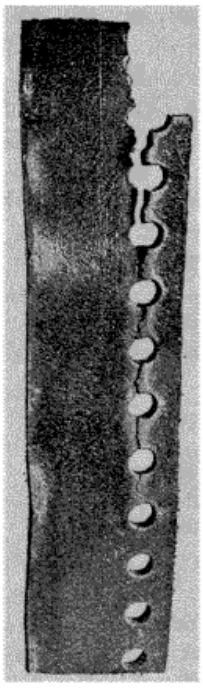
Q, Criques aux rivures et saignée faite par le burin du mateur.



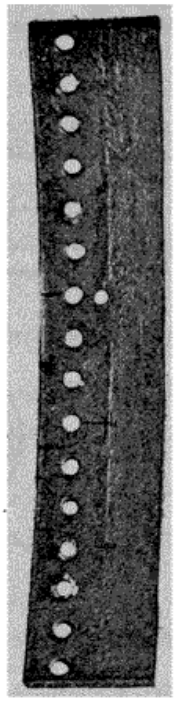
R, Crique traversière par une bosse naissante.



S, Petites criques aux rivures.



V, Crique le long d'une rivure.



U, Criques aux rivures et aux bords des tôles.

Photographies Q à V. — Criques et ruptures.

avoir jeté le feu et sous une pression la plus faible possible. Éviter les refroidissements brusques par remplissage rapide à l'eau froide.

FIG. 18 ET PHOTOGRAPHIE V. — *Criques le long des rivures.*

Localisation. — A côté du matage principalement aux rivures longitudinales.

Causes. — Criquage de la tôle par le martelage à trop basse température, endommagement de la surface de la tôle par un mauvais matage, formation de stries (photographie Q).

Conséquences. — Dangereuses aux rivures longitudinales. Remplacer la tôle dès la plus petite crique la traversant complètement.

Remèdes. — Ne jamais travailler les tôles au-dessous du rouge, mater avec un matoir arrondi.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Fig. 19 et photographie R. — *Criques dans les tôles.*

Localisation. — Parallèlement aux rivures sur les tôles exposées au feu dans les chaudières à foyers extérieurs presque sans déformations au voisinage.

Cause. — Refroidissement brusque des plaques fortement chauffées par le craquelage des oxydes; les criques se produisent ainsi un peu après la chaude, marque d'élasticité du métal : fréquentes avec l'acier doux.

Conséquence. — Fuites graves, dangers de rupture. Ne négliger sous aucun prétexte les criques des tôles d'acier exposées au feu.

Remèdes. — Inspections complètes des tôles. Métal de première qualité, éviter les tôles d'acier trop dures, remplacer toute la tôle criquée sans essayer de la réparer.

Fig. 20. — *Criques dans les tôles oxydées à l'intérieur de la chaudière.*

Causes. — Tôles amincies par la corrosion.

Conséquences. — Fuites soudaines et considérables vidant parfois la chaudière avec explosion, très dangereuse.

Remèdes. — Sonder au poinçon et au foret les corrosions en forme de sillons, principalement celles étendues le long des rivures transversales; remplacer les tôles.

Mauvais métal (fig. 21 a 23 et photographies W a Z'')

Fig. 21 et photographies X, Y. — *Tôles imparfaites à la surface.*

Localisation. — Partout, mais les imperfections se développent en général plutôt sur les parties exposées au feu.

Causes. — Mauvaise soudure des mises due au laminage à froid ou à la pénétration des battitures dans la tôle pendant le laminage.

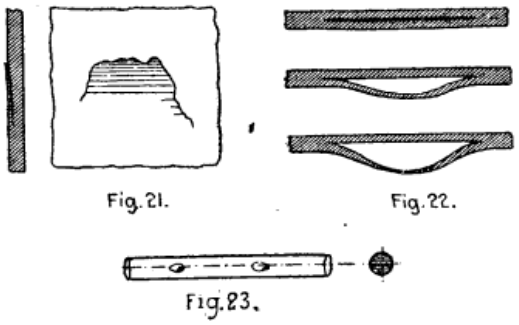


Fig. 21 à 23. — Défauts du métal.

Conséquences. — Affaiblissement de la chaudière, mais seulement si ces imperfections pénètrent profondément la tôle.

Remède. — N'employer que des tôles de première qualité, principalement pour les tubes de foyers : inspections complètes. Enlever entièrement les battitures de la surface et déterminer la profondeur des piqûres.

Fig. 22 et photographies W, Z, Z', Z''. — *Défauts des tôles à l'intérieur, pailles, etc.*

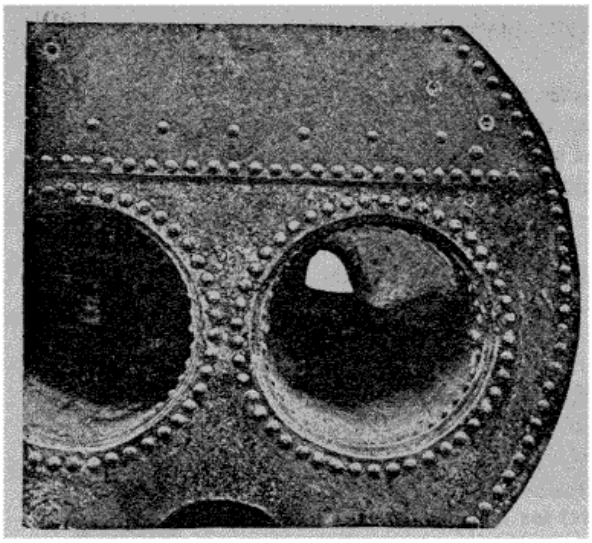
Localisation. — Sur les tôles exposées au foyer, près du feu et surchauffées.

Causes. — Mauvaise soudure des mises empêchant le chauffage uniforme de la tôle, ce qui provoque des tensions inégales avec formation de pailles plus développées aux parties les plus exposées au feu.

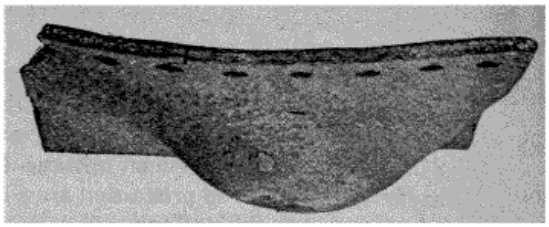
Conséquences. — Surchauffe des tôles, par suite de leur inconductibilité, parfois jusqu'au rouge. Affaiblissement très grave, très dangereux.

Remède. — Inspection préalable complète des tôles par un sondage soigneux par carrés de $0^{m},10$ de côté. On reconnaît les imperfections au son en frôlant la tôle avec une pierre.

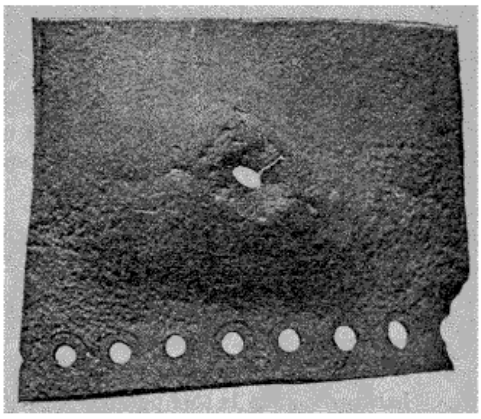
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



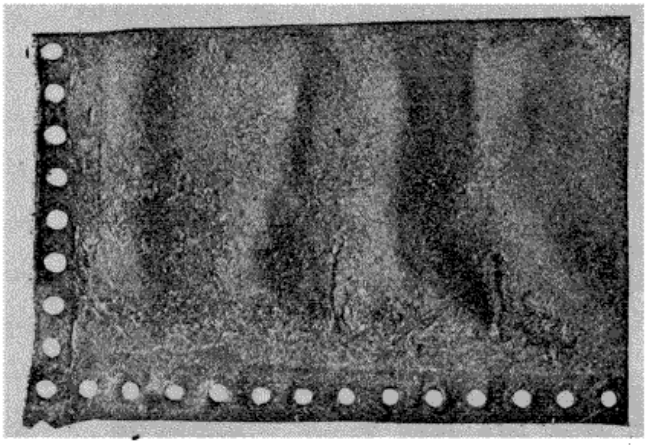
W, Poche dans un tube de foyer.



Z, Poche.

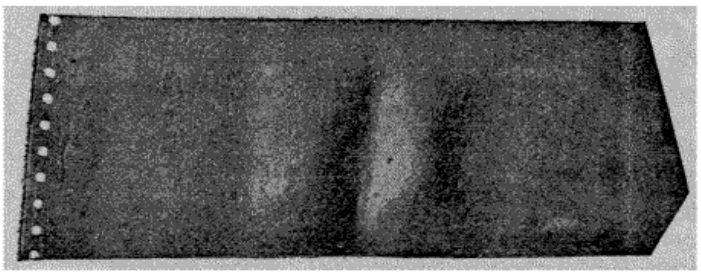


Z', Rupture d'une poche.



X, Tôle criquée par formation de poches ondulées.

Z'', Rupture d'une poche dans une tôle feuilletée.



Y, Ondulations sur tôles de foyers.

Photographies W à Z''. — Déformations par suite de défauts des tôles.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Fig. 23. — Imperfections légères à l'intérieur des tubes de chaudières à tubes d'eau, dues à l'impureté du métal et peu dangereuses.

ROULEMENTS SUR BILLES

La vis A de la transmission hélicoïdale de *Jackson et Slates* a sa butée reçue (fig. 24) par un roulement sur billes F, à crapaudine réglable G, sur grain en acier plan con-

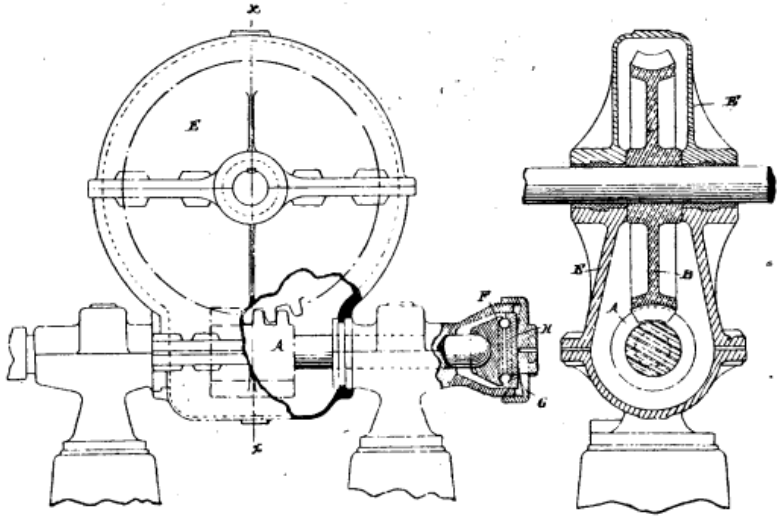


Fig. 24 et 25. — Transmission hélicoïdale *Jackson et Slates*.

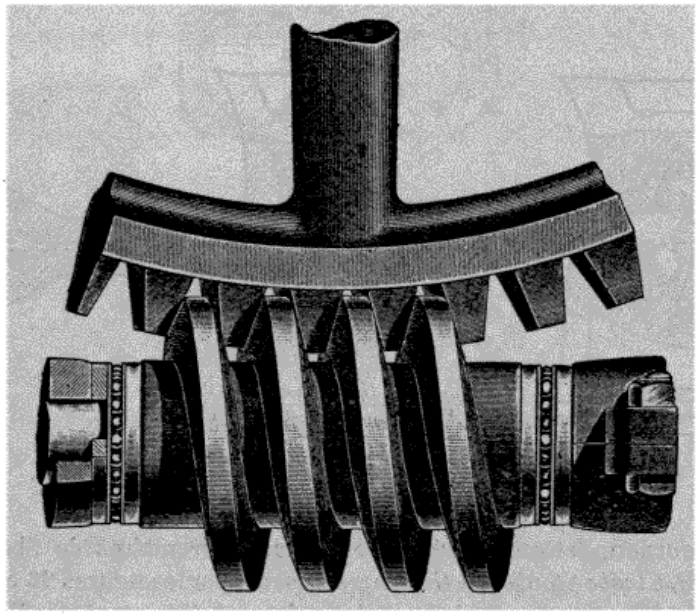


Fig. 25. — Transmission hélicoïdale de la *Ball Bearing C°*.

vexe la répartissant uniformément sur les billes. L'arbre du pignon B est monté dans une enveloppe E, qui peut se fixer dans une position quelconque autour de A.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le roulement de billes représenté par la figure 25 qui s'explique de lui-même est très fréquemment employé aux États-Unis.

On a souvent proposé l'emploi de galets et de billes pour les roues dentées et les

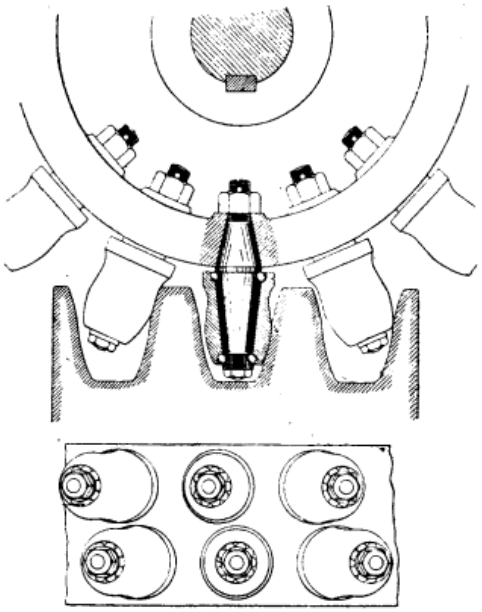


Fig. 26 et 27. — Transmission hélicoïdale *Clubbe Southey et Gibson*.

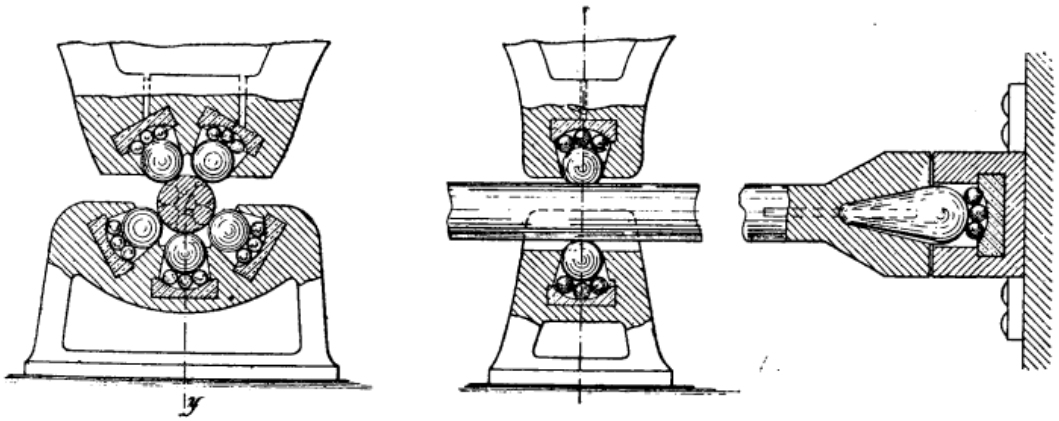


Fig. 28 et 29. — Paliers et butées à billes *Wesselmann* et *Bocker*.

vis sans fin (Bourdon, Jensen Hawkins, engrenages circulaires de Sharp...) dans le dispositif de *MM. Clubbe Southey et Gibson*, représenté par les figures 26 et 27, les dents du pignon hélicoïdal sont remplacées par des galets à billes ayant profil cycloïdal des dents et disposés sur deux couronnes en retrait suivant l'inclinaison du pas.

La caractéristique des roulements de MM. *Wesselmann* et *Bocker* est (fig. 28 et 29) l'emploi de grosses billes roulant sur des amas de petites billes logées dans des grains

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sphériques en acier. Il y a à craindre, avec ce dispositif, un certain frottement entre les billes, de sorte qu'on ne peut le signaler qu'en faisant toute réserve sur son efficacité pratique.

Le moyeu A de la roue de voiture *Brownell* roule (fig. 30 à 35) sur des paires de

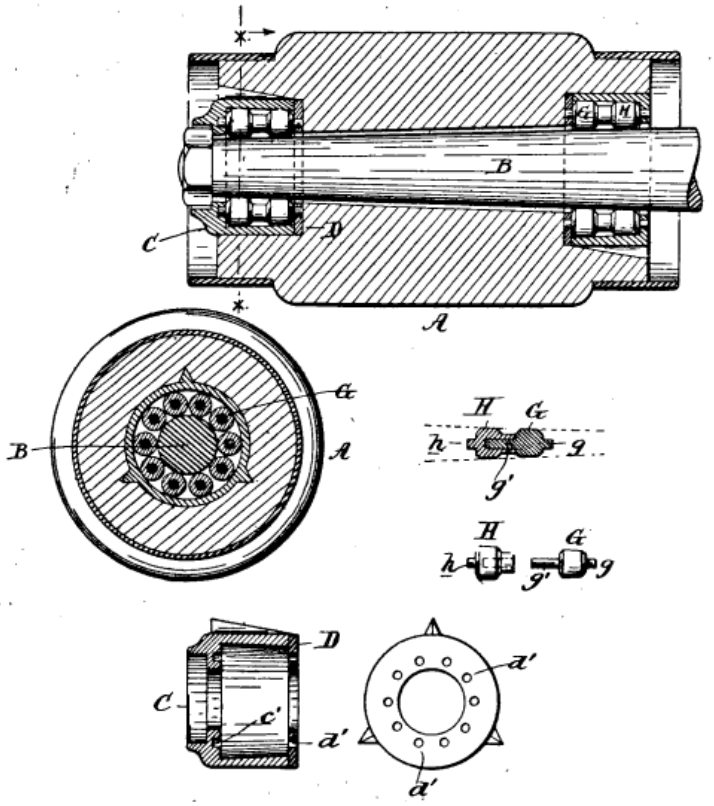


Fig. 30 et 31. — Essieu à galets *Brownell*.

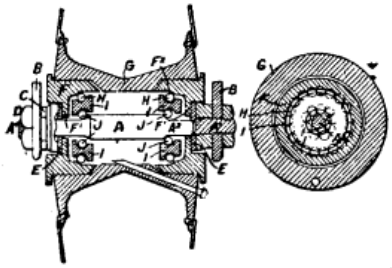


Fig. 36 et 37. — Roulement de bicyclette *Stephens*.

galets coniques suivant l'inclinaison de la fusée B, et dont la particularité est l'indépendance de leurs éléments G et H, qui peuvent tourner l'un par rapport à l'autre tout en conservant leur alignement et leur écartement maintenus par leur pénétration mutuelle en g_1 h_1 et la prise de leurs tourillons g h dans les trous d_1 et c_1 des boîtes C D.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'essieu d'avant A (fig. 36) de la bicyclette *Stephens*, réglé par des écrous DCE, transmet la pression de la fourche B à sa roue par deux anneaux I, à double couronne de billes J et H, roulant sur les fusées A_2 et A et les portées ajustables F F_1.

Nous signalons les dispositifs (fig. 38 à 40) qui montrent avec quel soin on applique aux États-Unis les roulements sur billes chaque fois que l'occasion s'en présente.

M. C. *D. Rice* a fait quelques essais sur les roulements représentés par les figures 41, 42.

Le dispositif (fig. 41) a pour caractéristique l'insertion, entre le premier roulement

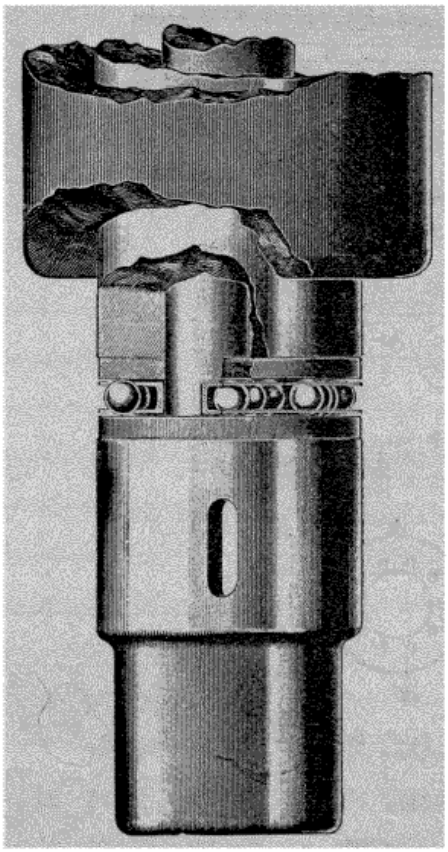


Fig. 38. — Butée sur billes pour porte-foret de la *Ball Bearing C°*.

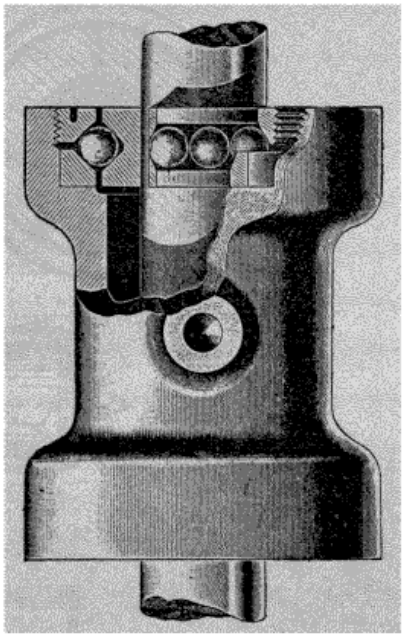


Fig. 39. — Roulement pour grandes vitesses de la *Ball Bearing C°*.

de l'arbre et le coussinet B, d'un second roulement A : on pouvait faire, par *ce*, varier le serrage de B : l'essai a démontré que l'insertion du second roulement diminue le frottement, mais si l'on fait, au contraire, tourner (fig. 42) le palier autour de l'arbre fixe, comme un essieu de voiture, le second roulement perd tout avantage.

Avec le dispositif (fig. 43), les billes augmentent le frottement par leur coincement dans les gorges G ; ce coincement ne se produit pas avec le dispositif (fig. 44) à gorges trapézoïdales sur l'arbre seulement et coussinet sans gorges. Le type (fig. 45) se dérange facilement : il se produit des chocs au moindre jeu du cône B. Le frottement du dispositif (fig. 46) est extrêmement faible, mais il exige sur l'arbre des collets de butée. Dans le type (fig. 47), les billes ont leur écartement maintenu par des anneaux F : son frot-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tement varie entre celui d'un roulement ordinaire et celui d'un bon coussinet sans billes. On peut aussi maintenir l'écartement des billes en tournant sur l'arbre des portées sphériques comme en figure 48 ; le frottement est très faible, pourvu que l'arbre soit maintenu longitudinalement.

La crapaudine fig. 49 donna, — ce qui se conçoit d'après le résultat du type

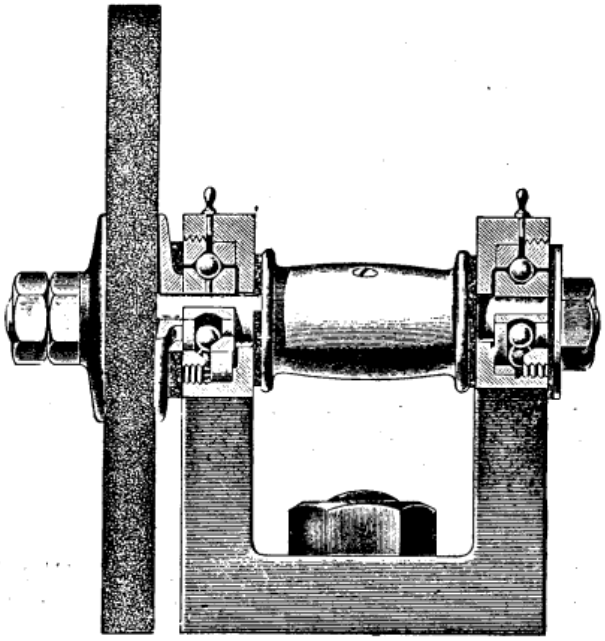


Fig. 40. — Roulement pour meules de la *Ball Bearing C°*.

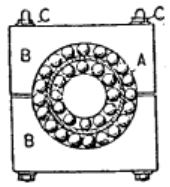


Fig. 41.

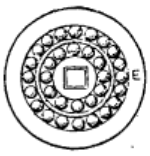


Fig. 42.

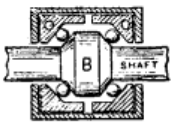


Fig. 45.

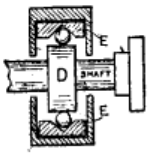


Fig. 46.

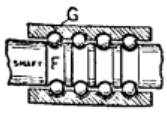


Fig. 43.

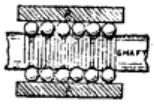


Fig. 44.

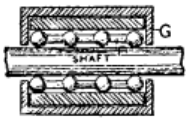


Fig. 47.

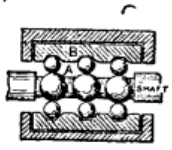


Fig. 48.

Fig. 41 à 48.

fig. 43 — un mauvais roulement et le type fig. 50 un roulement très doux. De même, le frottement du dispositif fig. 51 fut détestable et celui du type fig. 52 assez bon.

Ces essais furent exécutés avec deux appareils très simples fig. 53 et 54. Dans le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

premier, disposé entre deux paliers à l'essai, le frottement est donné par le moment

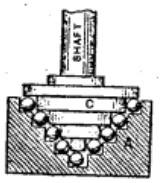


Fig. 49.

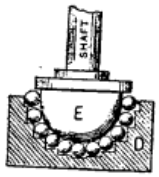


Fig. 50.

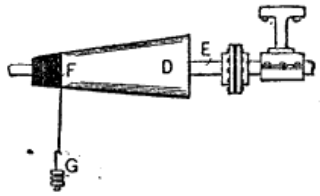


Fig. 53.

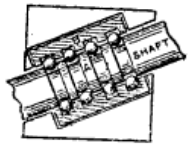


Fig. 51.

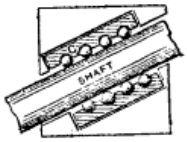


Fig. 52.

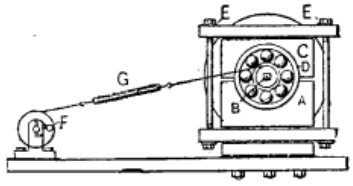


Fig. 54.

Fig. 49 à 54.

du poids G sur le cône D nécessaire pour en entraîner la rotation : dans le second appareil, il est donné par la tension du ressort G (1).

EMBOUTISSAGES DES RACCORDS DE VÉLOCIPÈDES

On part, pour exécuter la pièce représentée en fig. 79, de tôles de 135×80^{mm} en acier doux laminé à froid, puis recuit. Cette tôle est emboutie comme en fig. 55 dans

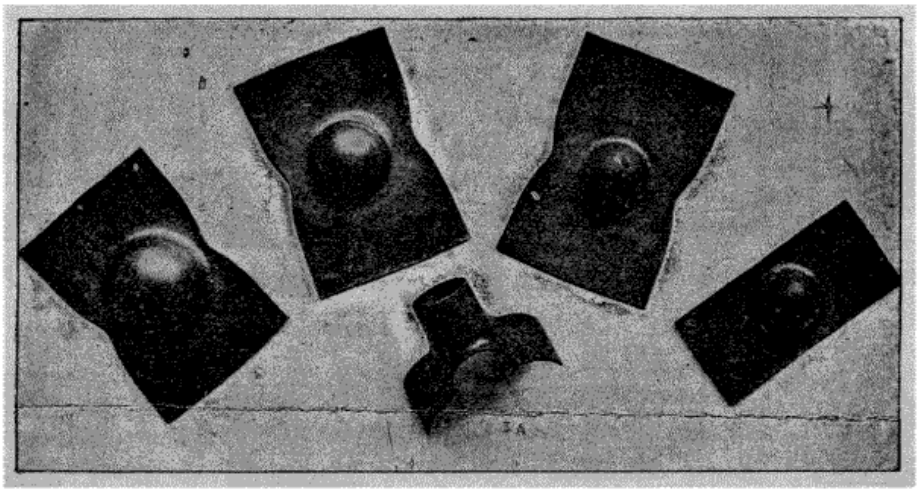


Fig. 55 à 59. — Transformations successives de la pièce emboutie.

une matrice A (fig. 60) avec calibre F, pour placer la tôle, et platine D, pivotée en E et serrée, pour la maintenir de manière à en éviter les plissements; après cet embou

1. *Mechanical World*, 12 mars 1897.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tissage, la pièce passe à l'appareil fig. 61, qui lui donne la forme figure 56, puis à celui fig. 63 qui lui donne la forme figure 57 et à la découpeuse fig. 64, avec centreur C et poinçon B D découpant sur A la tôle en un rectangle de 110×110^{mm}, comme en fig. 58. On donne ensuite à la pièce la forme figure 59, définie par la matrice fig. 66 et 67, taillée à la fraise, percée et trempée à l'huile, et ce, au moyen du

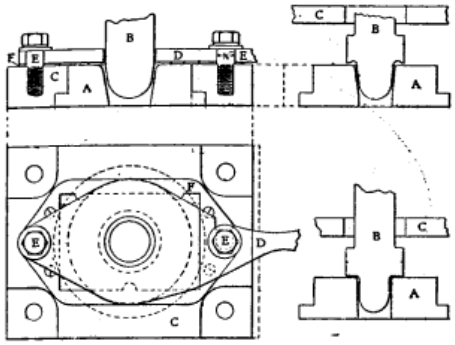


Fig. 60 à 63. — Poinçonneuses emboutisseuses.

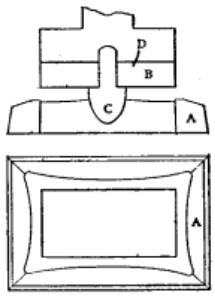


Fig. 64 et 65. — Découpeuses.

Fig. 69 et 70.

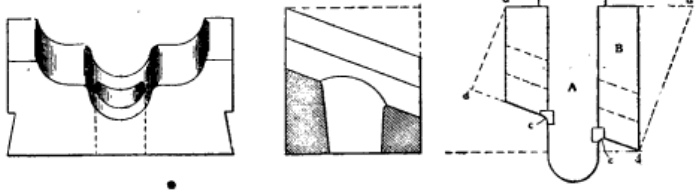


Fig. 66 à 68.

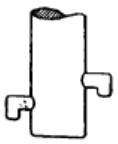


Fig. 76.

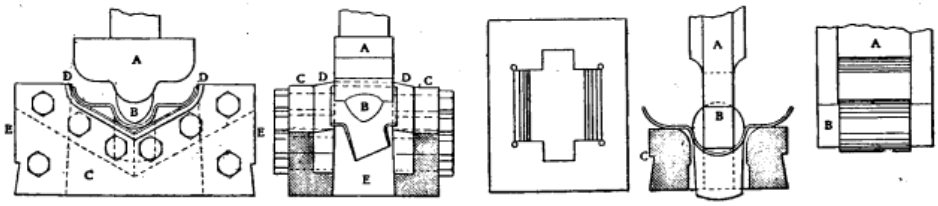


Fig. 71 et 72.

Fig. 73 à 75.

poinçon en 3 pièces A B *c* (fig. 68) dont le congé *c*, trempé le plus dur possible, accomplit le plus important travail de cet emboutissage. On poinçonne ensuite la tubulure de 15^{mm} de diamètre au moyen du poinçon fig. 69, puis on l'élargit à 28^{mm} au moyen du poinçon fig. 70 et sur la matrice fig. 66. L'emboutissage de la douille se fait alors au moyen de la matrice CC EE fig. (71 et 72), à lames DDDD, centreur B et poinçon A, et on la chanfrine au tour sur le mandrin fig. 76. On passe ensuite la pièce à la matrice C fig. 73 à 75 sous le mandrin A B, puis à l'étampe fig. 77 et 78, qui achève de lui donner la forme fig. 59. On saisit ensuite la pièce dans les mâchoires C,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à vis de serrage D (fig. 80 à 84) et l'on y découpe, par les poinçons L, les mortaises d'attache fig. 79; après quoi, l'on transporte C et la pièce sur le mandrin N, l'on insère

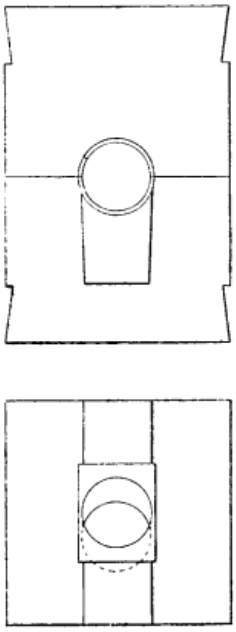


Fig. 77 et 78.

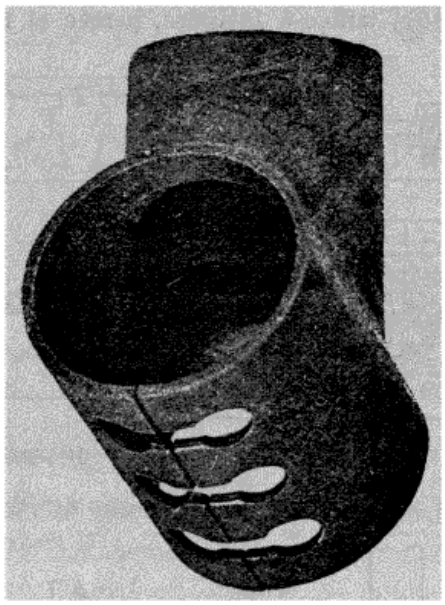


Fig. 79.

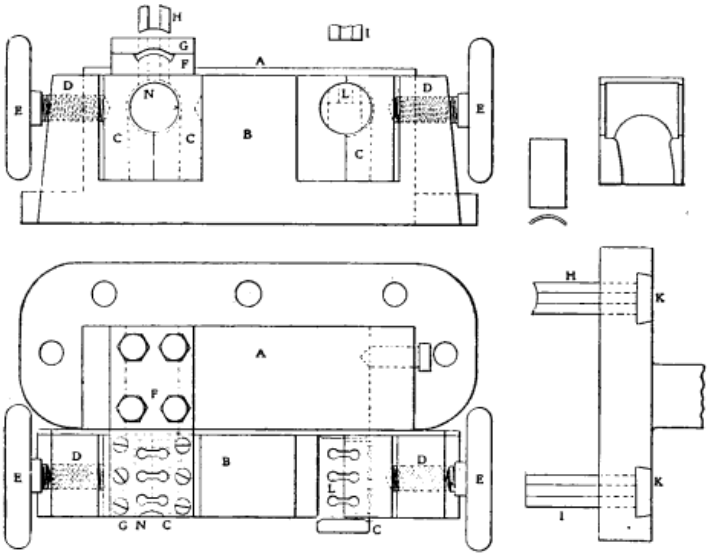


Fig. 80 à 84.

entre G et F la languette fig. 82, dans laquelle les poinçons H découpent les tenons correspondant aux mortaises précédentes, et les y insèrent.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

PROCÈS-VERBAUX

Séance du 26 février 1897.

Présidence de *M. Mascart*, président.

Correspondance. — *MM. Collignon et Aimé Girard*, secrétaires, dépouillent la correspondance.

M. Raffard, membre du Conseil, demande à racheter ses cotisations par le versement d'une somme de mille francs comme *membre perpétuel donateur*. Le Conseil accepte cette souscription avec remerciements à M. Raffard.

M. le Président du *patronage industriel des enfants de l'ébénisterie* recommande à la bienveillance de la Société les apprentis qui ont pris part avec succès au dernier concours professionnel.

M. Robert, 51, avenue de Lamotte-Piquet, présente *une serrure de sûrete pour empêcher les effractions*. (Arts Mécaniques.)

M. Gittermann, à Odessa, offre son concours aux Français qui voudraient établir des maisons industrielles en Russie, et qu'il renseignerait sur les branches dans lesquelles ils auraient chance de réussir.

M. E.-A. Albin présente *un système de défense des ports par avertisseurs électriques*. — Cette question n'est pas de la compétence de la Société.

M. Frédéric Charavel, ingénieur au château de Goudichaud (Gironde), dépose un pli cacheté relatif a la *dénaturation des alcools*.

Correspondance imprimée. — *MM. les Secrétaires* présentent, avec remerciements aux donnateurs, outre les ouvrages mentionnés à la p. 301 du *Bulletin* de février, les presque dernières feuilles de la *Carte de France au* 200/000 publiée par le *Ministère des Travaux publics* (imprimerie Lemercier). Cette carte comprendra 141 feuilles en trois couleurs de $0^m,43 \times 0^m$, 30, très claires et peu coûteuses.

Nominations de membres de la Société. — Sont nommés membres de la Société :

M. Auriol, ingénieur des arts et manufactures, présenté par *MM. Loubat* et *G. Richard*.

M. Tresca (*Gustave*), ingénieur au Conservatoire des Arts et Métiers, présenté par *MM. Hirsch* et *G. Richard*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. Guenot, ingénieur civil des mines, présenté par *M. G. Richard.*

M. Claude, directeur de la Azucarera Asturiana, présenté par *M. G. Richard.*

M. Debray, ingénieur en chef des ponts et chaussées, présenté par *MM. Haton de la Goupilliere* et *Hirsch.*

M. Duru, négociant, présenté par *M. G. Richard.*

M. Toulon, ingénieur à la Compagnie des chemins de fer de l'Ouest, présenté par *M. E. Sauvage.*

M. Paul Renard (*le commandant*), présenté par *MM. Mascart* et *de Salverte.*

M. Besselièvre, imprimeur sur tissus, présenté par *MM. de Luynes* et *Aimé Girard.*

CONFÉRENCE. — *M. Chamerot* fait, sur l'*Imprimerie*, une conférence qui sera publiée au *Bulletin* d'avril.

M. le Président remercie et félicite M. Chamerot de sa très intéressante conférence, fréquemment applaudie par l'auditoire.

Séance du 12 Mars 1897.

Présidence de *M. Mascart*, président.

CORRESPONDANCE. — *MM. Collignon* et *Aimé Girard*, secrétaires, dépouillent la correspondance.

M. L. Francq envoie deux photographies du tramway de Saint-Germain-en-Laye à Poissy, marchant par son système à eau surchauffée, médaillé par la Société.

M. A. Delebecque, ingénieur des ponts et chaussées, envoie une série de travaux sur le *sondage des lacs*, leur topographie et leur régime.

MM. David et *Trophème*, de Grenoble, soumettent à l'appréciation de la Société leur *brouette peso-chargeur.* (Comité des Arts mécaniques.)

M. Barillot, professeur d'agriculture, soumet à la Société différents *ouvrages d'agriculture.* (Comité d'agriculture.)

M. Besselièvre remercie le Conseil de sa nomination comme membre de la Société.

M. Aimé Girard annonce la perte que vient d'éprouver la Société en la personne de *M. Henri Morin*, chimiste distingué, attaché à l'administration des douanes, et donne lecture de sa notice nécrologique sur *M. Vée*, membre du Comité des Arts chimiques (p. 313 du premier *Bulletin*).

CORRESPONDANCE IMPRIMÉE. — *MM. les Secrétaires* présentent avec remerciements aux donateurs les ouvrages mentionnés à la page 442 du présent *Bulletin*, qui seront renvoyés aux comités compétents.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Planche I.

COUVERTES DE PORCELAINE AU GRAND FEU

Colorées par des oxydes métalliques simples

(Influence de l'atmosphère de cuisson sur les couleurs obtenues)

Ed. Oberlin, Gr.

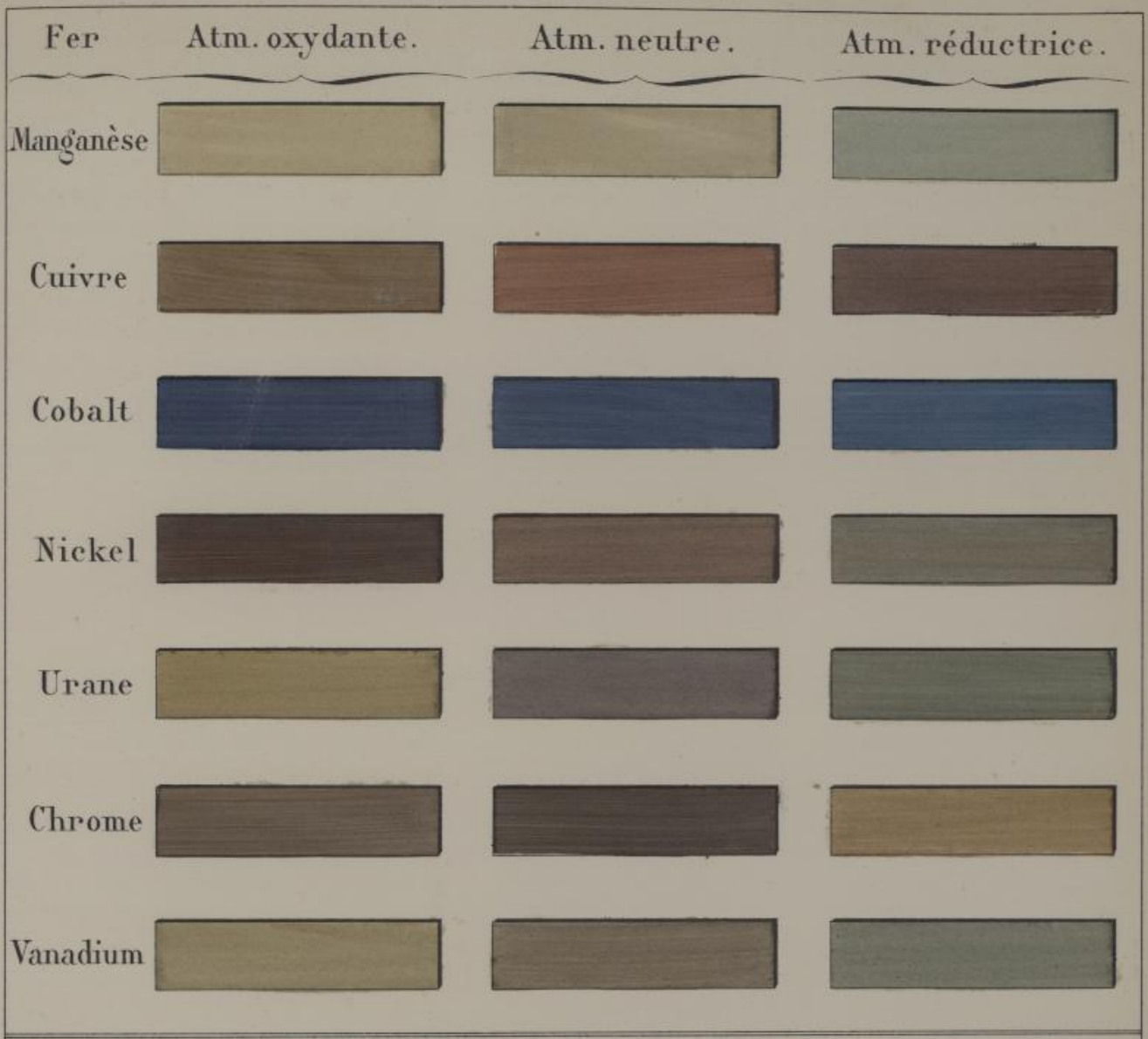
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

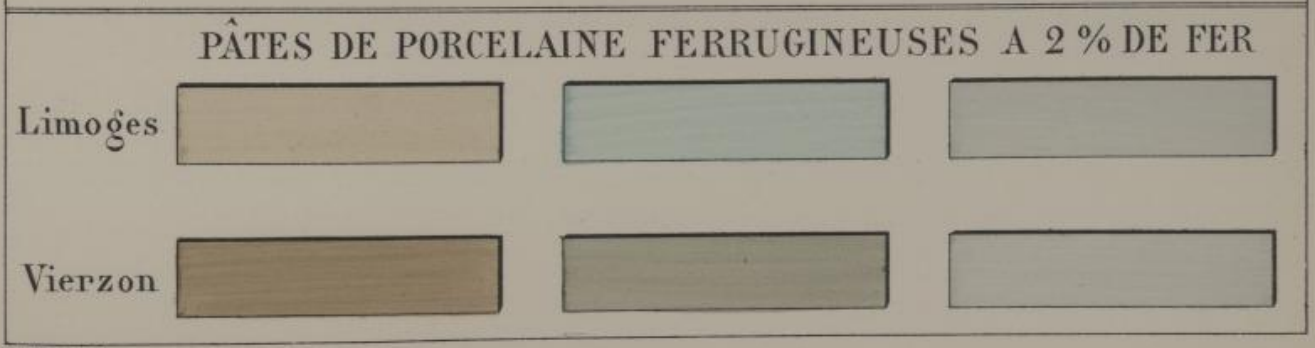
Planche II.

COUVERTES DE PORCELAINE AU GRAND FEU

Colorées par des oxydes métalliques avec oxyde de fer

(Influence de l'atmosphère de cuisson sur les couleurs obtenues)





Ed. Oberlin, Gr.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

NOMINATION D'UN MEMBRE HONORAIRE ET DÉCLARATION D'UNE VACANCE AU COMITÉ DES ARTS MÉCANIQUES. — Le Conseil nomme *M. Boutillier* membre honoraire du *Comité de Mécanique* et déclare la vacance ouverte par cette nomination.

NOMINATIONS DE MEMBRES DE LA SOCIÉTÉ. — Sont nommés membres de la Société :

M. Delaunay-Belleville, ingénieur constructeur, président de la Chambre de Commerce, *membre à vie*, présenté par *M. Aimé Girard ;*

M. Roy (Ferdinand), négociant, présenté par *MM. Mascart* et *G. Roy ;*

M. Henri Howe, métallurgiste, présenté par *MM. Osmond* et *Le Chatelier ;*

M. Champigneul, ingénieur-constructeur, présenté par *MM. Raffard* et *Letort ;*

M. Marre, ingénieur-constructeur, présenté par *M. G. Richard.*

RAPPORT DES COMITÉS. — MM. *Appert* et *F. de Romilly* présentent, au nom du Comité des Constructions et Beaux-Arts, des rapports sur le procédé du *moulage des tuyaux en ciment* de *M. Faucherre* et sur *le chauffe-bain* de *M. Beutier.* (Voir pp. 316 et 319 du présent *Bulletin.*)

COMMUNICATIONS. — Rapports présentés au nom de la *Commission des alliages* de la Société d'Encouragement par :

M. Charpy sur l'*Étude microscopique des alliages.* (Voir p. 384 du présent *Bulletin*) ;

M. Le Verrier sur les *Propriétés mécaniques des alliages ;*

M. H. Le Chatelier présente des observations sur l'*Influence des conditions de la coulée sur la structure des métaux ;*

Ces travaux seront insérés *in extenso* au *Bulletin.*

ERRATUM

Au mémoire de *M. Livache* sur le *Traitement des Ordures ménagères. Bulletin* de février 1897.

Page 181, ligne 28.

Lire : azote 2,63 p. 100 qui, à 1,24 représente 3 fr. 26.

Par suite, le prix de la tonne est de *43 fr. 81* au lieu de 40,96.

Page 189, 3e alinéa :

En remplaçant 40,96 par 43,81, le prix de vente de la gadoue sèche monte à *3 942 000* fr. et le total général au bas de la page est de *6 102 0 00* fr. au lieu de 5 946 000.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LIVRES ET OUVRAGES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE

EN MARS 1897

Congrès international des pêches maritimes tenu aux Sables-d'Olonne en 1896, 1 vol. in-8°, 385 p. Paris, Institut international de bibliographie.

De *M. V. Barillot*, professeur départemental d'agriculture de l'Yonne. **Notions de sciences avec leurs applications à l'agriculture**, à l'usage des écoles primaires (parties du maître et de l'élève). **Cours élémentaire d'agriculture** à l'usage de l'enseignement supérieur primaire. **La ménagère agricole**, à l'usage des écoles primaires, 4 vol. in-18. Paris, E. Belin.

De *M. André Delebecque*. **Influence de la composition de l'eau des lacs sur la formation des ravins sous-lacustres**. Sur **les gaz dissous au fond du lac de Genève**. Sur les **lacs du littoral landais et des environs de Bayonne**. Sur les **réfractions extraordinaires observées au bord des lacs** et connues sous le nom de *Fata Morgana*. Sur l'**Étang de Berre et les étangs de la côte de Provence situés dans son voisinage**. Sur les **Sécalets et l'hydrologie souterraine du Vercors** (Drôme). (Notices extraites des *Comptes rendus de l'Académie des sciences*) et les **Ravins sous-lacustres des fleuves glaciaires**. Extrait de la *Bibliothèque universelle*.

Du ministère des travaux publics. **Cours de travaux maritimes**, professé à l'École nationale des ponts et chaussées, par M. Quinette de Rochemont, 1re partie, 1 vol. in-4° autographié, 664 p. et **Statistique des chemins de fer français au 31 Décembre 1895**, 1 vol. in-4°, 500 p. Imprimerie Nationale.

De la *Bibliothèque des conducteurs de travaux publics*, **Photographie**, par M. F. Miron. **Architecture**, par M. A. Hébrard, 2 vol. in-8°, 430 p. Paris, Vicq-Dunod.

L'éclairage à l'acétylène, par M. G. Pélissier, 1 vol. in-8°, 237 p. 102 fig. Paris, G. Carré et Naud (de la Bibliothèque de la *Revue générale des sciences*).

Du ministère de l'Intérieur, **Service Vicinal**, compte rendu des opérations de l'année 1894, 1 vol. in-4°, 142 p. Imprimerie Nationale.

Du ministère du Commerce. Office du travail. **Documents sur la question du chomage**, 400 p. Imprimerie Nationale.

De l'Encyclopédie Leauté. **Les gaz de l'atmosphère**, par M. Henriet, 1 vol. in-18, 192 p. Paris, Gauthier-Villars.

Lehrbuch der Mechanisch Metallurgischen Technologie, par A. Ledebur, 5e fascicule, chez F. Wieweg-Bruswick.

L'Aluminium. Dernière partie. **Alliages. Emplois récents**, par M. A. Minet, 1 vol. in-18, 300 p. Paris, B. Tignol.

Le contrôle pratique et industriel du lait, par M. Fornic, in-18, 100 p. J. Dueher à Besançon.

Les Chaudières marines, par M. L. Gibard, 1 vol. in-18, 385 p., 273 fig., 19 pl. Paris, Baudry.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LITTÉRATURE

DES

PÉRIODIQUES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE DE LA SOCIÉTÉ

Du 15 Février au 15 Mars 1897

DÉSIGNATIONS ABRÉGÉES DES PUBLICATIONS CITÉES

Ag. . . . Journal de l'Agriculture.
Ac. . . . Annales de la Construction.
Acp. . . . Annales de Chimie et de Physique.
AM. . . . Annales des Mines.
Ap. . . . Journal d'Agriculture pratique.
APC. . . . Annales des Ponts et Chaussées.
At. . . . Annales télégraphiques.
Bam. . . . Bulletin technologique des anciens élèves des écoles des arts et métiers.
Btp. . . . Bulletin du ministère des Travaux publics (statistiques).
BMA . . . Bull. du ministère de l'Agriculture.
Ci. . . . . Chronique industrielle.
Co. . . . . Cosmos.
CN. . . . Chimical News (London).
Cs. . . . . Journal of the Society of Chemical Industry (London).
CR. . . . Comptes rendus de l'Académie des Sciences.
DoL. . . . Bulletin of the Department of Labor des États-Unis.
Dp. . . . Dingler's Polytechnisches Journal.
E. . . . . Engineering.
E'. . . . . The Engineer.
Eam. . . . Engineering and Mining Journal.
EE. . . . Eclairage Électrique.
El. . . . Electrician (London).
Elé. . . . L'Électricien.
Ef. . . . Économiste français.
Es. . . . . Engineers and Shipbuilders in Scotland (Proceedings).
Fi . . . . Journal of the Franklin Institute (Philadelphie).
Gc. . . . Génie civil.
Gm. . . . Revue du Génie militaire.
IC. . . . Ingénieurs civils de France (Bull.).
Ie. . . . . Industrie électrique.
Im . . . Industrie minérale de St-Étienne.
IME. . . . Institution of Mechanical Engineers (Proceedings).
IoB. . . . Institution of Brewing (Journal).
La . . . . La Locomotion automobile.
Ln. . . . . La Nature.
Ms. . . . . Moniteur scientifique.
N. . . . . Nature (anglais).
Pc. . . . Journal de Pharmacie et de Chimie.
Pm. . . . *Portefeuille* économ. des *machines*.
Rgc. . . . Revue générale des chemins de fer.
Rgds. . . . Revue générale des Sciences.
Ri . . . . Revue industrielle.
RM. . . . Revue de mécanique.
Rmc. . . . Revue maritime et coloniale.
Rs. . . . . Revue Scientifique.
Rso. . . . Réforme Sociale.
RSL. . . . Royal Society London (Proceedings).
Rt. . . . . Revue technique.
Ru. . . . . Revue universelle des mines et de la métallurgie.
SA. . . . Society of Arts (Journal of the).
ScP. . . . Société chimique de Paris (Bull.).
Sfp. . . . Société française de photographie (Bulletin).
Sg. . . . . Bulletin de la Société de géographie.
Sgc. . . . Bulletin de la Société de géographie commerciale.
Sie. . . . . Société internationale des Électriciens (Bulletin).
SiM. . . . Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse.
SiN. . . . Société industrielle du Nord de la France (Bulletin).
SL. . . . . Bull. de statistique et de législation.
SNA. . . . Société nationale d'agriculture de France (Bulletin).
Suß. . . . Stahl und Eisen.
USR. . . . Consular Reports to the United States Government.
VDI. . . . Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure.
ZOI. . . . Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieure und Architekten-Vereins.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

AGRICULTURE

Baux agricoles au comptant dans la Loire-Inférieure. Musée social, 15 *Janv.*

Betteraves annuelles (Montée à graine des). *Ag.* 20-27 *Fév.*, 305, 332.

Bétail. Préparation des aliments. *Ag.* 27 *Fév.*, 340; 6 *Mars*, 379.

Blé. Production aux États-Unis. *Ap.* 18 *Fév.*, 235.

— dans les pays exportateurs. *Id.* 4 *Mars*, 322.

Engrais (Mélanges d'). *Ap.* 4 *Mars*, 312.

— Superphosphates. *Ag.* 20 *Fév.*, 309.

— en Allemagne. *UsR. Fév.*, 236.

— Le purin. *Ap.* 25 *Fév.*, 269.

— Fumure des prairies. *Ag.* 27 *Fév.*, 329.

— Gadoues de Paris. *SNA. Déc.*, 673.

— Scories de déphosphoration (Paturel). *ScP.* 5 *Mars*, 319.

— Fumures du printemps. *Ap.* 11 *Mars*, 345.

Fourrages. Avoines du printemps. *Ag.* 27 *Fév.*, 335.

Fromagerie de Gruyère. Ag. 13 *Mars*, 418.

Fruits de Californie en Europe. *UIR. Fév.*, 193.

Graines (Absorption et rejet de l'eau par les). (Coupin.) *Rs.* 27 *Fév.*, 271.

— (Triage des). *Ag.* 6 *Mars*, 383.

Greniers et silos agricoles en Allemagne. *Ag.* 6 *Mars*, 376.

Lait. Beurre, suif et margarine. *Ap.* 25 *Fév.*, 275.

— Projet de vacherie (Ringelmann). *Ap* 25 *Fév.*, 282.

Machines agricoles. Semoirs divers. *Dp.* 19 *Fév.*, 169; 5 *Mars*, 217.

— Presses à fourrages. *Ri.* 27 *Fév.*, 13 *Mars*, 83, 103.

— Rouleaux divers. *Ci.* 6 *Mars*, 96.

— Semoirs divers, *Dp.* 12 *Mars*, 242.

— Cultivateur à pétrole Carpenter. *E.* 5 *Mars*, 329.

— Labourage Mechwart. *Re.* 6 *Mars*, 93.

— — électrique. *SNA. Déc.*, 666.

Oranges. Culture au Mexique. *UsR. Fév.*, 209.

Orge de brasserie (Culture de l'). *Ap.* 11 *Mars.*

Pommes de terre. Expériences de Capelle. *Ap.* 4-11 *Mars*, 313, 364; *Ag.* 13 *Mars*, 413.

Seigles de printemps. *Ap.* 18 *Fév.*, 235.

Vigne. Ferment soluble de la casse des vins. *CR.* 22 *Fév.*, 406.

— Conservation malgré le phylloxera. *Ag.* 13 *Mars*, 427.

— Broussin dans les vignes des Landes (de Lapparent). *SNA. Déc.*, 705.

— Oxydation et casse des vins, Martinaud. *CR.* 8 *Mars*, 512.

— (Ferment soluble de la) (Cazeneuve). *Pc.* 15 *Mars*, 273.

CHEMINS DE FER

Chemins de fer français. Politique de la France en matière de chemins de fer. *Rgc. Fév.*, 102.

— de l'Arlberg. *Rgc. Fév.*, 140.

— transsibérien. *UsR. Fév.*, 270-274.

— allemands en 1894. *Rgc. Fév.*, 159.

— de Java. *Rgc. Fév.*, 169.

— *à voie étroite* de Bansi, Inde. *SA.* 19 *Fév.*, 244.

— d'intérêt local en France (Répartition des). *Rt.* 25 *Fév.*, 80.

Freins électro-pneumatique Chapsal. *Gc.* 6 *Mars*, 280.

— Accouplement métallique Levavasseur. *Pm. Mars*, 46.

Funiculaire de Glasgow. E. 19 *Fév.*, 250; 5 *Mars*, 304.

— Molard et Dulac. *Rt.* 25 *Fév.*, 81.

Gares. Appareils de manutention électriques. *Gc.* 20 *Fév.*, 245; 6-13 *Mars*, 274, 292. *IC. Janv.*, 257.

Locomotives à l'Exposition de Nuremberg, *VDI.* 20 *Fév.*, 214.

— des chemins hongrois à l'Exposition de Buda-Pesth. *Rgc. Fév.*, 175.

— Construction de la locomotive moderne. *Rgc. Fév.*, 124.

— *Compound* Kaiser Ferdnand. *E.* 5 *Mars.* 241.

— 4 couplées tender pour le Metropolitan. *E.* 5 *Mars*, 323.

— Dépôt de Crewe. *E.* 26 *Fév.*, 276.

— Tiroirs équilibrés du chemin de fer de l'Est (Troisier). *RM. Fév.*, 129.

Matériel roulant. Resserrage des bandages. *Gc.* 6 *Mars*, 285.

— Voiture de banlieue du Central hollandais. *Rgc. Fév.*, 178.

— à panneaux de cuivre Appleyard. *E.* 12 *Mars*, 261.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

— Wagons-bars de la Compagnie de l'Ouest. *Ln.* 20 *Fév.*, 184.
— — de 20 tonnes de la Compagnie du Nord. *Rgc. Fév.*, 97.
— Boîte à rouleaux Hyatt. *Gc.* 6 *Mars*, 286; Ghest. *Ri.* 6 *Mars*, 95.
Résistance des trains. Mesure par la pression moyenne aux cylindres. *E'.* 5 *Mars*, 244.
Trains rapides du North British. *E'.* 12 *Mars*, 237.
— du Chicago Burlington. *Id.* 266.
Voie. Jonction des rails par la fonte. *Ri.* 20 *Fév.*, 74.
— (Isolement électrique des). *E.* 12 *Mars*, 355.
— Résistance des tire-fonds à l'arrachement. *Rgc. Fév.*, 172.
— Changement des rails. *ZOI.* 5 *Mars*, 153.
— *Signaux.* Block-System électrique. *E'.* 19 *Fév.*, 186; 12 *Mars*, 277.
— Calage à distance des pédales des appareils Aubine. *Rgc. Fév.*, 121.

TRANSPORTS DIVERS

Arrêts et démarrages en traction mécanique. *Rt.* 10 *Mars*, 109.
Automobilisme (L'). Béguin. *Rs.* 20 *Fév.*, 225; G. Collin. *Bulletin de la Société Industrielle d'Amiens. Nov.*, 319.
— Comparaison des forces motrices employées. *Gc.* 20 *Fév.*, 251; 6 *Mars*, 276.
— dans l'armée. *Rt.* 25 *Fév.*, 75.
— Concours de juillet 1897. *Rt.* 23 *Fév.*, 92.
— Course Marseille-Monte-Carlo. *Gc.* 6 *Mars*, 278.
— (Transmissions pour). *La.* 18 *Fév.*, 76; Lane. *E.* 26 *Fév.*, 298.
— *à pétrole* Hamilton. *E.* 26 *Fév.*, 298; Panhard Levassor. *Ci.* 6 *Mars*, 99; Lepape. *La.* 25 *Fév.*, 86.
— *à vapeur* Weidkneik. *La.* 4 *Mars*, 97.
— Train Scott, essais de M. Kuss. *APC. Déc.*, 733.
Chemins de fer aériens (Charpente pour). *Rt.* 10 *Mars*, 111.
Électricité. *Traction électrique* sur les chemins de fer belges. *Elé.* 20 *Fév.*, 119.
— pour les métropolitains. *ZOI.* 5 *Mars*, 149.
Tramways (Statistique des) en Europe en janvier 1897. *Ie.* 10 *Mars.*
— Corrosion électrolytique. *EE.* 27 *Fév.*, 415.
— Hambourg-Altona. *VDI.* 6 *mars*, 284.
— (Construction et exploitation des). *VOI.* 26 *Fév.*, 121; 5 *Mars*, 14.
— aérien Langen. *ZOI.* 5 *Mars*, 148.
— à contacts Lacroix. *EE.* 27 *Fév.*, 407.
— à rails sectionnés Thompson et Walker. *Elé.* 27 *Fév.*, 139.
— à contact aérien Bochel. *Gc.* 6 *Mars*, 285.
— à conducteur souterrain Simplex. *E'.* 12 *Mars*, 267.
— — mixte Washington. *EE.* 13 *Mars*, 504.
Tramways (Traction mécanique des) (Frantz). *EE.* 13 *Mars*, 512.
Vélocipédie militaire. *Ln.* 20 *Fév.*, 180.
— Divers. *Dp.* 5 *Mars*, 224.
— *au pétrole* Lanson. *E.* 12 *Mars*, 360; Loyal (tricycle). *La.* 11 *Mars*, 110.

CHIMIE ET PHYSIQUE

Acides hypoazoteux. *ScP.* 5 *Mars*, 428.
— organiques. Réactions chromatiques. *Pc.* 1er *Mars*, 222.
— camphorique. Action du chlorure d'aluminium. *CR.* 1er *Mars*, 468.
— nitrique. Action sur les nitrates en présence de l'éther. *CR.* 1er *Mars.* 463.
— carbonique, procédé Thomson. *E.* 12 *Mars*, 360.
— oléique. Transformation industrielle en stéarolactone et acide monoxystéarique. *CRi. Mars*, 466.
Alcools primaires. Action du chlore (Brochet). *Acp. Mars*, 289; *ScP.* 20 *Fév.*, 221-228.
— Divers. *Cs.* 27 *Fév.*, 156, 159.
Aldéhyde salicylique (Dérivés de l') (Rivals). *CR.* 15 *Fév.*, 368.
Amalgames (Les) (Dussaud). *Actualités chimiques. Déc.*, 294.
Ammoniaque (Fabrication de l'). État actuel. *Rgds.* 28 *Fév.*, 241.
Amines primaires (Propriété des) (Delépine.) *ScP.* 5 *Mars*, 290.
Caféine (Dosage de la) (Gomberg). *CN.* 19-29 *Fév.*, 90, 98.
Bases libres. Action sur les sels (Colson). *CR.* 8 *Mars*, 502.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Brasserie. Divers. *Cs.* 27 *Fév.*, 135.
— Hydrates de carbone restant dans la bière (Petit). *CR.* 8 *Mars*, 540.
— Matière grasse de la levure de bière. Gérard et Daresy. *Pc.* 15 *Mars*, 275.
Antimoine. Dosage à l'état de peroxide, Baubigny. *CR.* 8 *Mars*, 499.
Asphalte (Analyse et chimie de l'). *Cs.* 27 *Fév.*, 121.
Calorimétrie. Calorimètre à conversion Bennett. *E.* 19 *Fév.*, 238.
Carbures de lithium. Cérium Moissan. *ScP.* 5 *Mars*, 260.
— de fer pur (Campbell). *ScP.* 5 *Mars*, 430.
Céramique (La Porcelaine). Fabrication et décoration. *Bulletin de la Société d'Encouragement de Berlin*, 1er *Fév.*, 43.
Chaux et Ciments. Procédés de cuisson de la chaux. *Gc.* 20 *Fév.*, 248.
— Conductibilité électrique. *Elé.* 27 *Fév.*, 141.
— Ciment armé. (*Le Ciment*), 25 *Fév.*, 43.
— Planchers en ciment armé. (*Le Ciment*, 25 *Fév.*, 33.
— Influence de la température sur la prise des ciments. (*Le Ciment*, 25 *Fév.*, 39).
— Sable. Influence sur le coefficient d'élasticité des chaux et ciments. *Id.*, 42.
— Essai des ciments (Le Chatelier). *Id.*, 45.
Chloral. Préparation industrielle. *Pc.* 1er *Mars*, 218.
Cocaïne (Isomère de la). *ScP.* 20 *Fév.*, 412.
Cyanogène (Chlorure de) (Held). *ScP.* 5 *Mars*, 287.
Dissolution (Recherche sur la) (Le Chatelier). *Am. Fév.*, 131.
Essence de limon. Essai. *Ms. Mars*, 233.
Ethérification (Théorie de l') (Wegschdeider). *ScP.* 20 *Fév.*, 307.
Explosifs. Poudre russe au pyrocollodion. *E.* 19 *Fév.*, 234.
— Cordite-Maxim. *E'.* 19 *Fév.*, 195.
— Travaux récents (Merle). *Ms. Mars*, 199.
Iodoforme. Dosage dans la gaze. *Pc.* 1er *Mars*, 231.
Gaz liquéfiés. Bouteille Fournier. *CR.* 15 *Fév.*, 353.
— (Etude des) (Villard). *Acp. Mars*, 387.
Gaz d'éclairage. Origine de l'éclat de la flamme (Lœwes). *Ms. Mars*, 220.
— Acides sulfureux et sulfurique dans les produits de la combustion des). *Ms. Mars*, 229.
— Dessiccation par le carbure de calcium (Wilson). *Ms. Mars*, 228.
— Bec à incandescence Bartlett. *E.* 26 *Fév.*, 297.
— — (Historique des) (Von Knowa). *Ms. Mars*, 215.
— Allumeurs électriques Guyenet. *Co.* 13 *Mars*, 320.
— Compteur à payement préalable. *Ln.* 6 *Mars*, 220. Greene. *E.* 12 *Mars*, 359.
— *Acétylène* (L') (J. Lefevre). *Rs.* 6 *Mars*, 290.
— — (Fabrication de l'). *E'.* 19 *Fév.*, 189.
— — Épuration. *ScP.* 20 *Fév.*, 218.
— — Lampe Létang-Serpolet. *Lu.* 13 *Mars*, 225.
Géraniol (Le) (Dupont). *Actualités chimiques. Déc.*, 314.
Graisses et Huiles (Bromuration des). *Cs.* 17 *Fév.*, 87.
Hélium (Expériences sur l') (Travers). *RSL.* 20 *Fév.*, 449.
Hydrogène sélénié (Faux équilibre de l') (Pelabon). *CR.* 17 *Fév.*, 360.
Laboratoire. Divers. *Cs.* 27 *Fév.*, 107, 162, 163, 165.
— Incombustible. *Cs.* 27 *Fév.*, 126.
— Analyse qualitative (Enseignement de l'). *CN.* 19 *Fév.*, 85.
— Vanadium et molybdène. Détermination volumétrique. *CN.* 19 *Fév.*, 91.
— Action de l'oxyde cuivreux sur les dissolutions d'azotate d'argent (Sabatier). *CR.* 15 *Fév.*, 363.
— Action des oxydes d'azote sur le chlorure et le bromure ferreux (Thomas). *CR.* 15 *Fév.*, 366.
— Recherches des bases. Analyses qualitatives (Lafay). *Pc.* 1er *Mars*, 224.
— Travaux du Reichsanstaldt. *E.* 6 *Mars*, 300.
— Arsenic, antimoine, étain, barium, strontium, calcium, séparation. *Cs.* 27 *Fév.*, 113.
Molybdène et vanadium. Détermination volumétrique. *CN.* 12 *Mars*, 125.
Nikelage (Loubat) Bam, *Mars*, 396.
Opium. Essai commercial (Dott). *Ms. Mars*, 230.
Optique. Réfringence et densité (Traube). *ScP.* 20 *Fév.*, 305.
— Jumelle de poche Huet. *Ln.* 20 *Fév.*, 191.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

— Stéréoscope à double réflexion totale, Drouin. *Sfp.* 1er *Fév.*, 73.
— Télescope Hupe. *Ln.* 6 *Mars*, 209.
— Changement des couleurs des lumières brèves (Charpentier). *CR.* 15 *Fév.*, 356.
— *Rayons de Röntgen. CR.* 15 *Fév.*, 359; 1er *Mars*, 438, 455; *N.* 25 *Fév.*, 386; 5 *Mars*, 111; *Fi. Mars*, 213; *EE.* 27 *Fév.*, 417, 419; 13 *Mars*, 481; *CN.* 26 *Fév.*, 103; 12 *Mars*, 122. *Ln.* 6 *Mars*, 219.

Ozone. Applications industrielles (Andréoli). *Elé.* 27 *Fév.*, 133; 4-13 *Mars*, 154, 165; *Cs.* 27 *Fév.*, 89.

Poids atomiques (Comité des). Année 1895. *CN.* 19-26 *Fév.*; 5 *Mars*, 88, 101, 110.
— Les (Leidie). *Pc.* 1er-15 *Mars*, 247-297.
— Argent, mercure, cadmium. *CN.* 19 *Fév.*, 91.
— Zinc (Richards et Rogers). *ScP.* 5 *Mars*, 432.

Précipitations métalliques. Recherches nouvelles (Senderens). *ScP.* 5 *Mars*, 271.

Résines (Progrès dans l'étude des) (Trimble). *Fi. Mars*, 178.
— de gaïac (Luckner et Doebner). *ScP.* 5 *Mars*, 504.

Suin (Recherche du). *Dp.* 19 *Fév.*, 187.

Sucrerie. Divers. *Cs.* 27 *Fév.*, 153.
— Action des solutions alcalines sur les sucres. *Ms. Mars*, 239. Id. de l'acétate basique de plomb. *Id.*, 248.
— Formation du sucre de betteraves (Strohmer). *Ms. Mars*, 243.
— (Progrès de la). *Dp.* 26 *Fév.*, 212; 5 *Mars*, 234.
— Électrolyse des jus à Stepanowka. *Ms. Mars*, 247.
— Détermination des cristaux d'une masse cuite. *Ms. Mars*, 248.

Statique chimique (Urbain). Actualités chimiques. *Déc.*, 275.

Sulfovinates (Essais des). *Pc.* 1er *Mars*, 217.

Teinturerie (Revue de) (Reverden). *Ms. Mars*, 192.
— Divers. *Cs.* 27 *Fév.*, 131, 137.
— Empoisonnement par teintures arsenicales. *ScP.* 20 *Fév.*, 329.
— Colorants de la série bleu patenté. *ScP.* 20 *Fév.*, 381.
— Indigotine et nitrobenzol. *Cs.* 27 *Fév.*, 108.

Thermométrie. Déformations permanentes du verre et déplacement du zéro des thermomètres (Marchs). *CR.* 8 *Mars*, 493.

Thorium (Sources de). *Cs.* 27 *Fév.*, 129.

Uranium. Préparation et propriété (Moissan). *ScP.* 5 *Mars*, 266.

Verrerie. Divers. *Cs.* 27 *Fév.*, 143.
— Moule à bouteilles Dunhon. *E.* 12 *Mars*, 360.

Viscosité et viscoïdes (Beadle). *CN.* 19 *Fév.*, 86.

Zeirconium (Oxalate de) (Baskerville). *CN.* 5 *Mars*, 113.

COMMERCE ET ÉCONOMIE POLITIQUE

Alcoolisme (Lutte contre l'). *Rso.* 16 *Fév.*, 334.

Assurances ouvrières en Allemagne. *Ef.* 6 *Mars*, 295.
— *sur la vie* et habitations à bon marché. *Musée social*, 29 *Déc.*

Criminalité en France et en Angleterre. *Rso.* 1er *Mars*, 345.

Dépopulation. Ef. 27 *Fév.*, 268.

États-Unis. Gouvernement des grandes villes. *Ef.* 20 *Fév.*, 234.

Chine. Ses rapports actuels avec l'Europe. *Rso.* 1er *Mars*, 355.

Patronage à l'Exposition de Lyon. *Rso.* 16 *Fév.*, 309.

Méthodes Scientifiques en Commerce et en Industrie (Schwob). *Rgds.* 15 *Mars*, 190.

Retraites ouvrières en Allemagne. Réforme de la législation. *Ef.* 20 *Fév.*, 231.

Salariés et capitalistes (Zolla). *Rso.* 16 *Fév.*, 265.

Succession. Réforme des droits. *Rso.* 1er *Mars*, 382.

Textiles. Soie et laine en 1895. *Ef.* 20 *Fév.*, 236.
— Soie industrielle en Russie. *USR. Fév.*, 244.

CONSTRUCTIONS ET TRAVAUX PUBLICS

Abattoir de la rive gauche. Gc. 13 *Mars*, 289.

Exposition de Nijni. E'. 12 *Mars*, 273.

Fondations (Répartition des charges sur les). *ZOI.* 5 *Mars*, 152.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ponts. Viaduc de Coldrenick (Accident du). *E'.* 19 *Fév.*, 187.
— de Skinner S. au G. E. *Rg. E'.* 26 *Fév.*, 215.
— roulant hydraulique de Cherbourg. *Rt.* 25 *Fév.*, 73.
— François-Joseph à Buda-Pesth. *ZOI.* 27 *Fév.*, 124.
— Assemblage pour réduire les efforts secondaires dans les treillis à attaches rigides (Mesnager). *APC. Fév.*, 750.
Scènes de théâtre. *E.* 26 *Fév.*, 267, 12 *Mars*, 331.
Tranchées argileuses (Consolidation des). *Ac. Mars*, 45.
Viaduc de Chesterfield. E'. 12 *Mars*, 265.

ÉLECTRICITÉ

Accumulateurs Blot. *E'.* 5 *Mars*, 251.
— Tudor à charge rapide. *EE.* 13 *Mars*, 512.
— Bœse. *EE.* 12 *Mars*, 525.
Agrafes pour conducteurs. *Elé.* 20 *Fév.*, 121.
Aimantation par décharges oscillantes d'une bouteille de Leyde (Veillon). *EE.* 6 *Mars*, 461.
— (Influence de l') sur la force électromotrice (Bucherer). *EE.* 6 *Mars*, 465, 467.
— Propriétés magnétiques des dépôts de fer et de nickel (Leick). *EE.* 6 *Mars*, 469, 472.
Capacité et charges résiduelles des diélectriques affectées par la température. *RSL.* 20 *Fév.*, 425.
Chauffage et cuisine. Ri. 27 *Fév.*, 84; *Sie. Fév.*, 133.
Conductibilité de l'aluminium (Richards et Thomson). *Fi. Mars*, 195.
Distributions. Survolteur et réducteur de tension pour courants alternatifs. *EE.* 27 *Fév.*, 409.
— Installations dans les maisons (Bonfante). *Sie. Fév.*, 158.
— à trois fils, détermination des connexions des conducteurs (Keller). *Fi. Mars*, 200; *Ie.* 10 *Mars*, 91.
Dynamos (Les). *EE.* 6 *Mars*, 433.
— Compound associées en quantité. Égalisation des Connexions (Keller). *Fi. Mars*, 200.
— (Courants de Foucault dans les.) *EE.* 20 *Fév.*, 343.
— Relation entre le flux et la puissance. *EE.* 6 *Mars*, 453.
— Densité du courant dans l'induit des dynamos continues. (P. Girault.) *Ie.* 25 *Fév.*, 70.
— Pertes par hystérésis dans les alternateurs unipolaires. *EE.* 6 *Mars*, 449.
— Ferranti. *Elé.* 27 *Fév.*, 130.
— à trois fils Kingdom, Dittmar, Rothert. *Elé.* 20 *Fév.*, 124.
— Échauffement des inducteurs. *EE.* 13 *Mars*, 507.
— *Alternateurs.* Fonctionnement en parallèle. (Steinmetz.) *EE.* 27 *Fév.*, 413.
— *Alternomoteur* Langdon Davis. *Ie.* 25 *Fév.*, 75.
— *Dynamoteur* Greenwood. *E.* 12 *Mars*, 359.
— — *triphasés. Elé.* 13 *Mars*, 163.
Électro-chimie. État actuel. L'*Électrochimie*, *Fév.*, 14.
— Fabrication de la soude et blanchiment. *Elé.* 13 *Mars*, 172.
— Préparation des hydrates métalliques Lorenz. *ScP.* 20 *Fév.*, 319.
Électrolyse. Théories modernes (Richards). L'*Électro-chimie*, *Fév.*, 19.
— (Rendement de l'). (Hunter). *Cs.* 27 *Fév.*, 97.
Éclairage. *Arc.* En vase clos, Marks. *EE.* 20-27 *Fév.*, 349, 403.
— — Jandus, *SiM. Janv.*, 34; *Ie.* 25 *Fév.*, 69; *Sie. Fév.*, 97.
— — Fixité de la température du charbon. *EE.* 27 *Fév.*, 416.
— — Rendement lumineux (Blondel). *EE.* 13 *Mars*, 496.
— *Incandescence* (Les lampes à) (Lely). *Bam. Janv.*, 183. Id., portative Edison. *Elé.* 4 *Mars*, 158.
Installations électriques (Les) (Bochet). *EE.* 27 *Fév.*, 385; 6-13 *Mars*, 447, 484.
— (Incendies par les). *SA.* 12 *Mars*, 331.
Interrupteurs pour bobines d'induction, Savers et Willyoung. *Fi. Mars*, 231.
Machine électrostatique Wimshurst. *EE.* 6 *Mars*, 459.
Mesures des coefficients d'auto-induction. Emploi du séchomètre (Collard). *EE.* 20-27 *Fév.*, 337, 393.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

— Appareils pour courants alternatifs (Armagnat). *EE.* 20 *Fév.*, 346.
— Appareils accessoires (Armagnat). *EE.* 27 *Fév.*, 397; 6 *Mars*, 444.
— Pont de Wheatstone pour petites résistances. *EE.* 27 *Fév.*, 420.
— Compteur Hoockham. *EE.* 13 *Mars*, 503.

Parafoudres. Essais à l'usine centrale. *Elé.* 6 *Mars*, 151.

Résistivité du bismuth électrolytique aux basses températures. *RSL.* 20 *Fév.*, 425.

Stations centrales. Briançon. *EE.* 27 *Fév.*, 425.
— Ateliers de navires à Altofner. *VDI.* 27 *Fév.*, 252.

Théorie électrostatique (Leray). *Co.* 13 *Mars*, 336.

Télégraphie sous-marine. Perturbation électrique dans les câbles. *Elé.* 20 *Fév.*, 116.
— Réparation des câbles. *E.* 12 *Mars*, 537.
— Construction des lignes télégraphiques. *Ru. Fév.*, 414.
— militaire. Ligne de San Bernardino. *Elé.* 20 *Fév.*, 123.

Téléphonie. Mélange des courants sur les lignes téléphoniques. *EE.* 19 *Fév.*, 355.
— Installation d'un bureau sans commutateur central. *Elé.* 27 *Fév.*, 129.
— Téléphone Kotyra Mildé. *EE.* 20 *Fév.*, 354.
— Mouvements des membranes (Barus). *American Journal of Science, Mars*, 219.

Transport de force à Fresco, Californie. *E'.* 5 *Mars*, 239.

GÉOGRAPHIE

Afrique. Mission Hourst. *IC.* 15 *Janv.*, 24.
Canada. Progrès en 60 ans (Colmer). *JA.* 5 *Mars*, 291.
Dahomey et Niger. Ef. 27 *Fév.*, 266.
Éthiopie. Sgc. Janv., 64.
Japon. Sgc. Janv., 10.
Régions antarctiques. Heilpun. *Rs.* 13 *Mars*, 320.
Sahara (Fourcau). *IC. Jnv.*, 36.

GUERRE

Abris souterrains contre les obus. Gm. Fév., 139.

Canons. Chargeur Vavasseur. *E.* 19 *Fév.*, 261.
— démontable Licoudis. *E'.* 5 *Mars*, 247.
— pointeur automatique Gaynor. *E.* 19 *Fév.*, 261.
— rapides Canet pour la marine grecque. *E.* 19 *Fév.*, 189.

Établissements Armstrong (les). *Rgds.* 15 *Mars* 209.

Mitrailleuse Simpson. *E.* 5 *Mars*, 329.

HYDRAULIQUE

Béliers Anderson. *E'.* 26 *Fév.*, 211.
— Fischer, Hett, Durozoi, Pearsall, Shabaver, Decœur, Evans et Hepwood. *RM. Fév.*, 139.

Compteurs d'eau. Appareil pour éviter les erreurs des —. *Ri.* 20 *Fév.*, 73.

Déversoir. Expériences sur l'écoulement en — (Basin). *APC. Déc.*, 645.

Filtres Desrumeaux. *Ci.* 27 *Fév.*, 86.

Irrigation. Canal de Nira (Inde). *E'.* 19 *Fév.*, 183; 5 *Mars*, 234.

Correction du Flon lausannois. Rt. 10 *Mars*, 96.

Distribution d'eau de Colbe. *VDI.* 13 *Mars*, 301.

Régularisation de l'embouchure du Weisel. VDI. 6-13 *Mars*, 278, 305.

Turbines à axe horizontal (Brault et Teisset). *Gc.* 13 *Mars*, 296.
— Surgenn. *Pm. Mars*, 34.

HYGIÈNE

Chauffage et ventilation. Divers. *VDI.* 13 *Mars*, 312.
— Congrès de Berlin. *zOI.* 5 *Mars*, 144.
— — de New-York. *E.* 12 *Mars*, 336.

Égouts de Denny. *E'.* 12 *Mars*, 261.
— Gadoues de Paris. Combustion des — *Acp.* 10 *Fév.*, 233; *Rt.* 25 *Fév.*, 77.
— Buenos-Ayres. *Ac. Mars*, 34.

Filtration Fisher. *USR. Fév.*, 164.

MARINE, NAVIGATION

Appontement de Pauillac. Ln. 6 *Mars*, 214.

Canal de Chicago. E. 19-26 *Fév.*, 236, 271; 5 *Mars*, 299.

Constructions navales. Cargo-boats Laing. *E.* 19 *Fév.*, 262.

Gouvernail Kermode. *E'.* 5 *Mars*, 246.

Hélice pour bateaux de canaux. *E.* 26 *Fév.*, 295.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Machines marines. Triple expansion du cuirassé *Jasmina*. *E.* 19, 26 *Fév.*, 239, 277.
— (Equilibrage des) (Mac Alpine). *E.* 19 *Fév.*, 238.
Marine de guerre allemande. *VDI.* 19 *Fév.*, 222. *Rm. Janv.*, 191.
— américaine. *Id.* 13 *Mars*, 315. *Rm. Janv.*, 199.
— anglaise. *E.* 5 *Mars*, 316, 347; *E'.* 12 *Mars*, 269.
— italienne. *Rm. Janv.*, 198.
— — Croiseur *Niobée*. *E.* 5 *Mars*, 308.
— — *Pegasus* et *Destroger*. *E.* 5 *Mars*, 320.
— japonaise. Cuirassé le *Puji*. *E.* 12 *Mars*, 341.
— *Torpilles* (les). (Brillié). *Rgds.* 15 *Mars*, 177.
— *Torpilleurs* (Emploi des). *Rm. Janv.*, 169.
Marine marchande Allemande. *Rm. Janv.*, 91, 108.
— — Anglaise, *id.*, 134.
Navigation à vapeur. Évolution de la. *B. Société d'Encouragement* de Berlin. 1er *Fév.*, 69.
— fluviale. Bateau à roue d'arrière pour le Niger. *E.* 12 *Mars*, 340.
Pêcheries. Divers. *Rm. Janv.*, 209. Congrès des Sables-d'Olonne. *Rs.* 20 *Fév.*, 233.
Toueur hydraulique Besson. *Co.* 20 *Fév.*, 229.
Transmission et distribution de l'énergie à bord des navires. *Bam. Janv.*, 200.
Yacht à deux hélices Varina. *E'.* 26 *Fév.*, 214.

MÉCANIQUE

Aérostation. Machine volante de Stennel. *Aéronaute. Fév.*, 27.
Aspirateur pour copeaux Kirchner. *Rt.* 10 *Mars*, 108.
Brouette peso-chargeur. David de Trophème. *Ri.* 13 *Mars*, 101.
Chaudières. Utilisation des combustibles. *Gc.* 6 *mars*, 283; 13 *Mars*, 301.
— Accidents en France en 1895. *Am. Déc.*, 632.
— — (Inspection des). *E'. Mars*, 271.
— *Tubulées* (Les). *E.* 19 *Fév.*, 251; 12 *Mars*, 352.
— — Da Costa. *E.* 5 *Mars*, 330. Jobling. *E.* 26 *Fév.*, 298.
— — (Circulation dans les) (Walckenaer). — — *RM. Fév.*, 143.
— mixte Solignac. *Ri.* 27 *Fév.*, 81.
— tubulaire Lagosse. *Ri*, 20 *Fév.*, 78.
— Corrosions internes (Sinclair Coper). *Es.* 26 *Janv.*, 1.
— *Foyers*. Injecteurs d'air Granger. *E'.* 19 *Fév.*, 192.
— — Tirage par aspiration. *E'.* 19 *Fév.*, 196. *Es.* 26 *Janv.*, 17.
— — Porte Rushworth. *E.* 12 *Mars*, 359.
— — Grille à secousses John. *RM. Fév.*, 199.
— Niveau d'eau Spencer. *E.* 19 *Fév.*, 262; Wallach. *Ri.* 6 *Mars*, 96.
— *Purgeurs* Hopkins. *E.* 26 *Fév.*, 259. Jackson. *E.* 5 *Mars*, 330.
Dragues. Labnitz. *E.* 19 *Fév.*, 262.
Courroies Allaches de. *Bam. Mars.*, 325.
Écrous indéserrables Bam. Mars, 299.
Embrayage automatique Brancher. *Je* 10 *Mars*, 93; à friction hydraulique. *RM. Fév.*, 199.
Engrenages. Pas diamétral. *Rt.* 25 *Fév.*, 93.
— Réducteurs Ross. *El.* 6 *Mars*, 449.
Froid. Machines frigorifiques (Les) (Ewing). *E.* 12 *Mars*, 349.
Horlogerie. Montres aimantées. *Elé.* 20 *Fév.*, 113.
— Appareil enregistreur des vitesses des mouvements pendulaires. *CR.* 15 *Fév.*, 356.
— Horloge cycliste, *Revue Chronométrique. Fév.*, 17.
— Pince à redresser les balanciers. *Id.* 21.
— Horloges électriques aux ateliers Krupp *Elé.* 6 *Mars*, 145.
Levage. Appareil de sûreté pour ascenseurs Botterill. *E.* 19 *Fév.*, 261.
— *Crics de vérins* Magne, Norton, Maude, Zobet, Meter, Dukertmann, Foccroule. Dubois, Tangye, Robertson. *RM. Fév.*, 188.
— Élévateur pneumatique Duckham. *E'.* 19 *Fév.*, 193.
— Conveyeur Brown. *E.* 5 *Mars*, 302.
Machines-Outils. Outils Garnier. *E.* 5 *Mars*, 322.
— à faire les forets de perforatrices Myers *E.* 19 *Janv.*, 261.
— — border les tôles de la « Britannia » Co. *Ri.* 27 *Fév.*, 90; étamper les vis. *Rt.* 10 *Mars*, 103.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

— — faire les roues de vélocipèdes Player. *E.* 5 *Mars*, 329.
— — mouler les engrenages. *E.* 12 *Mars*, 333.
— — percer et tarauder les roues de wagons. Craven. *E.* 12 *Mars*, 338.
— Cintreuse Berry. *Ri.* 20 *Fév.*, 75.
— Chuck. Turner. *RM. Fév.*, 181.
— Fraiseuse pour éprouvettes Riehle. *E.* 26 *Fév.*, 265.
— Presse à sortir les boulons Tangye et les tiges de piston. *RM. Fév.*, 195.
— Poinçonneuse cisaille Craig. *E.* 12 *Mars*, 339.
— Porte-outil Jones et Lamson. *RM. Fév.*, 181. Hartness. *Id.* 182; Mac Carthy. *Id.* 184.
— Taraudeuse ajustable Winn. *E.* 12 *Mars*, 355.
— Tour à bandages Sellers. *RM. Fév.*, 174.
— — vertical Schiers. *RM. Fév.*, 173.
— — revolver Pratt. Whitney. *RM. Fév.*, Richards, Davis Egan. *RM. Fév.*, 185.
— Pour moyeux de vélocipède Garvin. *RM. Fév.*, 186.

Machines à vapeur à l'exposition de Nijni-Novgorod. *E'.* 19 *Fév.*, 192.
— — de Genève. *IC. Du* 761. *VDI.* 6 *Mars*, 273.
— Abaque de la consommation théorique des (Rateau). *Am. Fév.*, 242.
— Diagrammes, géométrie des (Baille). *Rm. Janv.* 5.
— Diagramme entropique (Boulvin). *RM. Fév.*, 119.
— simple effet Brown et Mertz. *RM.. Fév.*, 197.
— rotative Bambel. *La.* 25 *Fév.*, 90.
— *Turbo-générateur*. Parsons de 200 kilowats. Essai. *E.* 19 *Fév.*, 251.
— *Condenseurs* à air Fraser, *E.* 5 *Mars*, 329.
— — indépendant Allen. *E.* 12 *Mars*, 331; Battle Creck. *RM. Fév.*, 196.
— Distribution Hick Hargreaves. *E'.* 19 *Fév.*, 198.
— Influence des parois. Donkin *RM. Fév.*, 113.
— Indice des diagrammes (Durand). *Fi. Mars*, 188.
— Papillon de réglage. (Construction des) (Bastien). *Ban. Janv.*, 172.
— Régulateur électrique Thumderbolt. *Rt.* 10 *Mars*, 118.
— Stuffing box métallique. Cooper. *E.* 12 *Mars*, 360.
— Tiroirs équilibrés au chemin de fer de l'Est (Troisier). *RM. Fév.*, 128; Fay. Richardson, *Id.*, 197.
— **à gaz**. Application du diagramme entropique (Boulvin). *RM. Fév.*, 119.
— *à pétrole*. Divers *Dp.* 12 *Mars*, 247. Lepape. *La.* 25 *Fév.*, 86.

Moteurs à gaz liquéfiés. *Dp.* 19 *Fév.*, 177.
Pesage. Bascule automatique Roche, *Bam. Janv.*, 177.
Résistance des matériaux. Enregistrement des pliages (Frémont). *CR.* 22 *Fév.*, 398.
— Résistance des granits. *VDI.* 27 *Fév.*, 241.
— Fatigue du fer et de l'acier. *E'.* 12 *Mars*, 277.
Transmission à vitesses variables. Osgood. *Gc.* 20 *Fév.*. 254.
Textiles. Métier Poyser. *Rt.* 10 *Mars*, 116.

MÉTALLURGIE

Aluminium. Procédés électriques Bradley. *Eam.* 27 *Déc.*, 210. *SnE. Mars*, 219.
Coke. Fabrication du —. *E'.* 26 *Fév.*, 207; 5 *Mars*, 231.
Cuivre. Enlèvement de l'oxyde du cuivre et de ses alliages (Kern). *CN.* 26 *Fév.*, 97.
Fer et acier. Action du bore, erreurs d'analyse occasionnées par sa présence (Warren). *CN.* 19 *Fév.*, 91.
— Forgeage. Procédés de travail des lingots et des loupes (Codron). *Bam. Fév.*, 125. *Mars* 269.
— Procédé Bertrand Thiel. *Ru. Fév.*, 219.
— Clapet de régénérateurs Mill. *E'.* 19 *Fév.* 201.
— Forges de Douai. *Bam. Mars* 292.
— Forges américaines. *SuE.* 15 *Mars* 214.
— *Hauts fourneaux* divers. *Dp.* 19 *Fév.*, 173; Fours à vent chaud nouveaux (Jung) *InE.* 1er *Mars*, 174.
— Conduite et construction. *Eam.* 20 *Fév.*, 188.
— Usines Krupp. *Rgds*, 15 *Fév.*, 113.
— Détermination du soufre dans les fers (Herting). *CN.* 5 *Mars*, 109.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Or. Réduction des minerais d'antimoine aurifères. Longridge. *E.* 19 *Fév.*, 261.
— Extracteur chimique Deeble. *E.* 19 *Fév.*, 262.
— Procédé Turner *Rt.* 25 *Fév.*, 89. Procédés chimiques (Rose) *N.* 4 *Mars*, 448.
— Action du phosphore. *C R.* 8 *Mars*, 498.
— Électro-déposition et recueillement de l'or (Andreoli). *Cs.* 27 *Fév.*, 97.
— Cyanuration *Cs.* 27 *Fév.*, 145; examen des résidus (Ellis). *Cs.* 27 *Fév.*, 115. *Eam.*, 6 *Mars*, 233.

MINES

Électricité. Emploi dans les mines à Ashio (Japon). *Ie.* 25 *Fév.*, 38.
— et air comprimé. Esssais comparatifs *Rt.* 10 *Mars*, 100.
— traction électrique à Marles. *Elé.* 13 *Mars*, 162.
Grisou (Dégagement spontané du). (Delafond. *Am. Déc.*, 653.
— Autocapteur pour air de mines Petit. *Pm. Mars*, 42.
— Fermeture magnétique des lampes. *Eam.* 6 *Mars*, 238.
Houillères de l'Indiana. *Eam.* 13 *Fév.*, 162.
— Crise des charbons en Espagne. *Ru. Fév.*, 99.
— Bassin du Donetz. *Ru. Fév.*, 159.
— Charbonages de Hougay. Tonkin *Ic. Janv.* 81.
— Laveur Simon. *E.* 5 *Mars*, 329.
— Incendie du puits Herménégilde (Silésie). *Am. Fév.*, 2191.
Or. Transwaal. *Eam.* 13 *Fév.*, 161.
— Australie. *Rt.* 25 *Fév.*, 87.
— Nouvelle-Zélande. *Eam.* 20 *Fév.*, 157.
Préparation mécanique. Concentrateur Willley. *Eam.* 13 *Fév.*, 166.
— Trieurs électro-mécaniques. *SuE.* 15 *Mars* 210.

PHOTOGRAPHIE

Chambre Humphrey. *E.* 5 *Mars*, 330.
Délective Haufert. *Sfp.* 1er *Mars*, 127.
Écrans colorés. Rôle dans le Chromographe et le Chromoscope (Vidal). *Sfp.* 1 *Mars*, 121.
Halo photographique (Mussat). *Sfp.* 1er *Fév.*, 82.
Photographie en couleurs. (La) (Wood). *SA.* 26 *Fév.*, 278. *N.* 4 *Mars*, 422.
— *(Revue de la)* (Granger). *Ms. Mars*, 185.
— Procédé à l'albumine pure (Blanc). *Sfp.* 1er *Mars*, 128.
Photogravure. Châssis négatif Gravier. *Sfp.* 1er *Fév.*, 80.
Plaques au gélatino-bromure. Absorption de l'eau par) (Pellol). *Sfp.* 15 *Fév.*, 113.
Reproduction des dessins par contact et réflexion (Colson). *Sfp.* 15 *Fév.*, 110.
Sèche-clichés. Eole. Sfp. 15 *Fév.*, 108.

Le Gérant : Gustave Richard.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

96e ANNÉE. Sixième Série, Tome II. AVRIL 1897.

BULLETIN

DE

LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT

POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

NOTICE NÉCROLOGIQUE

Notice sur **M. Legrand** (Alexandre), membre de la Commission des fonds, décédé le 4 février 1897, par M. *C. Lavollée.*

M. Legrand (Alexandre), membre du Conseil et de la Commission des fonds, est décédé à Arcachon le 4 février 1897, à l'âge de 85 ans, peu de jours après qu'une décision unanime du Conseil l'avait nommé membre honoraire, distinction bien méritée par trente-trois ans de service dévoués et utiles.

La première partie de cette longue carrière fut consacrée à l'industrie. M. Legrand dirigea d'abord une importante fabrique de savon qu'avait créée son père, puis une fabrique de cuirs vernis et une usine de produits réfractaires, que des intérêts de famille avaient placées sous sa direction. Dans ces diverses branches d'industrie, M. Legrand obtint le succès dû à son activité, à ses rares aptitudes et à la plus délicate probité. Notre illustre président, M. Dumas, et M. Balard le tenaient en grande estime. Ce fut sous leurs auspices qu'il fut élu en 1854 membre de notre Société, en 1857 membre de la Société des Amis des sciences, où il a exercé jusqu'au dernier jour les fonctions de vice-secrétaire et, en 1864, membre de notre Conseil, attaché à la Commission des fonds.

Ce fut alors, — il y a trente ans — que commença pour M. Legrand une seconde carrière, faisant suite à celle qu'il avait parcourue avec succès et profit. Comme industriel, il avait observé par lui-même l'intime lien qui

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rattache l'industrie à la science et la nécessité, pour l'industrie, de progresser par l'enseignement scientifique. En même temps, ayant le cœur aussi haut placé qu'il avait l'intelligence ouverte, il avait ressenti très vivement, pour les avoir vues de plus près, les épreuves et les déceptions auxquelles sont fréquemment exposés les inventeurs ainsi que les misères qui atteignent la main-d'œuvre. Lorsqu'il fut plus libre, il se livra tout entier à cette double préoccupation : progrès de la science et sympathie pour les infortunés de la science et de l'industrie. De même qu'à son entrée dans la Société des Amis des Sciences il s'était inscrit parmi les plus généreux donateurs, de même, à son entrée dans notre Conseil, en 1864, il apporta le produit important d'une souscription ouverte par lui dans l'industrie des corps gras (parfumerie et savonnerie), en chargeant le Conseil d'administrer les fonds présents et à venir et à se servir de cette souscription pour récompenser les services rendus ou les inventions dont les auteurs seraient dans l'infortune et, de plus, pour fonder une médaille d'encouragement sur des sujets proposés au concours en vue du développement de cette belle industrie. Tels sont les termes, dictés par lui, de cette fondation qui, avec d'autres fondations également généreuses, procure à notre Société les moyens d'accomplir la mission qu'elle s'est donnée d'encourager l'industrie, de venir en aide aux inventeurs et de soulager les infortunes. En fait d'encouragement M. Legrand procédait résolument par des actes. Jusqu'en 1889, il fixait de lui-même le montant de sa cotisation annuelle à 300 francs, et en 1889, à l'âge de 77 ans, il s'inscrivait comme membre perpétuel en versant les 1 000 francs attachés à ce titre. Aussi son nom figure-t-il, à la fois sur la liste des bienfaiteurs et sur celle des membres perpétuels donateurs de notre Société. C'est ainsi que ce collègue, si naturellement modeste, à eu peut-être l'orgueil de survivre parmi nous, avec son nom perpétuellement inscrit dans nos Annuaires.

L'hommage que nous rendons à M. Legrand ne serait point ce qu'il doit être, s'il se bornait à constater les libéralités de notre collègue. Il convient de signaler, par un éloge plus digne de lui et de nous, la part considérable que pendant une longue série d'années M. Legrand a prise à l'administration de notre Société, Il a été Président de la Commission des fonds, et souvent rapporteur de cette commission; son expérience des affaires, la rectitude de son jugement, sa générosité tempérée par la prudence nécessaire le rendaient parfaitement apte à préparer les décisions. Peut-être, dans l'intérêt de la mémoire de M. Legrand, aurais-je dû laisser à mes collègue de la Commission des fonds le soin de rappeler, avec plus de compétence, les titres qui le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

recommandent à la gratitude de la Société et du Conseil. J'ai une excuse qui ne me sera pas enviée. Je suis entré au Conseil la même année que M. Legrand. Notre longue collaboration avait créé entre nous des relations affectueuses. J'avais pour notre regretté collègue autant d'estime que de respect, et le Conseil me pardonnera d'avoir cédé à un sentiment personnel en recherchant la consolation d'exprimer ce que je pense, ce que nous pensons tous, sur cet homme de bien qui fut l'un des membres les plus utiles du Conseil et l'un des bienfaiteurs de la Société.

C. LAVOLLÉE.

Lu en séance le 9 avril 1897.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CONSTRUCTIONS ET BEAUX-ARTS

RAPPORT présenté, au nom du *Comité des Constructions et Beaux-Arts*, par M. APPERT, sur les vitraux de **M. Dandois**.

M. Dandois, artiste peintre sur verre, demeurant 44, rue de la Prévoyance, à Vincennes, connu déjà pour divers travaux de peinture sur verre, qu'il a présentés à diverses expositions et pour lesquels il a obtenu des récompenses, a mis à profit les observations qu'il avait été amené à faire au cours de sa carrière pour confectionner des peintures sur verre sensiblement différentes, comme résultat et comme effet, de celles faites par les procédés employés couramment.

Dans la peinture du verre, on applique sur une feuille de verre plus ou moins teintée des couleurs vitrifiables dites couleurs de grisailles, qui servent soit à déterminer les contours des personnages ou des objets qu'on veut représenter, soit à produire des ombres ou des modelés ; ces couleurs sont cuites ultérieurement au moufle de façon à les faire adhérer au verre, rendant ainsi indélébiles les peintures qu'elles ont servi à exécuter.

Ces couleurs sont appliquées sur la face extérieure de la feuille de verre, la plus rapprochée par suite de l'œil de l'observateur.

M. Dandois avait remarqué que si on venait à exécuter, en combinaison avec l'image ainsi représentée, une autre image, mais appliquée sous la face postérieure de la même feuille de verre, la différence de distance entre les plans de ces images suffisait pour produire entre elles un effet de relief assez accentué pour qu'il ait pensé pouvoir l'utiliser, et qu'il a rendu plus sensible par quelques artifices employés concurremment.

M. Dandois a réussi à produire de petits vitraux intéressants en employant les combinaisons suivantes.

Il superpose l'une sur l'autre deux feuilles de verre généralement peu teinté, qu'il choisit d'épaisseur suffisante pour rendre bien sensible l'effet cherché.

Dans les vitraux qu'il a présentés, la première feuille de verre est du verre simple de 2 millimètres d'épaisseur ; la deuxième, mise en dessous, est en verre demi-double ou double de $2^{mm},5$ à 3 millimètres d'épaisseur.

Il peint les premiers plans de l'image sur la face antérieure de la feuille

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de verre simple; les seconds plans, sur la face antérieure de la deuxième feuille de verre et les troisièmes plans sur la face postérieure. La peinture aidant, par les dégradations de teintes qu'on peut y introduire, on obtient des images produisant une impression de relief analogue à celle que fait éprouver un appareil stéréoscopique dans lequel on a combiné deux vues photographiques convenablement prises.

Ces vitraux doivent être faits avec grand soin, et, par suite du temps très prolongé qui doit y être consacré pour leur exécution, ils sont d'un prix élevé.

M. Dandois a présenté également à la Société des vitraux peints sur mica, le mica remplaçant le verre.

Il se sert, à cet effet, de feuilles bien choisies et exemptes d'écailles, provenant du clivage facile de la matière, et sur lesquelles il peint comme sur le verre ordinaire.

Ces vitraux, qui se recommandent, d'après M. Dandois, par une fragilité beaucoup moins grande, ont le défaut, tout intéressants qu'ils soient, de revenir à un prix fort élevé, qui en limitera forcément l'emploi.

En somme, M. Dandois, dans les spécimens qu'il a présentés de ses travaux très personnels, nous a fait preuve d'un esprit observateur et patient.

Le procédé qu'il a imaginé, et dont il n'a fait d'application que pour des pièces décoratives de petites dimensions, se prêterait à des applications autres.

Par la facilité d'accommodation qu'il présente pour l'observateur, il semblerait, par exemple, pouvoir être employé avec succès pour la confection de tableaux lumineux propres à l'enseignement.

Le Comité des Constructions et des Beaux-Arts, appréciant les efforts de M. Dandois, propose de le remercier de l'envoi qu'il a fait de ses vitraux et d'insérer le présent rapport au *Bulletin*.

Signé : L. Appert, *rapporteur*.

Lu et approuvé en séance, le 9 avril 1897.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

RAPPORT PRÉSENTÉ AU NOM DU *Comité des Constructions et Beaux-Arts*, par **M. S. Pector**, SUR UN OUVRAGE INTITULÉ : *la Normandie monumentale et pittoresque.*

MM. Lemale et Cie, imprimeurs-éditeurs au Havre, ont soumis à l'appréciation de la Société d'Encouragement un grand ouvrage qui sort des presses de leur maison et qui est intitulé : *la Normandie monumentale et pittoresque.*

L'ouvrage complet doit comprendre cinq volumes grand in-folio, consacrés aux cinq départements formés de l'ancienne province de Normandie; à ce jour il y a quatre volumes de terminés :

Le Calvados,

L'Eure,

L'Orne,

Et la Seine-Inférieure.

Quant au cinquième volume qui est relatif à la Manche, il est en cours de publication et il n'y a de parues que les livraisons qui forment une monographie du Mont-Saint-Michel.

Ces volumes sont ornés de nombreuses photogravures exécutées par M. Dujardin, l'artiste éminent dont vous connaissez tous les importants travaux; ces photogravures ont été faites d'après des clichés de plusieurs auteurs, mais surtout d'après ceux de MM. E. Letellier, H. Magron et P. Robert.

En outre de ces épreuves hors texte, de nombreuses phototypogravures sont insérées dans le corps de l'ouvrage; ces dernières illustrations ont été obtenues par la maison Husnik et au moyen des réseaux tramés, d'après les photographies des auteurs cités plus haut.

C'est afin de pousser à la fabrication en France de ces réseaux si difficiles à bien faire et pour lesquels nous sommes encore tributaires de l'Allemagne, de l'Amérique et de l'Angleterre, que la *Société d'Encouragement* a fondé l'année dernière, sur la proposition de son Comité des Beaux-Arts, un prix de 3000 francs.

Le concours ouvert à cet effet n'a malheureusement pas été rempli, mais nous espérons que vous voudrez bien en voter la prolongation, car il y a là un progrès sérieux à obtenir dans notre pays.

L'ouvrage publié par MM. Lemale commence par une introduction due à la plume de M. A. Dayot; le savant inspecteur des Beaux-Arts y loue avec

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

raison « l'initiative audacieuse des éditeurs qui, sur la foi de quelques encouragements et d'espérances toujours un peu vagues, ont osé, à leurs risques et périls, endosser les lourdes charges de cette publication d'art national », et il émet le vœu que leur exemple stimule le zèle des autres grands éditeurs provinciaux.

Ce vœu ne peut qu'être appuyé, et c'est à un but analogue que tendent deux associations fondées depuis peu de temps et qui sont encore trop peu connues : je veux parler de l'Union nationale des Sociétés photographiques de France et du Musée des photographies documentaires, qui ont toutes deux leur siège à Paris et qui sont dirigées, la première par M. Janssen, et la seconde par M. le colonel Laussedat. Ces sociétés ne se bornent pas à un programme restreint comme l'ouvrage que nous analysons en ce moment et qui s'occupe spécialement d'une partie du territoire français, et, dans cette partie du sol national, d'une branche également spéciale : *l'Art monumental.*

La première pousse de toutes ses forces à l'établissement, par les soins des sociétés locales qui lui sont affiliées, d'un inventaire général des curiosités de la France entière; la seconde vise à centraliser dans la capitale de la France les éléments d'une collection méthodique, rangée suivant la classification décimale de Mevil-Deway, et comprenant tous les documents relatifs à l'ensemble des connaissances humaines, et susceptibles d'être représentés par la photographie.

L'ouvrage vraiment remarquable et si complet édité par MM. Lemale apporte un précieux concours à ces travaux de vulgarisation, et ce n'est pas un de ses moindres titres à votre bienveillante attention.

Il nous paraît inutile d'insister sur les services que peuvent rendre au point de vue de la diffusion des connaissances artistiques les publications semblables à celle qui vous a été soumise par MM. Lemale et qui ne saurait être trop encouragée.

Le Comité des Beaux-Arts vous propose de remercier MM. Lemale de leur intéressante présentation et de décider l'insertion du présent rapport au *Bulletin*.

Signé : S. Pector, *rapporteur.*

Lu et approuvé en séance, le 9 avril 1897.

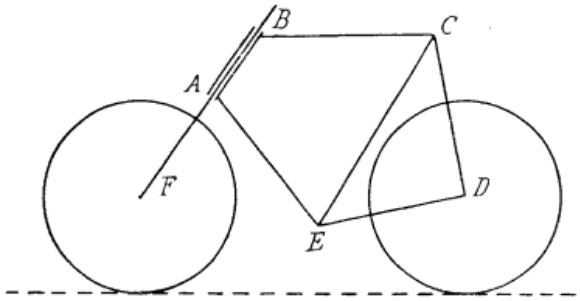
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS MÉCANIQUES

RAPPORT présenté par **M. Édouard Bourdon**, au nom du *Comité des Arts mécaniques*, sur une fourche de bicyclette brevetée, par **M. Luis de Loma**, *à Paris*.

MESSIEURS,

La bicyclette, cette machine qui utilise d'une façon si merveilleuse la force musculaire de l'homme, a déjà malheureusement causé un grand nombre d'accidents aux amateurs ou aux professionnels qui en font usage. C'est pourquoi il n'est pas sans intérêt d'examiner avec soin les perfectionnements qui ont pour but d'éviter ces accidents. De tous ceux dont le



cycliste peut être victime, le plus grave est certainement la rupture de la *fourche*, et principalement de *la tête de la fourche*.

Sans entrer dans la description complète de la bicyclette, nous ferons remarquer que si l'on considère le tracé théorique d'une telle machine, on voit d'après la figure ci-dessus que les deux roues sont reliées entre elles par un ensemble de pièces dont les unes (A B C D E) constituent un tout rigide qui est le *cadre*, et les autres (B A F) forment un ensemble mobile qui maintient la roue d'avant ou roue directrice, c'est cette partie qu'on désigne sous le nom de *fourche*. La roue directrice n'est reliée au cadre du cycle que par les deux branches de la fourche, lesquelles sont réunies par la *tête de fourche*, dont la tige, ou tube de direction, pénètre dans la douille A B. Cette roue, une fois en mouvement, transmet à la tête de fourche tous les efforts

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

auxquels elle est soumise; cette transmission se fait par l'intermédiaire de la partie FA, qui travaille en porte à faux et tend par suite à produire le cisaillement de la tête de fourche. C'est ce point faible que tous les fabricants se sont ingéniés à renforcer.

La fourche que M. de Lona soumet à votre examen paraît établie rationnellement, et sa construction remplit les conditions mécaniques offrant le maximum de sécurité.

Voici de quelle façon l'inventeur en fait la description détaillée.

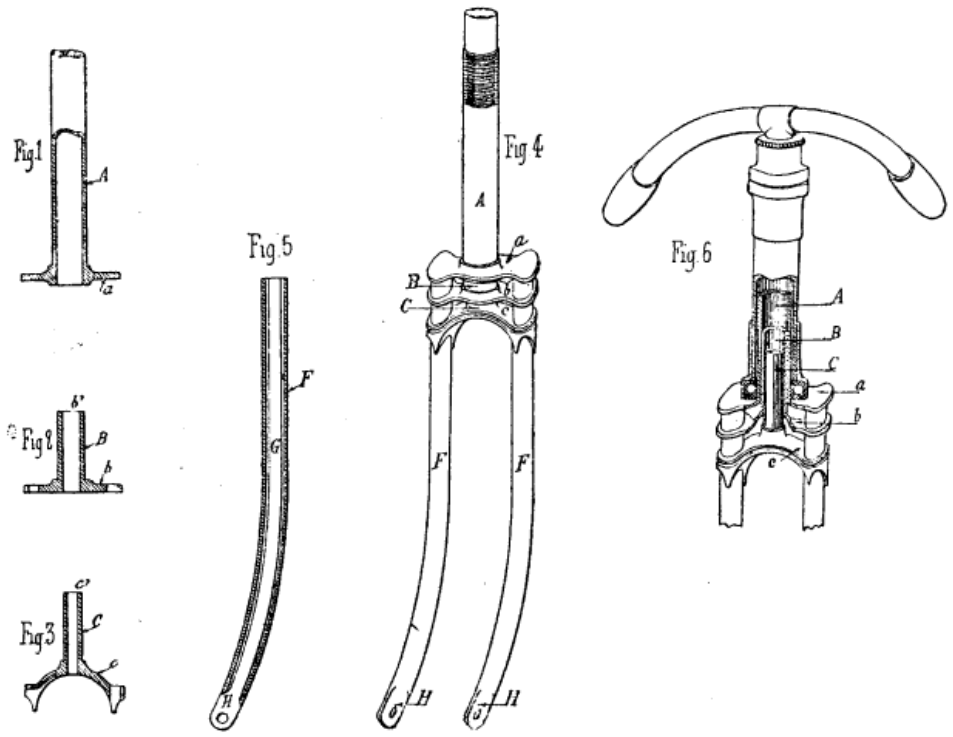


Fig. 1 à 6.

« Dans une tige de fourche ordinaire A (fig. 1) munie de sa tête *a*, on introduit une seconde tige B (fig. 2) également munie de sa tête *b*, et, dans cette seconde tige, une troisième C (fig. 3) ayant aussi sa tête *c*.

« La tige B (fig. 2) est brasée à son extrémité supérieure *b'* sur la tige A (fig. 1) et la tige *c* (fig. 3) est également brasée à son extrémité supérieure *c'* sur la tige B; elles sont *indépendantes les unes des autres*, comme le représente la coupe en longueur (fig. 6) laissant voir les tubes sectionnés A B C, tout en restant en même temps *solidaires* les unes des autres par leurs extrémités supérieures brasées ensemble.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

« Les têtes *a* et *b* (fig. 1, 2 et 4) sont constituées par des plaquettes ordinaires plates; la tête *c* (fig. 3 et 4) est de forme spéciale, cintrée, et elle présente une grande surface pour la brasure de sa tige et celle des fourreaux. Ceux-ci F (fig. 4) passent à travers ces trois têtes et y sont solidement maintenus et brasés.

« Cela fait donc trois véritables têtes de fourche avec leurs tiges respectives, commandant chacune, par elle-même, les fourreaux et, par là, la roue directrice; obéissant toutes les trois au guidon par la tige A (fig. 1) avec laquelle les deux autres font corps à leurs extrémités supérieures, de telle sorte que l'une ou même deux se rompant, celle ou celles qui resteraient, rempliraient complètement leur rôle, d'où impossibilité absolue de tout accident, à moins d'admettre, ce qui est infiniment peu probable, que les trois viendraient à se casser simultanément. »

MM. Digeon et fils ont fait des essais comparatifs sur des fourches « de Loma » et sur celles des modèles les plus couramment employés : ces essais ont été faits à la flexion, au choc et au cisaillement. Nous avons pris connaissance du procès-verbal des diverses expériences; la conclusion est que les fourches de Loma soumises aux épreuves ci-dessus indiquées résistent de deux à trois fois plus que les autres fourches avec lesquelles elles ont été comparées, dans la limite ordinaire des efforts auxquels sont soumises pratiquement les fourches de bicyclettes.

En conséquence, votre Comité des Arts mécaniques vous propose, Messieurs, de remercier M. de Loma de son intéressante communication et d'insérer le présent Rapport dans le *Bulletin* avec les dessins qui l'accompagnent.

Signé : E. Bourdon, *rapporteur*.

Lu et approuvé en séance le 9 avril 1897.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'IMPRIMERIE

Conférence de **M. Chamerot.**

Mesdames, Messieurs,

L'éminent Président de la Société d'Encouragement tient à justifier le titre de cette Société. Il met dans l'encouragement une telle ardeur, un tel accent de persuasion qu'il parvient à porter rapidement dans l'esprit des plus rebelles la conviction qu'ils sont nés pour faire ce qu'il leur demande et qu'ils n'auront qu'à parler d'abondance et sans effort pour s'acquitter de la tâche qu'il les sollicite d'accomplir. Il leur dit qu'il s'agit d'un devoir à remplir vis-à-vis de l'importante Société dont ils ont l'honneur de faire partie, et s'y prend en somme de si bonne manière qu'on cède sans presque résister à la chaleur communicative de son argumentation.

On accepte de faire une conférence sur des matières qui vous sont à ce point familières qu'il vous paraît, au moment de votre acceptation, que vous vous tirerez d'affaire sans trop de difficulté.

Vous vous sentez rempli d'un noble courage tant que l'époque de la conférence est encore éloignée; mais lorsque le moment approche de faire honneur à votre promesse, vous commencez alors à en mesurer tous les périls.

Vous vous reprochez d'avoir eu la vanité de vous croire capable de faire une chose que vous n'avez jamais faite. Vous vous rendez compte de la difficulté de coordonner et de présenter méthodiquement devant un public choisi des connaissances qui font bien partie de vous-même, mais qui semblent s'enfuir à qui mieux mieux dans le plus beau désordre lorsque vous voulez les retenir et les aligner.

Telles sont les perplexités et les états d'âme terribles, qu'a traversés le conférencier qui se présente aujourd'hui devant vous.

L'engagement qu'il a pris a été de sa part un acte plus que téméraire.

Il ne sent que trop aujourd'hui combien est grande la distance de la coupe aux lèvres. Mais si mauvaise que soit l'aventure dans laquelle il s'est lancé, il ne peut plus reculer.

Il fera de son mieux cette conférence qui sera la première et probablement la dernière de sa vie. Si, comme il le craint, il montre quelque insuffisance, il espère du moins que vous lui accorderez votre indulgence. Vous vous souvien-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

drez que le Président a une grosse responsabilité dans l'affaire, et que c'est à lui qu'il faudrait peut-être reprocher d'avoir été trop persuasif et trop encourageant.

PRÉAMBULE

C'est de l'imprimerie que j'ai à vous entretenir. Le sujet est des plus vastes.

L'imprimerie est en effet une industrie des plus complexes en ce sens qu'elle n'existe et ne fonctionne qu'avec le concours d'un certain nombre d'autres industries dont elle est la résultante et la synthèse. Pour faire un livre, il faut du papier, des caractères, de l'encre, des machines. Voilà déjà quatre grandes industries qui entrent en jeu pour faire un livre simple, ne contenant que du texte. S'il s'agit d'un livre illustré, et la plupart des livres le sont aujourd'hui, que ce soient des livres de science, d'enseignement élémentaire, de récréation ou des livres de luxe; s'il s'agit, dis-je, d'un livre illustré, la gravure et le clichage galvano viennent s'ajouter aux quatre industries que nous venons d'énoncer.

Chacune de ces industries pourrait faire à elle seule l'objet d'une conférence au moins.

L'imprimerie elle-même, dégagée de tous ses satellites, demanderait, pour être étudiée un peu en détail, une série de plusieurs conférences.

Ce préambule était indispensable pour vous expliquer que cette conférence ne pouvait avoir d'autre but que de vous initier d'une façon très générale aux grandes lignes de cette industrie noble entre toutes, dont l'influence a été, est et continuera d'être si considérable sur la marche du monde.

Voici à quelles proportions je me suis proposé de limiter la causerie d'aujourd'hui :

Quelques mots d'abord sur les origines de l'imprimerie pour l'amener à ce que j'appellerai l'époque moderne;

Une revue rapide des industries connexes sans lesquelles l'imprimerie serait privée de ses éléments indispensables de travail, et enfin des explications sur la technique générale de l'imprimerie, c'est-à-dire sur la manière dont on fait un livre avec des caractères, des machines, de l'encre et du papier.

ORIGINES DE L'IMPRIMERIE

Depuis longtemps, les anciens gravaient des cachets ou des caractères qui servaient ensuite à produire des empreintes dans des moules ou sur de la cire et de l'argile.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les Chinois connaissaient l'imprimerie à une époque très reculée, dès le xe ou xie siècle, peut-être même avant, assure-t-on, mais la pratiquaient d'une façon très rudimentaire, en gravant à l'envers des textes sacrés sur des planches de bois, qu'ils reproduisaient à l'endroit et d'un seul côté après les avoir enduites de noir et les avoir frottées ou pressées à la main.

Vers la fin du xive siècle, on commença, en Europe, à imprimer des cartes à jouer avec des moules gravés sur bois. On imprima ensuite des images de sainteté que l'on débitait principalement lors des pèlerinages. L'impression s'obtenait en frottant une feuille de papier placée sur la gravure enduite d'une couleur noire ou bistre à la détrempe.

On exécuta par ce procédé des suites de figures de la Bible, connues sous le nom de Bible des pauvres, parce qu'elles étaient destinées au peuple qui n'avait pas les moyens d'acheter les livres manuscrits décorés de miniatures qui coûtaient des sommes très élevées et représentaient de véritables fortunes.

On ajouta à ces planches de bois des légendes qui furent imprimées au-dessous en caractères mobiles de bois, de plomb ou d'étain, à mesure que l'on trouva des perfectionnements dans la pratique.

On imprima en Hollande des grammaires latines à l'usage des enfants, appelées des Donats, du nom d'un grammairien latin, Donat, qui en était l'auteur, et dont on reproduisait le texte.

Ces impressions étaient tabellaires, c'est-à-dire exécutées avec des planches de bois fixes.

L'impression en caractères mobiles n'a guère été pratiquée que vers la seconde moitié du xve siècle.

C'est à Mayence qu'a paru la première page imprimée en caractères mobiles avec une date certaine (1454). C'étaient des billets d'indulgence pour gagner le Paradis, qu'on vendait aux fidèles à beaux deniers comptants. Ensuite, en 1457, paraît un Psautier, livre supérieurement exécuté en deux couleurs avec initiales imitant à s'y tromper celles des miniaturistes. A la fin de ce volume, il est déclaré à la face du monde qu'il a été exécuté sans le secours de la plume ni du pinceau, par un merveilleux procédé, nouvellement inventé, remplaçant et multipliant l'écriture.

Que s'était-il passé dans l'intervalle?

Plusieurs cherchaient dans le silence et le mystère les moyens de reproduire et de multiplier la pensée et l'image par des moyens mécaniques autres que ceux de l'écriture. En 1444 et 1446, à Avignon, un orfèvre de Prague, nommé Procope Waldfogel, connaissait un procédé pour écrire artificiellement, comme il est dit dans un acte notarié et authentique récemment découvert par M. l'abbé Requin (1),

(1) Ces documents découverts par l'abbé Requin sont les plus anciens témoignages qui existent sur la découverte de l'Imprimerie.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et initiait à son secret un bailleur de fonds; d'autres essais furent tentés ailleurs, mais aucun ne paraît avoir réussi et n'a laissé de traces.

Gutenberg est le seul qui ait obtenu un résultat pratique, et c'est lui qui est le véritable inventeur de l'imprimerie.

Il ne saurait y avoir de doute à cet égard. Un témoignage formel des premiers imprimeurs parisiens, Friburger, Gering et Crantz, déclaration faite en Sorbonne devant Guillaume Fichet, leur patron, relate le fait et dit expressément que c'est aux environs de Mayence que Gutenberg a découvert l'art typographique tel qu'on le pratique maintenant. Ce document authentique, récemment trouvé, rétablit la vérité des faits et coupe court à toute discussion. Nicolas Jenson qui était peut-être maître de la Monnaie à Paris aurait été chargé de se rendre à Mayence pour se renseigner sur la nouvelle invention. La preuve du voyage de Jenson est attestée dans un document de 1458, 4 octobre, conservé à la Bibliothèque nationale (Voir Thierry Poux, p. ij).

On y voit nommer Gutenberg comme inventeur de l'Imprimerie.

Gutenberg, après avoir quitté Strasbourg, où il avait fait des essais infructueux, vint à Mayence et s'associa avec Pierre Schæffer, qu'il initia aux secrets qu'il possédait déjà.

Gutenberg avait trouvé la presse qui remplaçait le frotton des cartiers ; il avait trouvé l'encre d'imprimerie qui remplaçait la couleur à la détrempe sans consistance avec laquelle on imprimait les planches xylographiques. Aidé par Pierre Schæffer, qui était fort habile dans la gravure des lettres, il combina les approches des caractères.

Ils eurent ensuite l'idée de graver des poinçons, de frapper des matrices et de fondre des caractères à l'infini au lieu de graver les lettres une à une comme ils avaient déjà essayé.

L'imprimerie était trouvée.

Ils se mirent à l'œuvre et imprimèrent une Bible qui imitait à s'y méprendre la calligraphie de l'époque.

Gutenberg, qui avait dépensé tout son patrimoine dans de longs et coûteux essais, avait été obligé d'emprunter des sommes considérables à un orfèvre du nom de Fust, pour pouvoir continuer ses travaux.

Le labeur n'était pas terminé que Fust voulut être payé et fit un procès à Gutenberg qui fut condamné. Les actes de ce procès qui constituaient un ensemble de documents précieux étaient conservés à la Bibliothèque de Strasbourg. Ils ont été anéantis lors de l'incendie de la Bibliothèque par les obus prussiens en 1870.

Les exemplaires de la Bible, qui étaient le gage du prêteur, devinrent sa propriété avec le matériel de l'imprimerie et l'inventeur fut dépouillé.

Cette Bible, dont les rares exemplaires se vendent jusqu'à cent mille francs,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ne porte pas de date. Elle a précédé le psautier de 1457 qui a été imprimé par Schæffer, que Fust mit à la tête de l'imprimerie lorsqu'il en devint légalement propriétaire. Pierre Schæffer forma des apprentis qui devinrent des ouvriers. Nul n'était admis dans l'atelier sans avoir juré sur les Évangiles de ne pas divulguer le secret de l'art nouveau de l'imprimerie. Ce secret fut gardé jusqu'au moment où un événement politique changea la face des choses.

En 1462, la ville de Mayence fut prise d'assaut et livrée au pillage par les troupes d'Adolphe de Nassau; une partie des maisons incendiées ou ruinées. Les ouvriers typographes n'ayant plus de travail furent déliés de leur serment et se dispersèrent un peu partout, apportant avec eux les secrets de leur nouveau métier. Les uns allèrent à Strasbourg, d'autres à Bâle. Ils se répandirent ensuite en Italie et en Allemagne où, pendant huit années, ils ouvrirent tour à tour et successivement des ateliers dans diverses villes.

Les premiers imprimeurs arrivèrent en France à la fin de 1469 et s'installèrent à la Sorbonne, où ils commencèrent à imprimer vers le milieu de l'année 1470(1).

Les premiers imprimeurs n'eurent d'abord qu'un seul caractère, qu'ils gravaient et fondaient eux-mêmes. Ils réservaient en tête des chapitres, à l'endroit où nous mettons aujourd'hui des lettres ornées, des espaces vides qui étaient remplis à la main par de grandes lettres tracées au pinceau par les calligraphes et les miniaturistes.

Plus tard on y substitua les lettres gravées sur bois et historiées.

Les formats dans le principe étaient très petits en raison des dimensions de la presse. Un in-8 du xv[e] siècle correspond exactement à l'in-16 carré de nos jours. A mesure que les dimensions de la presse augmentèrent, les formats de papier s'agrandirent. Aujourd'hui le papier pour les presses rotatives est sans fin et se dévide comme un rouleau.

Ce n'est que vers le xvi[e] siècle que l'on commença à employer deux sortes de caractères dans un livre : le haut et le bas de casse.

(1) Localités de France où l'imprimerie a fonctionné au xv[e] siècle :

Paris	1470	Rennes	1484	Narbonne	1491
Lyon	1473	Tréguier	1485	Cluni	1492
Toulouse	1476	Salins	1485	Nantes	1493
Angers	1476	Abbeville	1486	Châlons	1493
Chablis	1478	Rouen	1487	Tours	1493
Vienne	1478	Besançon	1487	Mâcon	1493
Poitiers	1479	Lantenac	1487	Limoges	1495
Caen	1480	Embrun	1489	Provins	1495
Albi	1481	Grenoble	1490	Valence	1496
Chartres	1482	Dôle	1490	Avignon	1497
Metz	1482	Orléans	1490	Périgueux	1498
Troyes	1483	Goupillière (Eure)	1491	Perpignan	1500
Chambéry	1484	Angoulême	1491	Valenciennes	1500
Bréhant-Loudéac	1484	Dijon	1491		

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les premières gravures sur bois pour illustrer les livres n'ont été introduites à Paris que vers la fin de l'année 1481.

En quelques années, l'illustration du livre prit un grand essor. Aux livres classiques à l'usage des étudiants pauvres succédèrent les chroniques françaises, les histoires et les romans de chevalerie que lisaient les grands seigneurs et les bourgeois aisés et que l'on orna de figures. La lutte entre les calligraphes, les enlumineurs et les imprimeurs s'accentuait chaque jour davantage.

La Presse, en multipliant les livres, avait produit une révolution économique.

Les riches préféraient encore les beaux manuscrits sur vélin aux peintures éclatantes. Mais l'imprimerie chercha à les imiter. On fabriqua des livres d'heures qu'on imprima sur beau vélin et qu'on illustra de bordures artistement gravées sur bois que l'on recouvrit ensuite de couleurs à l'instar des miniatures des manuscrits. L'illusion était complète (1).

Le livre imprimé avait définitivement remplacé le livre manuscrit et marcha de perfectionnements en perfectionnements depuis la fin du XV^e^ siècle jusqu'à l'époque de la Renaissance. La gravure en taille-douce, qui commença à apparaître dans les livres français vers le milieu du XVI^e^ siècle remplaça la gravure sur bois presque totalement et momentanément vers le règne d'Henri IV.

Des progrès se produisirent tour à tour pendant deux siècles dans la fabrication du livre. On perfectionna la presse, la fonte des caractères; les formats s'agrandirent.

Au XVIII^e^ siècle, un fondeur en caractères, Pierre Simon Fournier, régularisa la hauteur des caractères et en établit les proportions en les divisant en points typographiques de son invention, règle présentement suivie de nos jours. Avant lui, il n'y avait aucune règle d'établie et chaque imprimeur agissait un peu à sa guise.

C'est alors qu'apparut le nom des Didot, qui devait jeter pendant deux siècles, sans interruption, un éclat incomparable sur l'imprimerie, la gravure, la fonderie des caractères et sur les lettres. On peut dire qu'après la période de décadence du XVII^e^ siècle pour l'imprimerie, les Didot apparurent comme les rénovateurs de l'art typographique.

Dans cette généalogie illustre, nous citerons : François Didot, 1730, le premier rénovateur; ses fils, Pierre Didot et Firmin Didot le célèbre graveur et fondeur, l'imprimeur de l'Institut en 1811, l'imprimeur du Roi en 1814. C'est lui qui, en 1830, posa ses conditions consignées dans une lettre mémorable à l'acceptation de la place de directeur de l'Imprimerie nationale. C'est lui enfin qui a donné le nom patronymique de Firmin à la famille. Les caractères qu'il grava

(1) On peut évaluer à environ 20 000 le nombre des livres imprimés jusqu'en 1501 (période dite des Incunables) dans toute l'Europe.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et liber: sed omnia ⁊ in omnibus xp̃s.
Induite vos ergo sicut electi dei sancti
et dilecti viscera misericordie: benigni-
tatem·humilitatem·modestiam·pati-
entiam·supportãtes inuicem ⁊ donan-
tes vobismetipis si quis aduersus a-
liquẽ habet querelam: sicut ⁊ dñs
donauit vobis ita et vos. Super o-
mnia aũt hec caritatem habete qđ est
vinculũ pfectionis: et pax xp̃i exultet
in cordibus vestris· in qua et vocati
estis ī uno corpore: ⁊ grati estote. Ver-
bum xp̃i habitet in vobis abũdãter:
in omni sapientia docentes et cõmo-
nentes vosmetipos psalmis ymnis ⁊
canticis spiritalibz in gratia cantãtes
in cordibus vestris deo. Oñe qcũqz
facitis in verbo aut in opere: omnia
in noĩe dñi nostri ihesu xp̃i: gratias
agentes deo et patri p ipm. Mulieres
subdite estote viris: sicut oportet ī do-
mino. Viri diligite vxores vestras: ⁊
nolite amari esse ad illas. Filij obedi-
te parentibus per omnia: hoc enim
placitum est in dño. Pres nolite ad
iracũdiam prouocare filios vestros:
ut non pusillo animo fiant. Serui
obedite p oñia dñis carnalibus: nõ
ad oculũ seruientes quasi hominibus
placentes: sed in simplicitate cordis ti-
mentes deũ. Qcunqz facitis· ex ani-
mo operamini·sicut dño ⁊ non hom̃i-
nibus: scientes qꝝ a domino accipietis
retributionẽ hereditatis. Dño xp̃o ser-
uite. Qui enim iniuriam facit recipiet
id quod inique gessit: et non est per-
sonarum acceptõ apud deũ. cap. 8.
Homini quod iustum est et equũ
seruis prestate: scientes qꝝ ⁊ vos
dñm habetis in celo. Orationi instate
vigilãtes in ea ī gratiarũ actione: oran-
tes simul et pro nobis: ut deꝰ aperiat
nobis ostium sermonis ad loquendũ
misterium xp̃i: propter quod etiam vin-
ctus sum: ut manifestem illud ita ut o-
portet me loqui. In sapientia ãbula-
te ad eos qui foris sunt: tempꝰ redimen-
tes. Sermo vester semp in gratia sale sit
condit: ut sciatis quomõ oporteat vos
unicuiqz respõdere. Que circa me sunt
oñia vobis nota faciet tychicꝰ carissi-
mus frater ⁊ fidelis minister et conseruꝰ
in dño: quẽ misi ad vos ad hoc ipm
ut cognoscat qđ circa vos sũt: ⁊ consoletur
corda vra cũ onesimo carissimo ⁊ fideli
fratre qui ex vobis est: qui oñia qđ hic agũ-
tur nota facient vobis. Salutat vos
aristarcꝰ cõcaptiuꝰ meꝰ: et marcꝰ consob-
rinꝰ barnabe: de quo accepistis mã-
data. Si venerit ad vos: suscipite illũ.
Et ihesus qui dicit iustus: qui sũt ex cir-
cũcisione. Hi soli sunt adiutores mei
in regno dei: qui mihi fuerunt solatio.
Salutat vos epafras qui ex vobis est
seruus xp̃i ihesu: semper sollicitus pro
vobis in oratiõnibus: ut stetis perfecti
et pleni in omni voluntate dei. Testi-
monium enim illi perhibeo: qꝝ habet
multũ laborem pro vobis ⁊ pro his
qui sunt laodicie et qui ierapoli. Salu-
tat vos lucas medicus carissimus: et
demas. Salutate fratres qui sunt lao-
dicie et nymphan: et qđ in domo eius
est ecclesiam. Et cum lecta fuerit apud
vos epistola hec· facite ut et in laodi-
censium ecclesia legatur: ⁊ eam que la-
odicensium est vobis legatur. Et dici-
te archippo. Vide ministerium qđ acce-
pisti in dño: ut illud impleas. Salu-
tatio mea: manu pauli. Memores esto-
te vinctionum meaꝝ. Gratia dñi ihesu vo-
biscũ amẽ.

PLANCHE I

Bible imprimée vers 1455 à Mayence par Gutenberg et Fust. C'est la première Bible imprimée connue. La date est à peu près certaine, car sur l'un des deux exemplaires de la Bibliothèque Nationale richement enluminé à la main, l'enlumineur déclare que son travail a été terminé au mois d'août 1456. Le caractère employé a été appelé lettre de forme.

On connaît une vingtaine d'exemplaires de cette Bible imprimés sur papier et sept sur peau de vélin; de plus un certain nombre de feuillets isolés comme ceux que je vous présente, trouvés en défaisant de vieilles reliures.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dñi que ẽ in ierusalẽ: et in me inclinauit misericordiã suam coram rege et cõsiliatoribꝫ eius. et vniuersis principibꝫ regis potentibꝫ. Et ego confortatus manu dñi dei mei que erat in me: cõgregaui de israhel principes qui ascenderũt mecum. VIII.

Hi sũt ergo principes familiarꝫ. et genealogia eorꝫ qui ascenderunt mecũ: in regno artaxersis regis de babilone. De filijs finees: gerson. De filijs ythamar: damel. De filijs dauid: attus. De filijs sechenie. et de filijs pharos zacharias: et cũ eo numerati sũt viri centũ quinquaginta. De filijs phetmoab. helioenai filius zaree: et cũ eo ducẽti viri. De filijs sechenie filius ezechiel: et cũ eo trecenti viri. De filijs addan nabeth filius ionathan: et cũ eo quinquaginta viri. De filijs helam. ysaias filius athalie: et cũ eo septuaginta viri. De filijs saphatie. zebedia filius michael: et cum eo octoginta viri. De filijs ioab. obedia filius iheihel: et cũ eo ducenti decem et octo viri. De filijs selomith. filius iosphie: et cũ eo centũ sexaginta viri. De filijs bebai. zacharias filiꝰ bebai: et cũ eo vigintiocto viri. De filijs ezeab. iohánan filius ezethan: et cũ eo cẽtũ decẽ viri. De filijs adonicam. qui erant nouissimi. et hec nomina eorꝫ. heliphelet. et heihel. et samaias: et cũ eis sexaginta viri. De filijs beggui vthai. et zachur: et cũ eis septuaginta viri. Congregaui autem eos ad fluuiũ. qui decurrit ad hauua: et mãsimus ibi tribꝫ diebꝫ. Quesiuiq; in pplo et in sacerdotibꝫ de filijs leui: et non inuenj ibi. Itaq; misi heliezer et ariel et semeam et helnathan. et aribꝫ alterum helnathan et nathan. et zachariã. et mesolã principes: et ioarib et helnathan sapientes: et misi eos ad heddo qui ẽ primus in casphie loco. Et posui in ore eorꝫ verba q̃ loqrent̃ ad heddo. et ad fratres eius nathinneos in loco casphie: ut adducerẽt nobis ministros domus dei nostri. Et adduxerũt nobis per manũ dei nostri bonaꝫ sup nos virũ doctissimũ. de filijs mooli. filij leui. filij israhel: et sarabiam. et filios eius et fratres eius decem et octo. et asabiam. et cũ eo ysaiã de filijs merari: fratresq; eius et filios eius viginti. Et de nathinneis. quos dederat dauid. et principes ad ministeria leuitarꝫ: nathinneos ducentos viginti. Omes hi nominibꝫ vocabant̃. Et predicaui ibi ieiunium iuxt̃ fluuiũ ahauua: vt affligeremur coram domino deo nostro. et peteremus ab eo viam rectã nobis. et filijs nostris. vniuersisq; substãtie nre. Erubui enim petere regẽ auxiliũ et equites. qui defenderent nos ab inimico in via: q̃ dixeramus regi. Manus dei nostri est sup omes q̃ querũt eũ in bonitate: et imperiũ eius. et fortitudo eius. et furor sup omes qui derelinquunt eũ. Ieunauimus autẽ et rogauimus deum nrm p hoc: et euenit nobis pspere. Et separaui de principibꝫ sacerdotũ duodecim. sarabiam et asabiam: et cũ eis de fratribꝫ eorꝫ decem. Appendiq; eis argentũ et aurũ. et vasa cõsecrata domus dei nri. q̃ obtulerat rex. et consiliatores eius. et principes ei?: vniuersusq; isrl. eorꝫ qui inuẽti fuerãt. Et appendi in manibꝫ eorꝫ argenti talẽta sexcẽta quinquaginta. et vasa argentea centũ: auri centum talẽta. et crateras aureas viginti q̃ habebãt solidos millenos: et vasa eris vulgẽtis optimi duo. pulcra vt aurũ. Et dixi eis. Vos sancti dñi. et vasa sancta: et argentũ et aurũ quod sponte oblatũ ẽ domino deo patrũ nostrorꝫ. Vigilate et custodite: donec appendatis coram principibꝫ sacerdotũ. et leuitarꝫ. et ducibꝫ familiarũ israhel in ierlim. in thesaurũ domus domi. Suscepерũt aũt sacerdotes et leuite pondus argenti. et auri. et vasorꝫ: ut deferrent ierlim. in domũ dei nostri. Promouimus ergo a flumine ahauua duodecima die mensis primi: vt pgeremus ierlim. Et manus dei nri fuit sup nos: et liberauit nos de manu inimici et insidiatoris in via. Et venimus ierlim: et mansimus ibi diebꝫ tribꝫ. Die aũt quarta appẽsus est argentũ et aurũ et vasa in domo dei nostri p manũ remoth filij vrie sacerdotis: et cum eo eleazar filius finees. cũq; eis iozabed filiꝰ iosue et noadaia filius bennoi leuite: iuxta numerũ et pondus ommũ. Descriptũq; est omne pondus in tpe illo. Sed et qui venerat de captiuitate filij transmigracõnis obtulerũt holocaustomata deo israhel vitulos duodecim p omni pplo israhel: arietes nonagintasex. agnos septuagintaseptẽ. hircos pro peccato duodecim: omnia in holocaustum domino.

PLANCHE II

Première Bible avec date certaine. Elle est datée de 1462, imprimée à Mayence par Jean Fust et Pierre Schœffer.

Le caractère, auquel on a donné le nom de lettre de somme, commence à se rapprocher du caractère romain en s'éloignant des formes gothiques.

Cette Bible, en deux volumes comme la précédente, est moins rare.

Brunet en a compté quarante exemplaires imprimés sur peau de vélin; il y en a davantage sur papier.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

¶ Comment lancelot du lac trouua dedans la foreſt perilleuſe la tombe de ſon grant pere . Et comment il tira la teſte de dedans la fontaine qui bouilloit .

aaa .i

PLANCHE III

Cette page est extraite du fameux roman de chevalerie *Lancelot du Lac*, imprimé à Paris pour un des plus célèbres libraires parisiens de la fin du XV^e^ siècle et du commencement du XVI^e^, Antoine Vérard.

La plupart des gravures sur bois qui ornent les éditions de ce libraire sont attribuées à Pierre Le Rouge. Le caractère est le pur gothique.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ſimul cũ Timotheo: eoq; iudicio ẽ abſolutus. Meneſthea filium reliquit ex Tarſa natum Coti regis filia. Is cum interrogaretur utrum pluris patrem matremue facer&: matrem inquit. Id cum omnibus mirum uideretur: at ille merito inquit facio. Nam pater quantum in ſe fuit thracem me genuit. Contra mater athenienſem.

CHABRIADIS VITA.

CHABRIAS ATHENIENSIS HIC quoq; in ſummis habitus ẽ ducibus: resq; multas memoria dignas geſſit. Sed ex his eluc& maxime inuentum eius ĩ prœlio quod apud thebas fecit: cum boetiis ſubſidio ueniſſ&. Nanq; in ea uictoria fidentem ſummum ducem Ageſilaum fugatis iam ab eo cõducticiis cateruis reliquã phalangẽ loco uetuit cedere: obnixoq; genu ſcuto ,piectaq; haſta impetum excipere hoſtium docuit. Id nouũ Ageſilaus intuens progredi nõ eſt auſus: ſuosq; iam incurrentes tuba reuocauit. Hoc uſq; eo græcia fama celebratũ ẽ: ut illo ſtatu Chabrias ſibi ſtatuã fieri uoluerit: quæ publice ei ab atheniẽſibus in foro cõſtituta eſt. Ex quo factum ẽ ut poſtea Athletæ cæteriq; artifices his ſtatibus ſtatuis ponendis uterentur cũ uictoriã eſſent adepti. Chabrias autem multa in europa bella adminiſtrauit. Cum dux atheniẽſiũ eſſ&: in ægypto ſua ſpõte geſſit. Nã Neptenabum adiutum profectus regnum ei conſtituit. Fecit idẽ cypri: ſed publice ab atheniẽſibus Euagoræ adiutor datus: neq; prius inde diſceſſit q̃ totam inſulam bello deuinceret. Qua ex re athenienſes magnam gloriã ſunt adepti. Interim bellũ inter ægyptios & perſas cõflatũ ẽ:

PLANCHE IV

Un des premiers ouvrages en caractères romains.

Page d'un volume imprimé par Nicolas Jenson, français qui s'était établi à Venise, où il était allé, suivant la légende, envoyé par Louis XI pour saisir les secrets du nouvel art. Il crut plus prudent de ne pas revenir.

Ce volume porte la date de 1471. La lettre initiale est enluminée à la main.

Le caractère romain vint d'Italie en France. On le qualifia d'abord du nom de caractère italique ou italien, nom qu'il perdit rapidement et que l'on donna plus tard exclusivement aux caractères penchés qui, eux aussi, avaient été importés d'Italie.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ILLVSTRISSImæ Galliarũ reginæ Helianoræ

Iacobus Syluius Ambianus Philiatros.
S. D. P.

Dici non potest, neque cogitari, regina optima, maxima, quàm optatus, quàm iucundus, quàm verendus Gallis omnibus fuerit tuus iste in Gallias aduẽtus, augustissimusque tui cõspectus, non hic sine numine diuũm cõcessus. Quandoquidem si nihil cõmodius, nihil fœlicius, nihil denique diuinius pace ipsa hominibus à diis immortalibus dari potest, ô quã te memorem regina, pacis toties ac tandiu optatæ, secũdum deũ author, pacis alumna, pacis vinculum, faxit deus, adamãtinum. Quos tibi triumphos vniuersa de-

PLANCHE V

Caractères romains perfectionnés en France par plusieurs imprimeurs ou graveurs.

Cette page appartient à un volume imprimé par Robert Estienne, de la célèbre famille d'imprimeurs parisiens qui, de 1502 à 1660, illustra son nom dans l'imprimerie et dans les lettres. Ce volume est de 1531.

La lettre ornée à fond criblé est l'œuvre de Geoffroy Tory qui a mis sa signature, la croix de Lorraine, sur l'une des lettres de cet alphabet, le G, première lettre de son prénom.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

COVSTVMES LOCALES ET PRIVILEGES DE LA VILLE DE SENS.

*

¶ARTICLE PREMIER.

PAR Couſtume & vſance confirmée par priuileges des Roys, les manãs & habitans de la ville & commune de Sens peuuẽt tenir fieds & heritages nobles, ſans qu'ils puiſſent eſtre contraincts en vuider leurs mains, ne pour raiſon d'iceulx paier au Roy aucune finance.

II.

ET peuuent vſer & proceder par voie d'arreſt ſus les biens de leurs debteurs forains demourans dix lieües à l'enuiron dudict Sens, pourueu que leſdicts biens ſoient trouués en ladicte ville ou faulxbourgs d'icele, ſuppoſé que du debt il n'y ait obligation, ſchedule, n'autre recognoiſſance : hors mis *Renuoyé*

PLANCHE VI

Ce spécimen est celui d'une impression exécutée à Sens par Gilles Richeboys en 1536.

Elle est intéressante au point de vue de l'histoire de l'imprimerie, car son exécution est très remarquable pour un volume imprimé en province à cette époque.

L'imprimerie s'était répandue rapidement dans les principales villes de France, mais ne suivait qu'avec lenteur les progrès de l'imprimerie parisienne. Cette exception est due sans doute à la présence à Sens de l'illustrateur Jean Cousin, qui devait surveiller de près l'impression.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

RESPONSE A LA DECLARATION DE L'INTENTION DV SEIG^r. DON IEAN D'AVSTRICE.

LYSANDER Roy de Sparte ſouloit communemẽt dire, que là où la peau du Lion ne pouuoit ſeruir, il y faloit coudre celle du Renard. Ceſte ſentence a eſté admiree & ſoigneuſement enſuiuie de tous ceux qui ont eſté inſtruits en la cabale Machiauellique. Mais ſur tous autres, le S^r. Don Iehan d'Auſtrice taſche à preſent de la practiquer, vſant de toutes ſortes de ruſes, & du miel de fainte douceur & clemence enuers ceux qu'il cognoit auoir en horreur ſa peau & condition leonine. A ceſt effect depuis n'agueres il a par tout fait publier vn petit Diſcours intitulé *Declaration de l'intention du Seigneur Don Iean, &c.* auquel ſe couurant fort ſubtilement de la peau de renard, il s'eſtudie à perſuader aux habitans des Païs bas, qu'il n'a oncques taſché, & ne taſche encor à autre choſe, que de les maintenir en bonne paix, repos & tranquillité; quoy que les iniques & ſanglantes armes qu'il meine à la ruine du païs, mõſtrent bien euidemment le contraire. Mais voyons les perſuaſions dont il vſe. Il dit que depuis ſon entree au chaſteau de Namur, il a ſouuentesfois declaré

PLANCHE VII

Autre page imprimée en caractères romains par un Français qui était allé porter son art à Anvers, le célèbre Christophe Plantin, 1555-1590. Un grand nombre d'ouvriers français, après s'être perfectionnés à Paris, se sont répandus à l'étranger au XVI^e siècle et y ont porté leur goût et leur expérience.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Mais rien ne me forçoit, en ce commun effroi,
De reconnoître en vous plus de vertus qu'en moi.
Je me rends; je vous cede une pleine victoire:
Vos vertus, je l'avoue, égalent votre gloire.
Allez, seigneur, rangez l'univers sous vos lois;
Il me verra moi-même appuyer vos exploits:
Je vous suis; et je crois devoir tout entreprendre
Pour lui donner un maître aussi grand qu'Alexandre.

CLÉOFILE.

Seigneur, que vous peut dire un cœur triste, abattu?
Je ne murmure point contre votre vertu:
Vous rendez à Porus la vie et la couronne;
Je veux croire qu'ainsi votre gloire l'ordonne.
Mais ne me pressez point: en l'état où je suis,
Je ne puis que me taire, et pleurer mes ennuis.

ALEXANDRE.

Oui, madame, pleurons un ami si fidele;
Faisons en soupirant éclater notre zele;
Et qu'un tombeau superbe instruise l'avenir
Et de votre douleur et de mon souvenir.

FIN.

PLANCHE VIII

Nous suivons toujours la série des caractères romains.

Depuis le XVI^e^ siècle, peu ou point de progrès artistique à constater. Mais nous arrivons aux Didot, les rénovateurs du caractère français. Cette page appartient au fameux Racine in-folio imprimé par Didot, 1801-1805, 3 volumes in-folio. Cette édition est considérée comme le chef-d'œuvre typographique.

Voici ce que Brunet, *Manuel du Libraire*, dit de cette édition : « Sans contredit, cette édition est un des plus magnifiques livres que la typographie d'aucun pays ait encore produits. »

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dendo io queſto) ſi offerſe a gliocchi miei. & già fra me comminciai a conoſcere per qual cagione in á Zi tempo la mia guida abandonato mi hauea. ma trouandomi iui condotto, ne confidandomi di tornare piú in dietro, ſenZa altro conſiglio prendere, tutto doloroſo & pien di ſoſpetto mi inchinai a baſciar prima la terra, & poi comminciai queſte parole. O liquidiſſimo fiume, o Re del mio paeſe, o piacevole & gratioſo Sebetho, che con le tue chiare & freddiſſime acque irrighi la mia bella patria, Dio ti exalte. Dio ui exalte o Nimphe, generoſa progenie del uoſtro padre. ſiate prego propitie al mio uenire, & benigne & humane tra le uoſtre ſelue mi riceuete. baſte fin quì ala mia dura fortuna hauermi per diuerſi caſi menato. hormai o reconciliata, o ſatia de le mie fatiche depongo le arme. Non hauea anchora io fornito il mio dire; quando da quella meſta ſchiera due Nimphe ſi moſſono, & con lacrimoſi uolti uer me uenendo, mi puoſero mezZo tra loro. De le quali una alquanto piu che l'altra col uiſo leuato prendendomi per mano, mi meno uerſo la uſcita, oue quella picciola acqua in due parti ſi diuide; l'una effondendoſi per le campagne; l'altra per occulta uia andandone a commodi & ornamenti de la citta. Et quiui fermataſi mi moſtro il camino, ſignificandomi in mio arbitrio eſſere homai lo uſcire. Poi per manifeſtarmi chi eſſe fuſſeno; mi diſſe. Queſta,

PLANCHE IX

Nous passons maintenant à la série des caractères penchés, des italiques.

Leur origine est italienne; ils ont été créés par les Alde, célèbre famille d'imprimeurs et de savants vénitiens en 1500.

Cette page est d'impression aldine.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

DE RHETIS SIVE GERMANIS ACIEM ADVEHENTIBVS TRANS RHENUM aduerſus Gallos.

QVÆ gens in Rhenum boreali enauit ab Arcto,
Et iam eſt intonſis turmatim adiuncta Sicambris?
Hîc velis completur Arar, Rhenique bicornis
Remigio vrgentur fluctus, celeréſque procellæ
Attollunt ſe aſtris, nauis, curuique remulci,
Mali vt ſilua rigent: ſicut cum Vere cupreſſi
Inſurgunt, vel cum annoſis ceruicibus Orni
Omne nemus complent: Rheni ſic mille carinæ
Inſedunt dorſo, ac verrit ſua littora remex.
Aduehit id bellorum Arctos, gelidúſque Bootes,
Inuiſus Celtis, Belgis, gentíque comatæ.
Vnda Araris, Rhodanique boat, celeríſque Garumnæ
Ingemit, hoſtili nimium depreſſa phalange.
Aſſa tonat ponto, rabido clamore celeuſtes
Aſtra quatit, naues dum ægrè ſinuoſa vorago
Vrget, & obſtat hians, claſſes ne ad littora, vortex
Appellant O ſacra Thetis, quæ ſola furentes

PLANCHE X

Comme les caractères romains, les caractères italiques, une fois introduits en France, à Lyon d'abord, puis à Paris, y furent perfectionnés et plus particulièrement par les Estienne.
Ce spécimen est extrait d'une impression de Robert II Estienne, fils de Robert Ier.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

langue punique, ouvrage que les Romains n'auront probablement pas été jaloux de faire traduire en langue vulgaire. Tu vois que je suis modéré dans mes vœux, que je ne te demande pas de rapporter quelque manuscrit d'Annibal même, l'ouvrage, par exemple, qu'il avait composé sur la guerre et la conduite de Cn. Manlius Vulson en Asie, dans la vue probablement de soulever l'Asie contre les Romains ; un tel monument serait sans doute plus difficile à retrouver que des monuments d'Architecture.

Tu crois que l'ombre d'Annibal aura été émue en voyant un jeune descendant de ces braves Gaulois qui lui ont rendu des services si importants dans ses guerres avec les Romains, venir d'une région lointaine pour examiner des lieux célèbres par ses malheurs. Tu m'écris que pour consoler son ombre, tu as lu à Prusa des vers de ma Tragédie, & les imprécations contre les Romains, au lieu même où il prononça les siennes. J'aime à croire qu'auparavant tu avais traduit les vers français en vers grecs.

PLANCHE XI

Autre caractère penché des Didot. Cette page est celle d'une lettre dédicace de M. Firmin Didot à son fils aîné, Ambroise Firmin Didot.

Elle est en tête d'une tragédie, *Annibal*, dont Firmin Didot est à la fois l'auteur et l'imprimeur, 1817. C'est un spécimen remarquable de caractères d'écriture.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Mais de la main du temps, dont tout ressent l'atteinte,
Ils portent avec eux l'ineffaçable empreinte.
Ses travaux les plus grands pour notre art sont perdus,
Et ses beaux types grecs ne se retrouvent plus :
Garamond a payé le tribut à l'envie,
Du mérite éclatant trop constante ennemie,
Dont la láche vengeance, à l'effet toujours sûr,
Ne s'exerce qu'à l'ombre et sous un voile obscur.
Mais en vain elle a cru sa rage assez couverte ;
Les types dont ici nous regrettons la perte
Rendront toujours hommage, en leur premier emploi,
Au burin de l'artiste, aux bienfaits d'un grand Roi ;
Rien ne pourra jamais obscurcir sa mémoire,
Garamond d'Elzévir a cimenté la gloire.
Instruits par ses succès, formés par ses leçons,
Alexandre et Grandjean hasardent leurs poinçons :
Mais, hérissés de traits dont l'ensemble bizarre
N'offre qu'un rude aspect à l'œil qui les compare,
On les a condamnés presque d'un même accord ;
Et ceux de Garamond les effacent encor.
Luce, dont les poinçons n'ont qu'un foible mérite,
Dans ses fleurons nombreux eut plus de réussite :
Mais ces colifichets de notre art sont exclus.
Que je plains cet artiste et ses soins superflus

PLANCHE XII

Voici la transformation que les Didot apportèrent aux italiques. Ce nouveau caractère italique, gravé par Firmin Didot, fut employé pour la première fois par son père en 1784 pour l'impression de ce volume : ***Épître sur les progrès de l'Imprimerie.***

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

demeurent encore aujourd'hui les plus beaux, et tout ce qui a été fait après lui procède des formes qu'il avait trouvées.

Ses caractères ne sont pas seulement admirables dans leurs formes, ils sont encore les plus lisibles de tous, de l'aveu du docteur Javal, l'oculiste, qui l'a déclaré après avoir fait une étude comparative approfondie de tous les caractères existants au point de vue de la lisibilité.

J'ai puisé tous mes renseignements pour cette première partie de ma conférence aux sources les plus autorisées.

M. Claudin, le savant libraire, le grand maître en la matière, M. Pawlowski, le bibliothécaire érudit de M. Ambroise Firmin-Didot, M. Paul Delalain, mon confrère qui s'est spécialement adonné à l'étude de l'histoire de l'imprimerie, M. Polain, le bibliothécaire du Cercle de la librairie, et M. Renouard, mon associé et ami, m'ont prêté un concours précieux dont je les remercie.

Je vais maintenant faire passer sous vos yeux une série de pages de livres remarquables, depuis la naissance même de l'imprimerie jusqu'à nos jours (Pl. I à XII).

Je suivrai d'abord la chronologie des livres en caractères romains pour reprendre ensuite celle des caractères italiques.

CARACTÈRES

Nous voici arrivés à l'époque moderne, et, comme je vous l'ai annoncé, avant de vous expliquer comment on fait un livre, je vais passer en revue les différents éléments dont l'imprimeur doit être en possession pour travailler.

Je commencerai par les caractères.

Le caractère est une petite tige qui a la forme d'un parallélipipède. Sa hauteur est toujours uniforme, quelle que soit sa grosseur. Cela est indispensable pour plusieurs raisons, d'abord pour qu'on puisse mélanger autant de caractères différents que l'on veut dans la même page, quelle que soit la fonderie dont ils proviennent et ensuite pour que ces caractères puissent s'imprimer indifféremment sur toutes les machines dont le foulage est réglé d'après la hauteur adoptée d'un commun accord. Cette hauteur toutefois n'est pas encore internationale. La hauteur anglaise est un peu inférieure à la hauteur française. L'épaisseur du caractère dans le sens de la hauteur de la lettre s'appelle la force de corps. Le plus petit caractère employé est le corps cinq, c'est-à-dire celui dont la tige a 5 points typographiques d'épaisseur. Le point typographique, base de toutes les combinaisons en typographie, représente la troisième partie du millimètre. Au-dessus du caractère corps 5, il y a les corps 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14 et même 16, etc. Le caractère corps 12 est en général

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le caractère le plus fort employé pour les livres. On s'en sert pour les grands formats. Les caractères courants ou les plus employés sont le corps 9 et le corps 10.

On appelle œil du caractère la gravure même de la lettre sur le sommet de la tige. La partie plane du sommet de la tige varie nécessairement avec la force de corps et permet de graver des caractères de plus en plus forts au fur et à mesure que la force de corps augmente. L'œil de la lettre n'occupe pas toutefois toute la surface du sommet de la tige. Il reste toujours un certain talus qui sert à protéger l'œil. Ce talus peut être plus ou moins fort.

De là les caractères qui, tout en étant de la même force de corps, n'ont pas le même aspect. C'est ainsi qu'on dira d'un caractère corps 9 par exemple, il est petit œil ou gros œil suivant que le talus laissé par le graveur sera très grand ou très petit. Il arrive même quelquefois qu'on grave un tout petit œil sur un corps beaucoup plus fort, par exemple un œil de 7 sur une tige de corps 9. Cela est nécessaire pour la composition des pièces de théâtre où les jeux de scène en petit caractère sont intercalés dans des lignes de caractère beaucoup plus fort (fig. 1).

Fig. 1. Lettre vue de profil.

On appelle pied, la base du caractère, et enfin, cran l'encoche que le fondeur fait sur le côté du caractère. Ce cran, nous le verrons tout à l'heure, a pour but d'empêcher le compositeur de composer des lettres à l'envers.

L'alliage qui sert à fondre les caractères est composé de 55 à 60 p. 100 de plomb et 40 à 45 p. 100 de régule et d'étain.

Les caractères se sont fondus pendant longtemps dans des moules à la main. Pour aller plus vite on a fait des moules dans lesquels on fondait plusieurs lettres à la fois, moules qu'on appelait polyamatypes. Enfin est arrivée la machine qui, après des perfectionnements successifs, fond aujourd'hui et termine presque complètement le caractère. On parle déjà de la machine à fondre deux caractères à la fois; elle est trouvée, et peut-être sommes-nous à la veille de voir la machine qui fondra d'un coup le quart ou la moitié de l'alphabet.

La fonte du caractère s'opère par le jet de la matière en fusion, dans une matrice en cuivre rouge pur, laquelle matrice a été frappée avec un poinçon gravé sur acier demi-doux.

Je ne puis m'arrêter ici à tous les détails de la fonte qui sont nombreux. Je me contente de vous dire que les qualités d'un caractère sont la belle gravure, la ligne et l'approche régulières. Il faut que les lettres soient bien alignées entre elles sans qu'aucune ne monte ni ne descende; il faut aussi que la même lettre, rapprochée de toutes les autres, soit séparée d'elles par un blanc toujours normal et qui ne choque pas par son exagération en trop ou en moins.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MACHINES

J'arrive aux machines, et, pas plus que sur le caractère, je ne puis m'attarder.

Nous avons vu que le premier moyen employé pour imprimer a été d'appuyer par un mouvement de frotton sur des planches gravées en relief.

Ensuite est venue l'idée de la pression verticale d'une platine sur la forme des caractères au moyen d'une vis. C'est là le principe des premières presses à bras, de celles qu'on voit encore au musée Plantin. Une fois le principe trouvé, des perfectionnements successifs furent apportés à la presse à bras pour arriver rapidement à la presse à bras en fer, presse Stanhope, dont nous nous servons encore pour des tirages à très petit nombre et des tirages d'épreuves.

Fig. 2. — Presse en bois employée dès les premières années du XVI[e] siècle par José Badius Ascensius.

De la pression de deux parties planes l'une sur l'autre, on passa à la pression cylindrique sur une partie plane se mouvant sous le cylindre : c'est la presse mécanique à un seul cylindre d'abord, n'imprimant qu'un seul côté de la feuille, dite machine en blanc parce qu'elle laisse un côté de la feuille en blanc; puis la machine à deux cylindres qui se passent l'un à l'autre, automatiquement, la feuille pour l'imprimer successivement des deux côtés. Par opposition à la machine en blanc, cette machine est dénommée machine en rêtiration. Enfin la troisième étape de l'esprit humain en matière de machine à imprimer est la pression de deux cylindres l'un contre l'autre à leur point de contact. C'est le principe des machines rotatives à journaux qui impriment avec une rapidité vertigineuse sur du papier sans fin, enroulé à une extrémité de la machine sur une bobine qui se déroule au fur et à mesure de l'impression.

Nous n'aurions pas de documents sur les presses du XV[e] siècle si les imprimeurs n'avaient pas eu déjà la coutume d'adopter une marque qu'ils appliquaient sur tous leurs ouvrages. L'un d'eux, Joseus Badius ou Jose Bade, avait pris comme marque une presse. Le fac-similé que nous vous présentons est tiré d'un ouvrage sorti des ateliers de Jose Bade et qui porte la date de 1507 (fig. 2).

Cette presse en bois est déjà complète et contient tous les organes des presses

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

en fer dont nous nous servons encore aujourd'hui : vis de pression, barreau, platine, manivelle.

En dehors de la presse, une des curiosités de cette marque est la femme qu'elle nous montre comme compositrice. C'est le premier témoignage visible

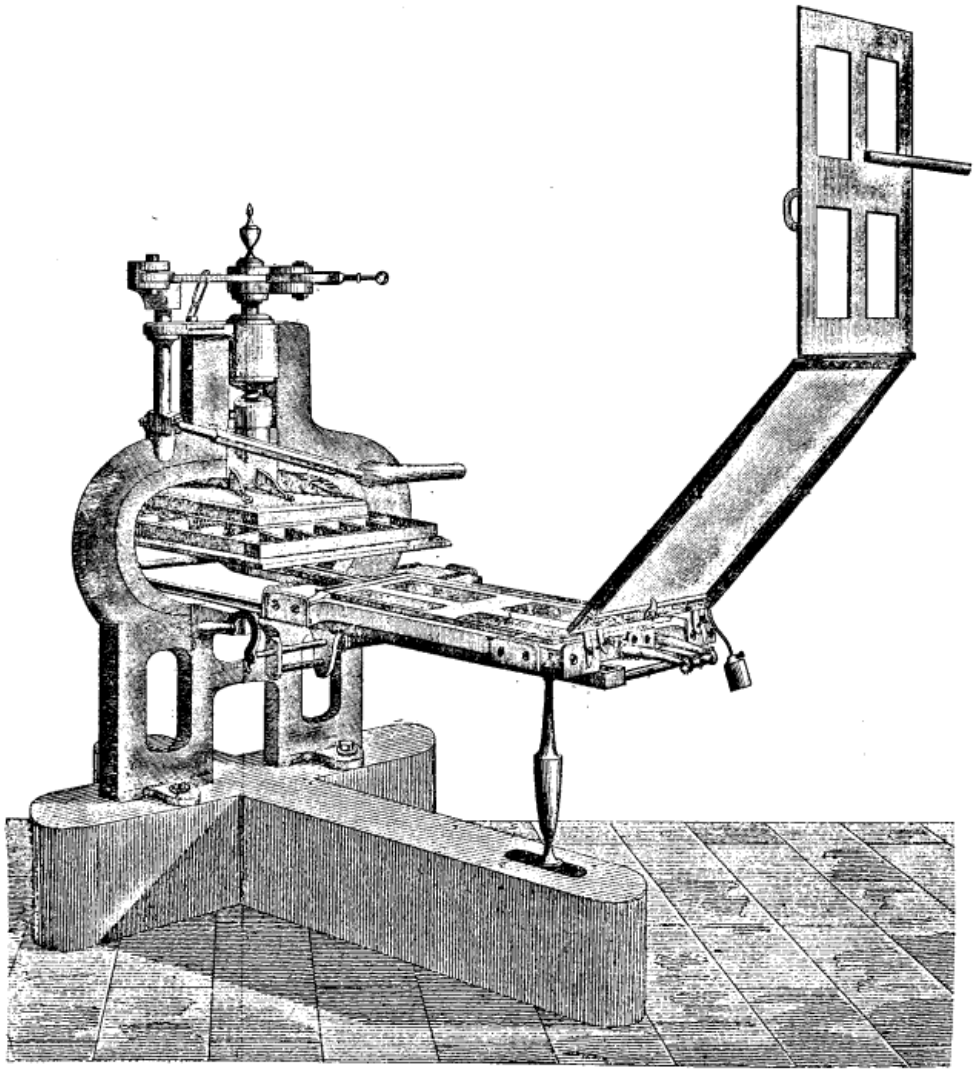


Fig. 3. — Presse en fer, dite *Stanhope*, en usage à Paris depuis les premières années de ce siècle.

d'une femme exerçant ce métier, de même que ce dessin est le premier que nous possédons représentant une presse.

Les modifications apportées à la presse furent assez lentes et partielles. On substitua petit à petit différentes pièces de fer aux pièces de bois et finalement on construisit la presse toute en fer.

C'est le comte Charles Stanhope qui amena en 1795 la presse à bras au point

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de perfectionnement définitif. Le modèle qu'il créa est encore celui qui est en usage aujourd'hui (fig. 3).

La première idée de machine appartient à William Nicholson, qui prit un brevet en 1790, pour une machine imprimant des clichés cylindriques. Mais il ne réussit pas.

La première machine fut construite par Kœnig et Bauer pour le journal le *Times*. Elle fonctionna pour la première fois le 28 novembre 1814.

C'était une machine en blanc n'imprimant que d'un seul côté.

C'est de 1833 que date la première presse à retiration à gros cylindres, et c'est en 1840 qu'un mécanicien qui vit encore, M. Normand, perfectionna la presse à retiration et créa le type dont les machines actuelles ne s'écartent que par des détails de construction.

La machine en blanc n'a qu'un seul cylindre, commandé directement par le marbre.

Le marbre, ou table en fonte qui porte la forme à imprimer, est animé par une bielle d'un mouvement de va-et-vient (fig. 4 et 5).

Le cylindre saisit la feuille avec des pinces et l'imprime en tournant dans le même sens que le marbre qui porte la forme, puis il s'arrête à un endroit où il est excentré pour laisser passer le marbre qui revient sur lui-même. Une seconde feuille est alors saisie par les pinces, et ainsi de suite.

Une feuille ne peut donc se tirer des deux côtés qu'en deux fois sur une machine en blanc. Du jour où les machines à deux cylindres imprimant des deux côtés sont entrées dans la pratique, les machines à un cylindre n'ont plus servi qu'à imprimer les feuilles qui ne devaient être imprimées qu'en blanc, telles que les affiches, les tableaux, les couvertures, les cartes, etc., ou les travaux en plusieurs couleurs qui nécessitent un repérage qui ne peut s'obtenir que sur ces machines.

Les machines à retiration sont celles qui possèdent deux cylindres et font d'un coup le travail que la machine à un cylindre ne faisait qu'en deux fois.

Les deux cylindres engrenés ensemble tournent continuellement et se soulèvent et s'abaissent alternativement tantôt pour laisser passer la partie du marbre qu'ils ne sont pas chargés d'imprimer, tantôt pour appuyer la feuille sur l'autre partie du marbre qui porte la forme qu'ils doivent imprimer.

Le mouvement de va-et-vient du marbre est obtenu par un pignon qui tourne sur une crémaillère, tantôt en dessus tantôt en dessous de cette crémaillère. A chaque extrémité de la crémaillère il y a un croissant. Lorsque le pignon arrive à cette extrémité, un galet dont il est armé s'engage dans le croissant et l'arbre du pignon descend et monte alternativement et fait marcher par conséquent le marbre de gauche à droite et de droite à gauche.

La feuille prise par les pinces du premier cylindre s'imprime du premier

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

côté, le premier cylindre fait sa révolution entière et ouvre ses pinces qui s'entre-croisent avec celles du second cylindre qui s'ouvrent au même moment

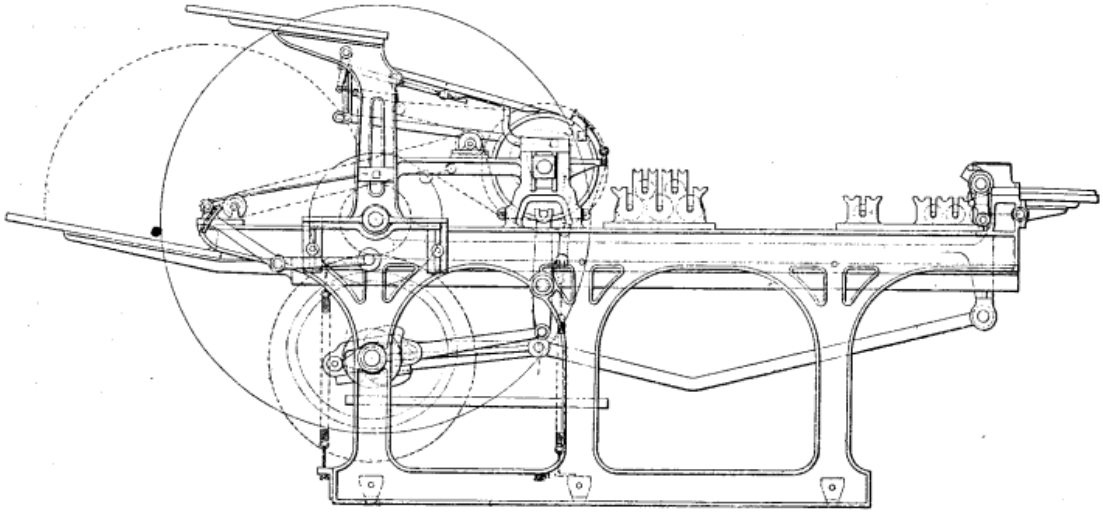


Fig. 4. — Schéma de machine en blanc.

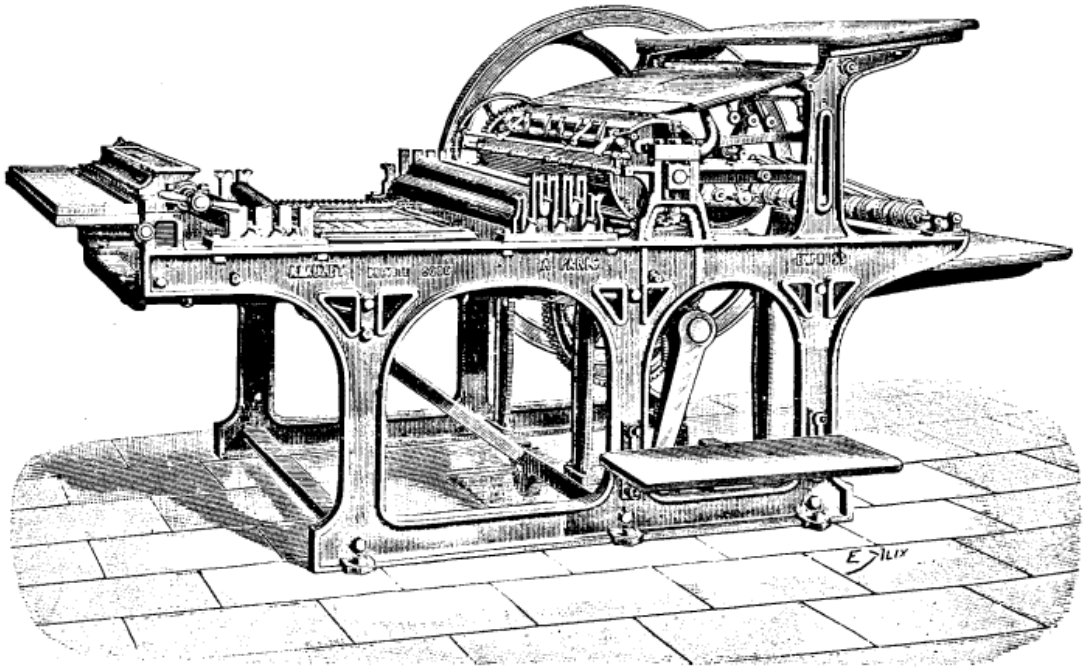


Fig 5. — Machine en blanc complète.

pour se refermer instantanément. La feuille saisie par les pinces du second cylindre est entraînée et imprimée sur son second côté et sur la seconde forme placée sur la seconde moitié du marbre, puis elle est conduite par des cordons à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

un rouleau dit de sortie de feuille qui la rejette sur une table dite table à recevoir.

Pendant que le train fait son mouvement de va-et-vient et que les cylindres se soulèvent et s'abaissent, des tringles munies d'engrenages font tourner à chaque extrémité de la machine des cylindres d'encrier garnis d'encre. Des

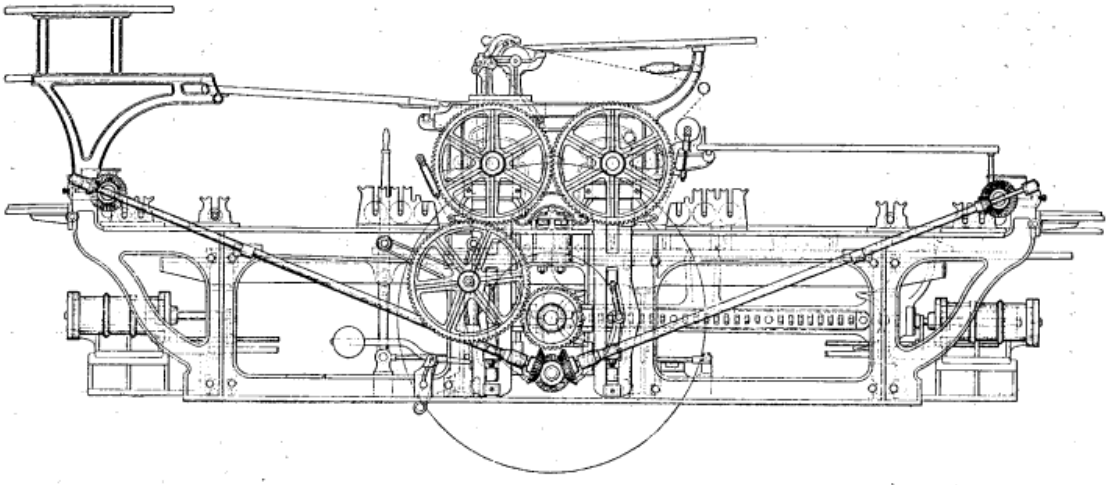


Fig. 6. — Schéma de machine à retiration.

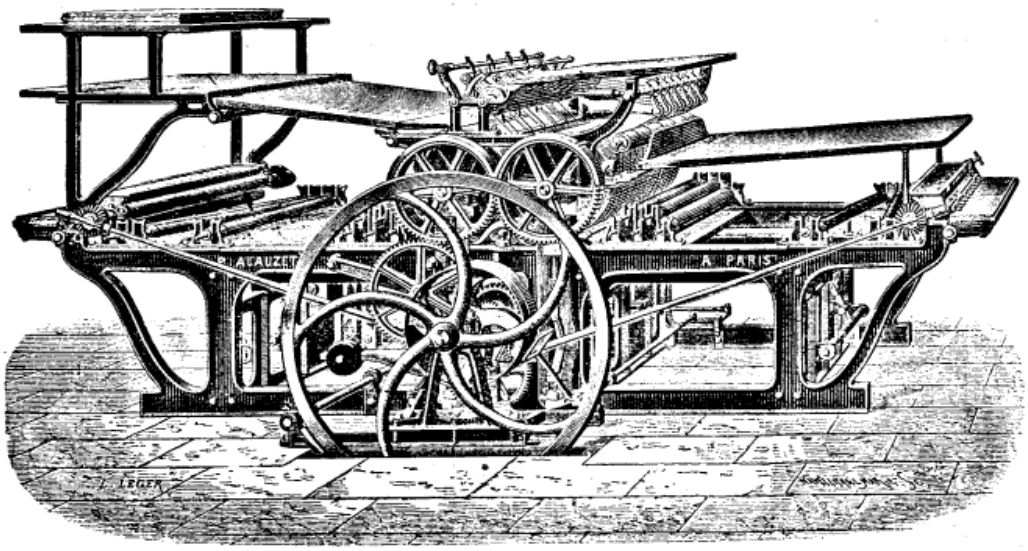


Fig. 7. — Machine à retiration complète.

rouleaux dits preneurs touchent régulièrement les cylindres d'encrier pour y prendre de l'encre, s'abaissent ensuite sur une table pour y déposer l'encre; des rouleaux distributeurs étalent l'encre sur ces tables, et enfin d'autres rouleaux dits toucheurs prennent l'encre sur ces tables pour la déposer sur les caractères (fig. 6 et 7).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Je dois ajouter, pour compléter cette description, qu'au moment où la feuille passe du premier au deuxième cylindre, une feuille de papier sans colle, dite de décharge, est lancée entre la feuille à imprimer et le deuxième cylindre pour éviter le maculage. Pour imprimer le deuxième côté de la feuille, il faut en effet appuyer sur le premier côté qui est tout fraîchement imprimé. Si ce premier côté était appuyé directement sur l'étoffe qui garnit le cylindre, au bout d'un certain nombre de tours cette étoffe se trouverait souillée d'encre, et l'impression des feuilles du premier côté irait se salissant, se brouillant toujours davantage; la feuille de papier buvard qu'on intercale chaque fois empêche cet inconvénient. C'est elle qui reçoit le maculage. Les décharges peuvent servir plusieurs fois, mais après avoir été étendues sur des cordes pour les faire sécher. Les presses à retiration tirent 1 000 à l'heure, mais il y a à déduire les temps d'arrêt pour changement des décharges, lavage des formes et autres causes. Il ne faut guère compter que sur un rendement effectif de 900 maximum.

On construit en ce moment des machines plus robustes, et munies à chaque extrémité de la course de pompes à air qui atténuent le choc que le galet de pignon avait auparavant seul à supporter, au moment où le train lancé dans un sens doit reprendre sa course immédiatement dans le sens inverse; ces améliorations permettent d'augmenter la vitesse. Mais cette augmentation de vitesse sera toujours limitée par la possibilité de marger la feuille. Un margeur habile ne peut guère marger plus de 1 350 feuilles à l'heure.

Les premières machines à journaux furent construites en 1848 par Gaveaux; c'étaient des machines à réaction ainsi nommées parce que la feuille imprimée d'abord d'un côté se promenait, conduite par des cordons, jusqu'à un gros cylindre situé en l'air sur lequel elle réagissait sur elle-même, ou plus simplement se retournait, pour redescendre se faire imprimer de l'autre côté par le même cylindre.

Le système de va-et-vient de ces machines est le même que celui des machines à retiration. Les cylindres ne se soulèvent pas et restent constamment engrenés avec des crémaillères fixées sur les côtés du marbre qui les font tourner et détourner.

Le débit de ces machines est de 4 000 à 5 000 à l'heure, lorsqu'elles n'ont que deux cylindres; mais en doublant le nombre des cylindres et celui des margeurs, on obtient un chiffre de tirage double. C'est Marinoni qui eut le premier l'idée de multiplier les cylindres et les margeurs. On emploie encore ces machines pour les journaux dont le tirage ne dépasse pas 15 000 à 20 000. Le tirage se fait sur composition mobile et la mise sous presse ne demande pas plus de vingt minutes.

Les presses rotatives à papier continu qui ont remplacé, pour le tirage des journaux à grand nombre, les presses à réaction, nous viennent d'Amérique. Les premières furent construites par la maison Hoé de New-York, vers 1858, mais elles n'imprimaient qu'en blanc et les feuilles devaient être engagées une seconde

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fois dans la machine pour recevoir la seconde impression ; puis vinrent les machines à deux margeurs du même constructeur imprimant en retiration ; mais la vitesse de la machine était réduite au nombre de feuilles que pouvaient marger deux margeurs, de plus les cylindres étaient de très grand diamètre, dont une faible partie seulement utilisée.

C'est en France qu'ont été construites par Marinoni les premières rotatives à grande vitesse à retiration.

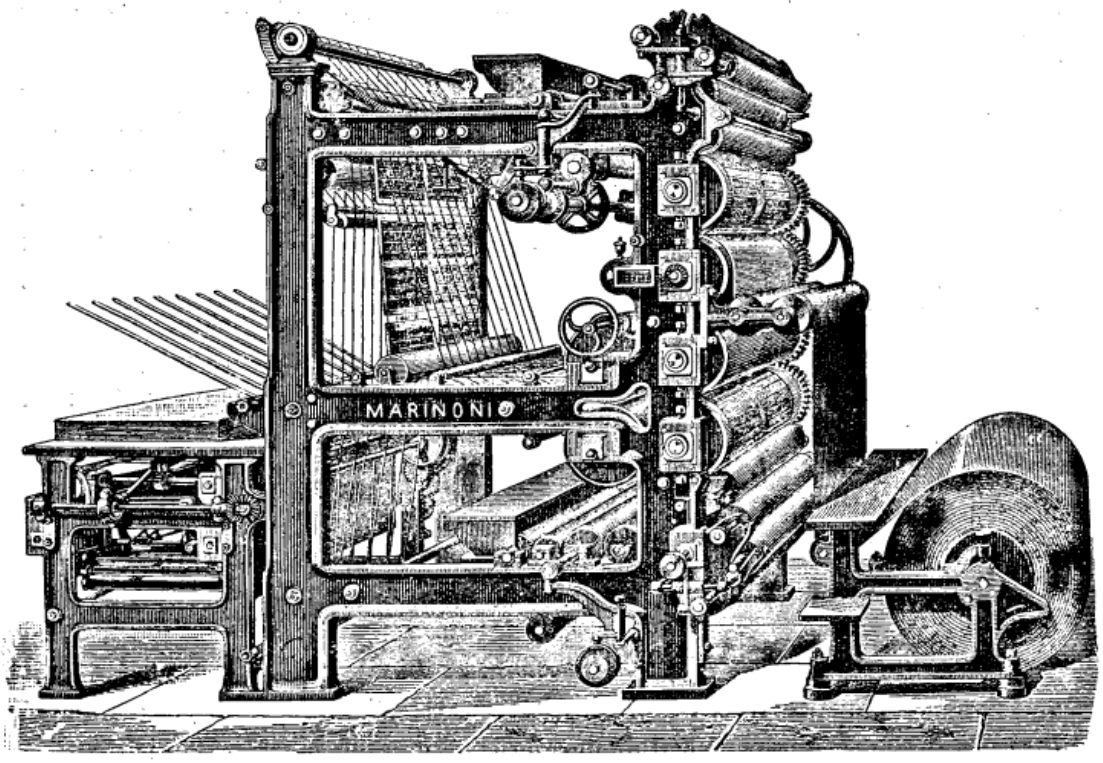


Fig. 8. — Presse rotative avec plieuse-receveur mécanique.

Marinoni appliqua aux machines rotatives le système de marge des machines à réaction à quatre cylindres dont il était l'inventeur avec son patron Gaveaux.

Ce système de marge permit à Marinoni de mettre sur ses machines un nombre quelconque de margeurs, de façon à n'avoir pas à limiter la vitesse de la machine au nombre des feuilles qui pouvaient être margées. De plus il réduisit le diamètre des cylindres de façon à correspondre au format du journal à imprimer, ce qui lui permit d'arriver, avec les machines à margeurs, sensiblement à la vitesse que l'on obtint ensuite avec les machines à papier continu dès que la suppression de l'impôt du timbre permit de les employer. On voit que la machine rotative à papier continu était trouvée en France avant d'être employée ; l'obligation de timbrer chaque feuille avant tirage a seule retardé l'application

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de la bobine à papier continu. Marinoni n'eut qu'à supprimer les margeurs et à les remplacer par une bobine de papier continu sans changer les dispositions de sa machine.

La première machine rotative à papier continu a été construite par Marinoni pour la *Liberté*, en 1866, et c'est à l'Exposition de 1867 que l'on vit les premières machines rotatives de Marinoni et de Derriey, son émule. C'est en 1879 que Marinoni construisit sa première machine rotative avec plieuse (fig. 8) et en 1890, sa machine rotative pour les impressions en couleurs, celle qui imprime le *Supplément* du *Petit Journal*.

Depuis 1866, un grand nombre de brevets ont été pris en France pour les machines rotatives par d'autres constructeurs très importants, Derriey, Alauzet, Godchaux, et tant d'autres que nous ne pouvons citer. Le mécanisme des presses rotatives est des plus simples et se prête à toutes les combinaisons. Tout le système étant animé d'un mouvement de rotation, le papier s'engage entre deux cylindres, l'un recouvert d'une étoffe un peu épaisse et l'autre portant les clichés cylindriques; il reçoit la première impression, passe ensuite entre deux autres cylindres exactement semblables qui impriment le verso. De là, il passe encore entre deux autres cylindres, dont l'un porte à l'intérieur un couteau en forme de scie pour couper la feuille à son passage.

Comme la raquette, avec la grande vitesse de la machine, ne pourrait pas suffire à recevoir les feuilles imprimées, un système très ingénieux vient les accumuler par paquets sur un cylindre et détache ce paquet à un certain moment pour venir le présenter à la raquette qui le dépose tout entier sur la table à recevoir.

Les progrès sur ces machines marchent d'ailleurs à pas de géant. On peut tout demander à un constructeur de rotatives sans le rebuter. C'est ainsi que le *Figaro* a, lors de sa transformation dernière, obtenu des machines qui tirent les six pages, collent la feuille intercalaire, plient les numéros et les comptent. Demain la machine mettra les exemplaires sous bandes, si elle ne le fait déjà, ce qui pourrait bien être sans que je le sache.

PAPIER ET FORMATS

Les Égyptiens, dès les temps les plus reculés, employaient un roseau appelé papyrus, soit en l'effeuillant, soit en le dédoublant, soit en l'écrasant. Ils transmirent leurs procédés aux Romains qui les répandirent dans le monde. Vers le IX^e^ siècle on se servit moins de papyrus, parce que la Chine et le Japon se mirent à importer du papier fait de matières diverses, chanvre, coton ou écorce de mûrier. On affirme que le papier était déjà connu en Chine depuis plus de mille ans.

A cette époque on employait, en France et ailleurs, le parchemin de peau de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

veau préparée, qu'on appelait vélin. Le coton neuf, en raison de son abondance et de son bas prix, paraît avoir été employé vers l'an 1200 par les Arabes, puis par les Italiens, et plus tard par les Français.

Enfin on lui substitua les vieux chiffons de chanvre et de lin, qu'on réduisit en pâte par divers moyens de trituration.

Le papier, aux débuts de l'imprimerie, se faisait exclusivement à la main, c'est-à-dire dans des cuves en bois dans lesquelles on versait de la pâte que l'on secouait dans tous les sens pour l'égaliser. On ne faisait alors que du papier de petit format, parce que c'était plus facile à fabriquer à la main et aussi parce que les premières presses étaient toutes de petit format. Les papiers de l'ancien temps, comme ceux fabriqués encore aujourd'hui par le même procédé, portaient tout autour une barbe un peu inégale à l'endroit où la pâte venait affleurer contre les quatre parties du cadre de la forme. Ces papiers étaient fabriqués exclusivement avec de la pâte de chiffons de fil et ont résisté au temps d'une façon merveilleuse.

Au fur et à mesure que les presses eurent des dimensions plus grandes, on augmenta et on varia les formats. Les formats fondamentaux étaient le carré, le raisin et le jésus, ainsi nommés parce que les fabricants mettaient comme marque dans l'un un carré, dans l'autre une grappe de raisin et dans le troisième un enfant Jésus. Il y avait encore le pot, l'écu, le tellière, le colombier, la couronne ainsi dénommés également à cause de leurs marques. Chacun de ces formats correspondait à des dimensions invariables.

Aujourd'hui il n'y a plus de formats, ou plutôt les formats ne s'indiquent plus que par des formules.

Ainsi le jésus, qui jadis portait toujours 55×70, se subdivise maintenant en petit jésus, 54×70 ; grand jésus, 55×74 ; jésus pittoresque, 56×76, etc., à l'infini, et de même pour tous les autres formats. Chacun fait son format à sa guise à cause de la facilité qu'offrent les fabricants de couper les papiers fabriqués en bandes aux dimensions demandées.

Aujourd'hui le bois est substitué au chiffon dans presque tous les papiers demi-fins. On se sert, pour réduire le bois en une sorte de sciure ou pâte, de meules tournant à une grande vitesse et sur la surface desquelles on fait presser le bois. Ces meulent exigent 80 à 100 chevaux de force. Le bois est aussi traité chimiquement, cuit au bisulfite de soude et blanchi au chlore.

Les végétaux propres à la fabrication du papier sont innombrables. Le meilleur marché et le plus employé est le bois de sapin. On utilise aussi le tremble, dont la cellulose est plus fine, et le peuplier.

Pourquoi la France, qui produit l'alfa en Algérie en abondance, l'emploie-t-elle très peu, alors que les Anglais s'en servent presque exclusivement pour fabriquer leurs papiers?

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La raison est que nous ne pouvons pas traiter l'alfa dans les mêmes conditions économiques que les Anglais.

Les Anglais placent leurs usines sur un cours d'eau et près d'une mine de houille. Leurs navires, qui transportent des marchandises dans nos ports d'Algérie, au lieu de revenir à vide, chargent de l'alfa avec un fret très bas et le rapportent souvent à quai de l'usine; le charbon est à côté et à bas prix, et il en faut beaucoup pour traiter l'alfa. Enfin la soude caustique, qui est également nécessaire pour traiter l'alfa, coûte beaucoup moins cher en Angleterre. Nous savons qu'une fabrique française va se monter près de Marseille pour faire le papier d'alfa d'après les procédés anglais.

Donc la pâte de bois chimique est aujourd'hui très employée. Avec cette pâte on fabrique des papiers très bon marché, très bien fondus, mais qu'il faut mélanger en forte proportion avec du bois mécanique pour les rendre doux à l'impression. On a émis beaucoup de doutes sur la durée de ces papiers. Des gens compétents affirment qu'il n'y a pas de raison pour qu'ils ne résistent pas au temps. Ce qui détruit le papier, c'est le chlore qui sert à le blanchir. Or la pâte de bois a besoin d'être beaucoup moins blanchie que la pâte de chiffons, puisqu'elles ne contient pas d'impuretés, et ensuite cette pâte se lave beaucoup plus facilement et par conséquent le chlore, le grand destructeur du papier, peut en être complètement chassé.

On ne peut donc rien dire des nouveaux papiers sinon qu'ils n'ont pas eu le temps de faire leurs preuves.

Une des premières fabriques de papier en France fut celle d'Essonnes. On y produisait au début moins de 100 kilos par jour. Aujourd'hui cette fabrique produit plus de 100000 kilos par jour.

C'est dans cette papeterie que fonctionna, au commencement du siècle, la première machine à faire du papier continu en rouleaux qu'on coupait ensuite à tous les formats.

Les premières machines à papier continu fabriquaient 200 kilos par jour. A la suite de transformations successives, elles sont arrivées, en 1870, à produire 1500 à 2500 kilos et aujourd'hui 6000 kilos; les bobines qui servent à l'impression des journaux ont 3000 à 4000 mètres de longueur. La largeur des machines a été portée de $0^{m},90$ à 2 et 3 mètres.

Enfin on satine le papier en rouleaux à la calandre, ce qui permet aux imprimeurs de tirer à sec sur le papier tel qu'il est livré et d'avoir un tirage beaucoup plus régulier et plus brillant que lorsqu'on tirait sur du papier trempé qui prenait irrégulièrement l'humidité, en dépit de toutes les précautions, et ternissait l'encre en séchant.

Avant de quitter les papiers, disons un mot, qui sera ici très à sa place, des formats par lesquels on désigne les livres. On entend dire couramment un in-12, un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

in-8. Cela ne répond à rien, ne signifie rien. Pour indiquer un format il faut toujours spécifier deux choses, le nombre de plis et le format de la feuille de papier. Il faut donc dire un in-8 carré, raisin ou jésus; un in-12 carré, raisin, etc.; un in-18 raisin ou jésus. Ce qui signifie que, pour l'in-8 carré, c'est une feuille carré pliée en 8 et donnant 16 pages à la feuille; pour l'in-8 raisin, que c'est une feuille raisin pliée en 8. En un mot, tous les formats de papiers, depuis le plus petit jusqu'au plus grand, peuvent se plier in-8. Donc en disant un in-8 tout court on ne dit rien du tout.

ENCRE

L'encre employée en typographie est un mélange d'huile convertie en vernis et d'une matière colorante. Si l'on emploie l'huile et non l'essence ou l'alcool, c'est que, d'une part, le vernis à l'huile est à peu près le seul qui, en raison de sa souplesse et de son mordant spécial, jouisse de la propriété de se laisser happer aussi uniformément par le rouleau en gélatine et de se distribuer aussi régulièrement sur le caractère, que ce dernier soit en métal, en bois ou de toute autre composition, et que, d'autre part, jouissant de la qualité propre aux hydrocarbures de pénétrer le papier, il arrive à former corps avec lui sans l'altérer et à assurer ainsi à l'impression une durée que l'on peut dire indéfinie.

Une encre typographique, qu'elle soit destinée à une impression commune ou à un travail de luxe, pour être bonne doit se distribuer facilement, ne pas encrasser le caractère, sécher rapidement sur le papier et surtout conserver longtemps après le tirage l'éclat des premiers jours.

Ces qualités s'obtiennent d'une part par la préparation du vernis, d'autre part par le choix judicieux de la matière colorante et enfin par le broyage.

Qu'est-ce que le vernis?

Qu'est-ce que la matière colorante?

Le vernis, — terme impropre en réalité, car, étalé seul sur le papier, il doit le pénétrer complètement sans conserver le moindre brillant, mais enfin terme usité depuis les temps les plus reculés, — le vernis est le véhicule de la matière colorante et c'est de sa préparation que dépend la facilité de l'emploi de l'encre; c'est lui qui assure la bonne distribution, qui évite l'encrassement du caractère et qui fait sécher rapidement l'impression.

Il doit toujours être à point, c'est-à-dire ni trop dur ni trop mou.

Autrefois on ne connaissait comme vernis que l'huile de lin et l'huile de noix épaissies au degré désiré (ou à peu près, car le travail est des plus difficile et exige un tour de main très délicat) par une longue cuisson à haute température, 300°.

Plus tard, à l'apparition des machines, pour combattre le tirant, le poissant de l'huile ainsi préparée, qui empêchait toute distribution convenable, on pensa

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à épaissir l'huile, non plus par une cuisson prolongée à haute température, mais par l'adjonction à l'huile de résines ou gommes copal, de baumes, de savon, etc.

Aujourd'hui que des progrès se sont accomplis et s'accomplissent chaque jour dans le détail de la fabrication, chaque fabricant dit avoir ses formules particulières dont le succès seul justifie la valeur; mais on peut dire que l'huile de lin en reste toujours la base, au moins pour les encres dites à vignettes, car pour les encres dites à journal, on se sert généralement d'huile de résine obtenue par la distillation en cornue de la colophane (sous-produit de la distillation de diverses térébenthines) en vue d'en extraire l'essence du même nom.

De la qualité de la matière colorante dépend la solidité et l'éclat de l'impression.

Dans les encres noires, c'est le noir de fumée qu'on emploie le plus généralement. Il s'obtient par la combustion incomplète de tous les corps riches en carbone : goudron, résine, pétrole, suif, etc. S'il est destiné à la fabrication de l'encre à journal, il demande simplement à être dégraissé, c'est-à-dire brûlé à l'air libre; si, au contraire, il doit servir à la fabrication d'une encre plus fine, il doit être d'abord calciné en vase clos, puis lavé et séché. Ces opérations longues et coûteuses ont pour but de l'amener à l'état de carbone aussi pur que possible, ne contenant plus aucune trace des produits empyreumatiques entraînés dans la fabrication qu'un simple dégraissage ne saurait lui enlever et qui sont l'une des causes de l'auréole jaune que l'on trouve parfois autour des caractères dans les ouvrages communs.

Il nous reste à dire un mot sur l'amalgame de la couleur avec le vernis. Autrefois, le mélange des deux corps était des plus primitifs; il se faisait sans proportions déterminées, tantôt bien, tantôt mal. De broyage, il n'était pas question, on se contentait de peu. Ce temps-là est loin. Aujourd'hui, les machines à grande vitesse exigent une finesse d'encre absolument parfaite. Aussi les fabricants d'encre ont-ils été dans la nécessité de se munir d'un matériel de broyage puissant et perfectionné. Les machines employées sont généralement des broyeurs composés de trois cylindres en granit, en fonte ou en porcelaine tournant en sens inverses. Les deux derniers sont surmontés d'une boîte, dite trémie, dans laquelle on met le mélange que l'on fait passer et repasser autant de fois qu'il est nécessaire pour arriver au degré de finesse désiré.

ROULEAUX

Les imprimeurs à bras se servaient jusqu'en 1814, pour distribuer leur encre, des deux balles légendaires en cuir qu'ils frappaient l'une contre l'autre plusieurs fois pour y bien distribuer l'encre et avec lesquelles ils touchaient ensuite le caractère pour l'encrer. L'expression « Enfant de la balle » vient de là. Cela

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

signifie celui qui a manié la balle, c'est-à-dire qui a été élevé dans le métier et le connaît à fond.

C'est en 1814, époque de l'invention de la première machine à imprimer, que les rouleaux furent substitués aux balles. On les confectionna d'abord en cuir, mais on n'obtint que des résultats très insuffisants. L'encre restait trop à la superficie de ces rouleaux dépourvus de souplesse, d'élasticité et de toute qualité spongieuse.

C'est en 1819 que le savant chimiste français Gannat imagina la pâte gélatineuse qu'on emploie encore aujourd'hui après y avoir apporté, petit à petit, toutes les modifications de composition suggérées par l'expérience.

La matière qui compose les rouleaux est un mélange convenable au bain-marie de colle-gélatine, de glycérine et d'un produit sucré : mélasse, sirop de glucose ou autre, dont les proportions varient suivant les nécessités des saisons, de la température, de l'atelier, etc.

Les imprimeurs ne fondent pas tous leurs rouleaux. Les fabricants d'encre sont, en général, fondeurs de rouleaux ou vendeurs de pâte toute préparée. Il va sans dire que chacun prétend avoir à ce sujet son petit secret et attribue à la composition de sa pâte toutes les qualités, et entre autres celle de ne pas se dilater ou se rétrécir sous l'influence de la température. Il faut convenir que les pâtes employées aujourd'hui sont très supérieures à celles dont on se servait il y a quelques années. Les rouleaux peuvent marcher plusieurs jours sans être lavés et subissent beaucoup moins les influences de la température. Toutefois, il arrive encore fréquemment, au moment des grandes chaleurs par exemple, que des rouleaux s'amollissent au point de s'étaler, de fouailler, comme on dit à l'atelier.

Les rouleaux doivent être refondus au bout d'un certain temps d'usage. A la refonte, on ajoute à la pâte les matières dont les proportions ont été perdues par le travail. Cette pâte et son entretien sont une dépense importante pour l'imprimeur. On a donc cherché à faire des rouleaux avec d'autres matières même plus chères, mais pouvant tout au moins faire un service plus long. On a essayé la gutta-percha, le caoutchouc. Les résultats ont toujours été jusqu'à présent absolument négatifs. Qui n'est pas imprimeur ne peut pas s'imaginer l'importance que jouent les rouleaux dans un tirage. Le travail de mise en train fût-il absolument parfait, la machine excellente, l'encre de première finesse, si les rouleaux ne donnent pas, s'ils n'ont pas la flexibilité et le tirant voulu, l'impression sera mauvaise.

Les rouleaux sont un des éléments les plus essentiels du tirage et un de ceux qui donnent le plus de tracas à l'imprimeur.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

COMPOSITION ET TIRAGE

COMPOSITION

Voilà maintenant l'imprimeur en possession de tout ce qui lui est nécessaire pour faire un livre.

Examinons comment il va s'y prendre. Et tout d'abord divisons l'impression en deux grands compartiments bien distincts : la composition et le tirage.

Dans le premier compartiment, nous nous occuperons de reproduire la copie manuscrite apportée par l'auteur en des pages bien disposées, bien alignées, bien correctes, serrées au moyen de biseaux et de coins dans des châssis en fer et séparées entre elles par des garnitures métalliques et systématiques qui représentent les blancs des marges. Lorsque les formes seront ainsi bien préparées et vérifiées par tous les moyens usités pour éviter les erreurs si faciles à commettre, alors nous les ferons passer dans le second compartiment, celui des machines, pour en opérer le tirage.

Avant toute chose, il faut arrêter, d'accord avec l'auteur, un format, un caractère ou même plusieurs caractères, s'il y a des notes, des citations, un index ou des annexes, etc., etc., et enfin délimiter la hauteur, la largeur de la page et l'interlignage du caractère. Tous ces points préalables ne peuvent être décidés que le manuscrit en mains. Il faut, en effet, pour les résoudre connaître la nature du sujet traité, les divisions et les subdivisions adoptées, la nature et l'importance des notes, la nature et l'importance des figures, s'il y en a. En un mot, il faut connaître le plan de l'ouvrage et pénétrer le plus possible la pensée de l'auteur pour donner à son livre la forme qui lui convient le mieux.

Tout ceci est l'affaire de la direction, et c'est là que l'intervention du maître imprimeur doit se faire sentir le plus efficacement. Lorsque tous ces points capitaux sont arrêtés, il est indispensable de consulter le chef du matériel pour savoir si tout ce qu'il faut est disponible pour monter le nombre de feuilles que l'on a décidé d'établir, tant en caractères de texte et de notes qu'en interlignes et en signes spéciaux, s'il en entre dans le volume. S'il est nécessaire d'avoir recours à la fonderie, c'est au début même qu'il faut le faire et en prévoyant tout, même au delà, pour ne pas être arrêté par des détails secondaires au cours du travail, ce qui causerait préjudice à la fois à l'auteur, aux ouvriers et à l'imprimeur. C'est là que s'apprécie la bonne organisation d'une maison possédant un personnel éprouvé auquel les leçons de l'expérience ont appris à tout prévoir et sous la direction d'un imprimeur possédant à fond son métier et capable de discerner les erreurs et omissions qui pourraient êtres commises par ses officiers, fussent-ils eux-mêmes des hommes de premier ordre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Donc, tout étant bien arrêté, le chef du matériel fournit aux compositeurs tout ce qui leur est nécessaire, et le prote ou chef d'atelier transmet au metteur en pages, chef d'équipe, toutes les instructions relatives à la longueur des lignes, à leur interlignage, à la hauteur de la page ainsi que toutes les recommandations relatives à ce qu'on appelle la marche typographique de l'ouvrage.

Le metteur en pages divise alors la copie entre ses compositeurs en prenant note de l'ordre dans lequel il la donne, de façon à ne pas s'embrouiller lorsqu'il s'agira de mettre à la suite les unes des autres, sans se tromper, les différentes compositions qui lui seront remises par ses ouvriers, au fur et à mesure qu'elles seront faites.

HAUT DE CASSE.

A	B	C	D	E	F	G	A	B	C	D	E	F	G
H	I	K	L	M	N	O	H	I	K	L	M	N	O
P	Q	R	S	T	V	X	P	Q	R	S	T	V	X
à	ê	î	ô	û	Y	Z	U	J	W	Ÿ	Ŗ	Y	Z
°	e	r	t	m	;	W	É	È	Ê	Æ	OE	Ç	!
à	è	ì	ò	ù	)	§	é	è	ê	æ	œ	ç	?
«	.	U	J	j	]	—	fl	ä	ë	ï	ö	ü	

BAS DE CASSE.

*	ç	é	-	'	e	1	2	3	4	5	6	7	8
...	b	c	d		s	Espaces 2 p.	f	g	h		9	0
											æ	œ
z	l	m	n	i	o	p	q	Espaces 1 p. 1/2	w	k	Demi-cadratins.
y								Espaces 1 p.	fi	;	Cadratins.
x	v	u	t	Espaces	a	r		.	,	Cadrats.			

Fig. 9. — Casse de deux pièces.

Voilà le travail mis en mains. Chaque compositeur a une certaine quantité de pages du caractère adopté, pages qui appartiennent à un ouvrage qui vient d'être imprimé.

Le premier travail consiste donc à détruire cette composition précédente en remettant chacune des lettres dans le petit cassetin qu'elle doit occuper pour la retrouver ensuite pour composer. Il est très important que ce travail soit fait avec soin, car si le compositeur laisse tomber des lettres ailleurs qu'où elles doivent être, cela lui fera faire des fautes lorsqu'il recomposera. Il faut aussi que cette opération, qu'on appelle distribution, soit faite vite, car elle est comprise dans le prix de la composition. Cette distribution paraît très difficile à des profanes, mais les ouvriers y acquièrent une très grande habileté. Elle prend en moyenne un quart du temps nécessaire à la composition.

Voyons maintenant en quoi consiste l'opération de la composition et au moyen de quels outils et ustensiles elle se pratique.

Les caractères sont distribués, ainsi que nous venons de le dire, dans un ustensile appelé *casse* (fig. 9). La casse est divisée en deux pièces, *le bas de*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

casse, divisé en 55 cassetins, contenant les lettres dites de bas de casse (par opposition aux lettres capitales), les chiffres, les ponctuations, les espaces et les cadrats, c'est-à-dire ce qui est le plus fréquemment employé et doit être plus près de la main du compositeur; *le haut de casse*, divisé en 104 cassetins comprenant les petites et les grandes capitales, les lettres accentuées, les lettres doubles, les signes et les supérieures.

Le compositeur est en face de sa casse placée sur un meuble incliné, le haut de casse faisant suite au bas de casse.

Les cassetins de la casse sont garnis de caractères.

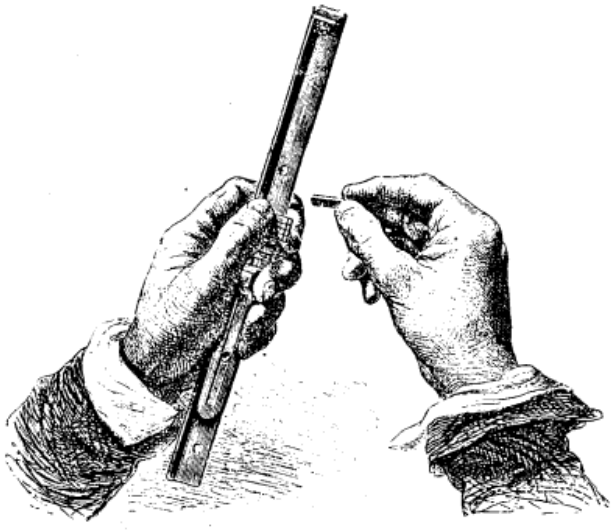


Fig. 10. — Composteur.

Le compositeur n'a plus besoin pour composer que d'un outil ou instrument appelé composteur, dans lequel il mettra une à une les lettres prises dans les cassetins de la casse (fig. 10).

Cet outil est une petite lame de fer repliée à angle droit dans toute sa longueur, fermée à l'extrémité droite, libre à l'autre extrémité et longue de 15 à 20 centimètres. Par le côté libre est introduite une petite clavette mobile munie d'une vis et d'un talon destiné à faire point d'arrêt. Le compositeur, avant de commencer un travail, fait mouvoir cette clavette et la fixe au moyen de la vis à l'endroit voulu pour déterminer la longueur de sa première ligne à laquelle les suivantes devront être toutes bien rigoureusement semblables.

Cette opération qui consiste à fixer la clavette mobile au point voulu, s'appelle prendre sa justification, d'où il suit que le mot justification en imprimerie signifie largeur de la page.

Un bon compositeur doit prendre sa justification avec le plus grand soin, ni trop serrée ni trop lâche, et ne plus la modifier au courant de son travail. Ceci est très important au point de vue de la régularité dans l'élasticité des lignes et du serrage qui devra en être fait ultérieurement dans des châssis.

Pour qu'un livre fût à ce point de vue parfait, il faudrait qu'il fût composé entièrement de la même main, ce qui n'est pas possible. Pour éviter tous les inconvénients qui peuvent résulter des différences de justification, le chef d'atelier devrait toujours vérifier au début tous les composteurs des ouvriers qui travaillent sur un même ouvrage. Cette vérification se fait au moyen d'une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

interligne ou petite lame de plomb ayant en points typographiques la longueur arrêtée pour la ligne. Cette interligne doit pouvoir être introduite et retirée du composteur sans trop de facilité et sans trop d'effort. Puisque nous avons prononcé le mot interligne, disons tout de suite que ce sont de petites lames en métal moins hautes que le caractère, puisqu'elles ne doivent pas être imprimées, et de longueur et d'épaisseur variables et destinées à être placées entre les lignes pour en déterminer le blanc séparatif.

Le compositeur, une fois sa justification prise, jette alors les yeux sur la copie placée sur sa casse, dans un petit appareil appelé visorium; il lit un membre de phrase entier, s'il est capable de le retenir, et prend une à une les lettres destinées à former les mots et les place dans le composteur, le cran en dessous; entre chaque mot il intercale une espace, petite tige métallique de la même force de corps que le caractère employé mais plus basse, puisque, comme l'interligne, elle n'est pas destinée à être imprimée.

Il commence par mettre entre chaque mot une espace uniforme, celle indiquée par le prote, car l'espacement peut être serré ou large suivant les goûts, et l'on pourrait même dire suivant les pays; les livres anglais par exemple, chacun de vous a pu le remarquer, sont espacés excessivement large. Donc le compositeur met d'abord une espace uniforme entre tous les mots et arrive ainsi à l'extrémité de sa ligne. C'est ici que se présentent presque toutes les difficultés de la composition. En effet jamais la ligne ne se termine exactement à l'extrémité du composteur par un mot complet, et alors se posent les questions de division des mots et de répartition entre les différents mots de la ligne, du blanc qu'on a en trop ou en moins.

Il y a les divisions permises et impermises, d'après l'étymologie des mots, et souvent le compositeur se trouve en face de difficultés presque insolubles en tant qu'il est obligé de conserver à toutes ses lignes un espacement qui, sans pouvoir être mathématiquement égal, doit être suffisamment régulier pour que l'œil ne soit pas choqué. Lorsqu'un long mot ne peut pas entrer dans la ligne et que sa coupure ne peut s'opérer que très mal, il faut bien se résigner à faire une ligne trop serrée ou trop large.

On pourrait quelquefois obvier à l'inconvénient en remontant à plusieurs lignes au-dessus et en les reprenant pour les modifier toutes, mais il ne faut pas oublier que le compositeur est payé au mille de lettres qu'il lève, et qu'il doit résoudre avec rapidité toutes les difficultés qu'il rencontre sous peine de voir diminuer sensiblement son salaire à la fin de la journée.

Donc, en résumé, le compositeur a un espace vide au bout de sa ligne ou au contraire il a une syllabe trop large de quelques points typographiques pour parfaire la ligne. Dans le premier cas, il répartit le blanc dont il dispose, non pas indifféremment mais en le divisant le plus possible au moyen d'espaces fines d'un point typographique et en mettant de préférence du blanc entre les lettres lon-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

gues qui n'en portent pas par elles-mêmes ; dans le second cas, s'il s'agit d'enlever du blanc entre les mots, il devra le faire avec la même attention et d'après la règle que nous venons d'indiquer, mais renversée.

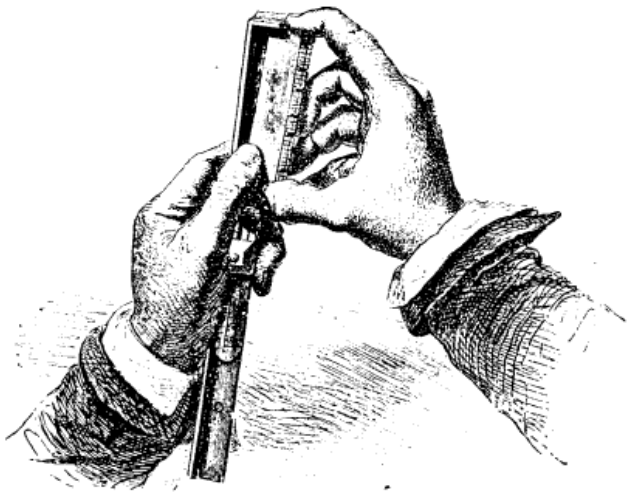


Fig. 11. — Le compositeur enlève les lignes du composteur.

J'ai un peu plus insisté sur ce détail technique parce qu'il est la base de tout et qu'il laisse entrevoir combien il est difficile pour l'ouvrier de faire une bonne composition et pour un imprimeur qui emploie beaucoup d'ouvriers de capacités différentes d'obtenir un travail de composition fait suivant les règles.

Pour que la ligne puisse être dite bien justifiée, il faut que la dernière lettre s'enfonce sans effort mais cependant à frottement un peu dur.

Le compositeur compose ainsi plusieurs lignes en mettant entre chacune d'elles une interligne ou en n'en mettant pas, suivant que l'instruction est d'inter-

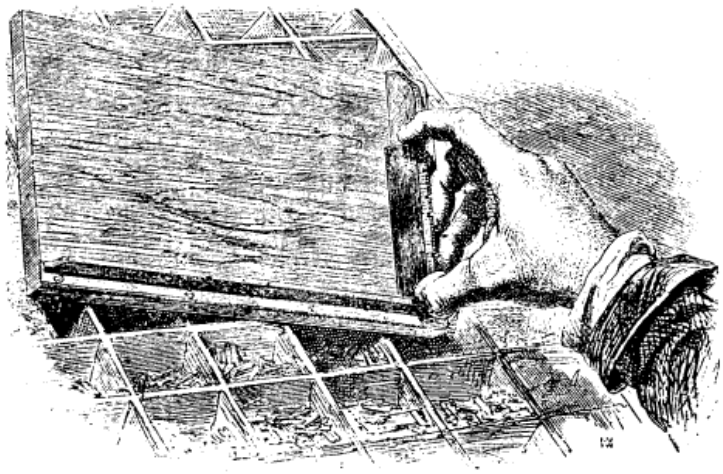


Fig. 12. — Le compositeur pose les lignes dans la galée.

ligner ou de ne pas interligner. Lorsque son composteur est plein, il enlève les lignes pour les placer dans une galée, petit plateau rectangulaire bordé de deux côtés de rebords en fer (fig. 11 et 12).

Lorsque la galée contient un nombre convenu de lignes, le compositeur les lie fortement en prenant des précautions et des positions de mains sur lesquelles

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

je n'insiste pas (fig. 13), en forme un paquet, en un tour de main enlève ce paquet de la galée (fig. 14 et 15), le met sur un porte-page ou feuille de papier fort et en fait

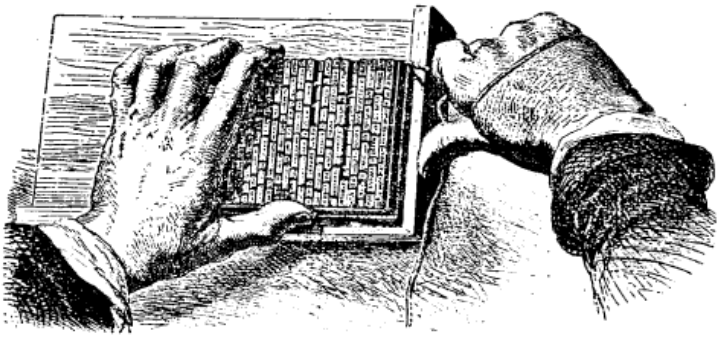


Fig. 13. — Le compositeur lie le paquet.

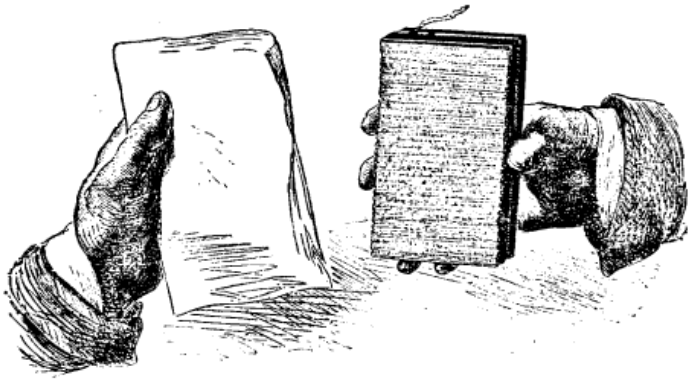


Fig. 14. — Le compositeur enlève le paquet de la main droite et le place sur le porte-page qu'il tient de la main gauche.

lui-même une épreuve dite épreuve typographique. Cette épreuve est lue par un correcteur qui a le manuscrit à côté de lui et vérifie si l'épreuve est bien en tous points conforme. Les erreurs, fautes d'orthographe, de ponctuation ou autres relevées par le correcteur sont rectifiées par le compositeur et à sa charge (fig. 16). Une revision de ces corrections est faite, pour s'assurer qu'elles ont toutes été exécutées.

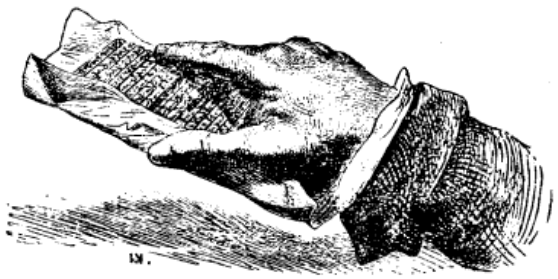


Fig. 15. — Paquet sur le porte-page.

Une équipe de plusieurs compositeurs travaille sur le même ouvrage. Leur nombre est proportionné aux exigences de rapidité. Chacun coopère a établir une bande indéfinie de composition qui va être convertie en pages par un ouvrier appelé metteur en pages.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Cet ouvrier, qui doit être plus habile que ceux qui ne font que des lignes, a composé d'avance les titres courants et folios, les titres de chapitres, les notes, en un mot tout ce qui n'est pas la composition courante. Lorsqu'il a réuni un nombre de paquets suffisant, il commence son travail qui consiste à séparer la bande indéfinie de composition en pages de même hauteur contenant exactement le même nombre de lignes, à mettre en tête de chacune de ces pages le titre courant de gauche, généralement invariable, aux pages paires, et le titre courant de droite, le plus souvent changeant, aux pages impaires ainsi que les folios. Au courant de ce travail, il intercale les notes avec les appels de notes

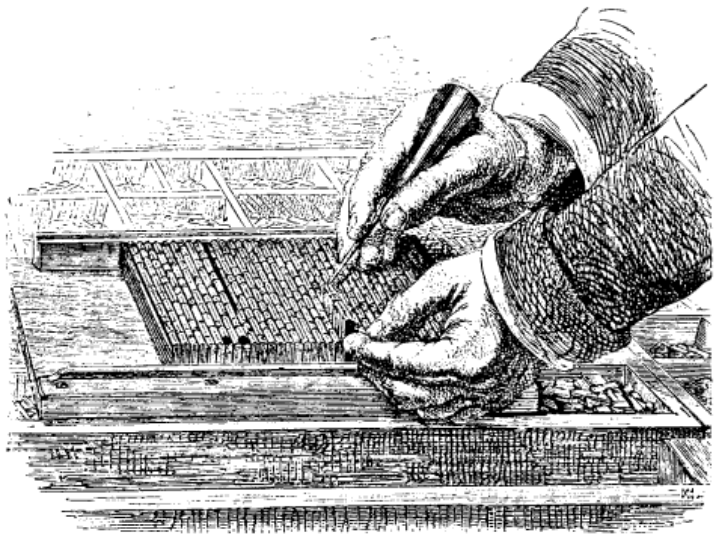


Fig. 16. — Correction sur la galée de l'épreuve typographique.

dans le texte; il sépare par une ligne de blanc certains passages indiqués sur la copie, enfin il intercale dans le texte les figures à la place qu'elles doivent occuper avec leurs légendes, en se préoccupant toujours à la fois de la clarté et de l'harmonie dans la disposition, deux choses qui ne sont pas toujours facilement conciliables.

Si les figures sont de la même justification que le texte, il se contente d'écarter la composition pour les placer avec un blanc suffisant mais pas exagéré, en dessus et en dessous; si, au contraire, les bois sont de dimensions différentes et irrégulières, il y a lieu de les habiller dans le texte. A cet effet le metteur en pages reprend dans son composteur les lignes destinées à l'habillage et les coupe à des longueurs différentes de façon à épouser le mieux possible les contours du bois. Il y a là une question de goût personnel de l'ouvrier qui établit entre les metteurs en pages une hiérarchie de mérite. Toutefois les metteurs

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

en pages doivent tous posséder à un degré quelconque des qualités qui en font des ouvriers d'un ordre supérieur.

Lorsqu'il y a un nombre suffisant de pages pour faire une feuille, 16 pages pour un in-8 par exemple, le metteur en fait l'imposition. Le mot imposition, formé de *in* et *ponere*, veut dire placement dans, c'est-à-dire placement des pages dans un châssis. Pour imposer une feuille quelconque, il faut deux châssis, l'un qui contient les pages qui doivent être imprimées d'un côté de la feuille et l'autre qui contient les pages qui doivent imprimées de l'autre côté de la feuille. Chaque châssis, lorsque les pages y sont imposées, prend le nom de forme. L'une de ces formes est dite forme du côté de première et l'autre forme du côté de seconde (fig. 17).

Pour la feuille in-8° qui nous occupe et qui est formée de 16 pages, chaque forme contient 8 pages qui doivent être disposées de telle manière que, lorsque la feuille est pliée en huit, les pages se suivent dans l'ordre voulu. Je ne puis entrer ici dans la théorie assez compliquée de l'imposition, je préfère vous l'expliquer d'un mot par la méthode empirique. Plions ensemble une feuille en huit, inscrivons sur chaque page son ordre numérique et déplions ensuite la feuille, nous verrons immédiatement l'ordre dans lequel les pages doivent être placées.

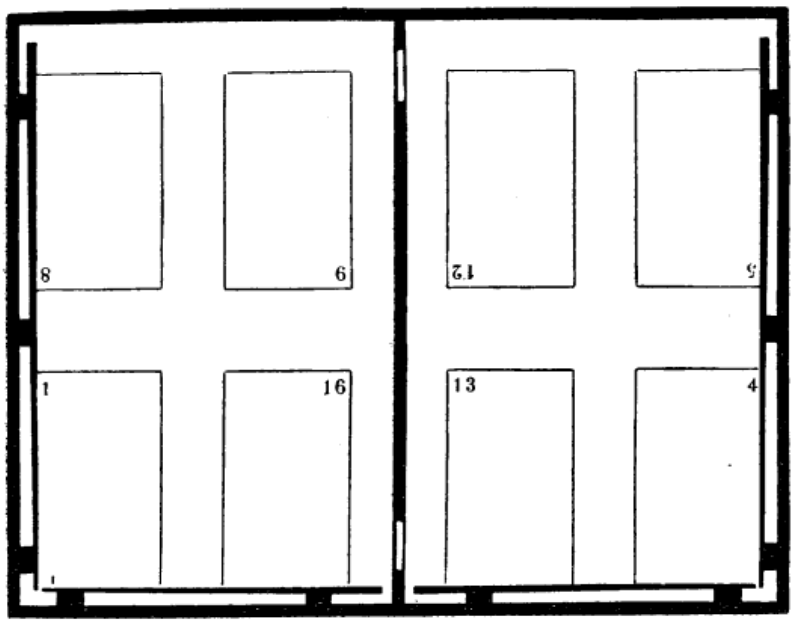
Quant aux blancs qui doivent séparer les pages, ils sont occupés dans la forme par des pièces systématiques appelées garnitures, plus basses que le texte, comme les interlignes et les espaces, puisque ce sont des blancs qui ne doivent pas être imprimés. Ils se divisent en petits blancs et grands blancs : petits blancs, marges intérieures, et grands blancs, marges extérieures (fig. 18).

Ces blancs, théoriquement, doivent être répartis par 2/5 pour les marges intérieures et 3/5 pour les marges extérieures, et de même 2/5 pour les blancs de tête et 3/5 pour les blancs de pied au bas des pages. Cette différence entre les marges a été adoptée pour deux raisons : la première, c'est que si on plaçait la page au milieu du papier, elle paraîtrait plus portée vers la marge extérieure ; la seconde très importante, c'est que lorsque l'on fait relier un livre, le relieur est obligé de rogner pour égaliser le papier et le dorer. Si les marges étaient égales avant cette opération, la marge extérieure serait, après l'opération, plus étroite, ce qui serait de l'effet le plus déplorable, puisque déjà, à marges égales, la marge extérieure paraît plus petite. J'ajoute toutefois que la règle des 2/5 et des 3/5 n'est pas rigoureusement appliquée, pas plus, d'ailleurs, qu'aucune règle en typographie, et c'est ce qui fait et fera toujours de cette industrie une industrie de goût et une industrie vraiment artistique dans bien des cas.

Ce qu'il faut, c'est placer la page de telle manière qu'à l'œil elle paraisse bien, en réservant toujours plus de marge extérieure en vue de la reliure. M. Claye, dans son excellent *Manuel de l'apprenti compositeur*, donne pour atteindre ce but un moyen empirique bien simple. Pliez votre feuille en 8, dit-il

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

IN-OCTAVO. — *Feuille.* — (Côté de 1.)



IN-OCTAVO. — *Feuille.* — (Côté de 2.)

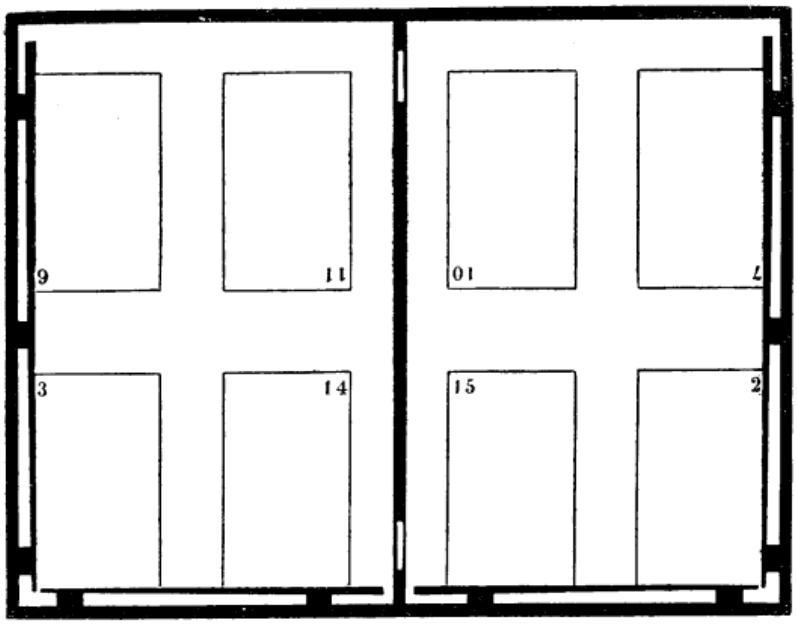


Fig. 17. — Imposition d'une feuille in-8° (16 pages) avec l'indication de la place des pages dans chacun des deux châssis.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à ses élèves, placez votre page de plomb sur le papier en cherchant la place la meilleure; lorsque vous croyez l'avoir trouvée, transpercez avec une pointe tous les doubles du papier aux quatre coins de la page, dépliez ensuite votre feuille et faites votre imposition sur la feuille même de papier, en plaçant chacune de vos pages aux places indiquées par les quatre trous, puis remplissez le reste de garnitures. Le moyen est, certes, bien simple et doit fatalement donner de bons résultats, mais je ne crois pas l'avoir vu employer une seule fois par les ouvriers. Ils préfèrent faire des calculs dans lesquels ils se perdent le plus souvent. Presque jamais une imposition n'est bien faite du premier coup. Le prote est obligé, dans la plupart des cas, de faire des retouches qui occasionnent des retards et des pertes d'argent. Pour les publications périodiques, on leur affecte un matériel de châssis et de garnitures qui est conservé sur des ais, de façon à ne pas avoir à chercher chaque fois la garniture, et à être assuré d'avance qu'elle est bonne.

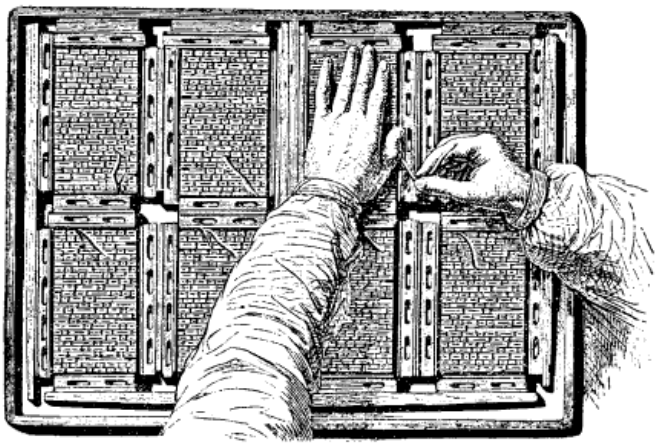


Fig. 18. — Forme avec les pages, les garnitures et les biseaux. Le compositeur est en train de délier les pages avant de faire le serrage.

Lorsque la forme est établie, on met sur quatre des côtés des biseaux en bois que l'on applique contre les garnitures, puis entre ces biseaux et le fer du châssis on place des coins de distance en distance, assez rapprochés les uns des autres, on taque au moyen d'un taquoir en bois doux (du sapin) sur les caractères pour les faire tous bien porter sur la table en fonte, et on procède au serrage en prenant bien soin de frapper successivement sur chacun des coins, l'un après l'autre et petit à petit, à coups égaux, de façon que le serrage se produise uniformément et ne fasse pas lever le caractère.

Alors on fait épreuve des deux formes sur une presse à bras, en retiration, et l'on envoie à l'auteur cette épreuve qui doit être la dernière et rentrer revêtue du « Bon à tirer » avec quelques corrections légères seulement. Étant donné que l'auteur a reçu autant d'épreuves en bande qu'il en a demandées, qu'on n'a mis en pages que sur son ordre, et que cet ordre n'a dû être donné par lui que lorsqu'il a considéré que toutes les corrections importantes étaient faites, on conçoit tout l'intérêt qu'il y a à ne plus indiquer de grosses corrections sur des pages faites. Toute adjonction ou suppression, qui est très simple à opérer dans une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

composition qui est en bande indéfinie, entraînerait au contraire la retouche de toutes les pages qui suivent dans une composition où tout est placé d'une façon définitive. Supposez qu'il y ait des bois habillés dans les pages à retoucher, tous les remaniements nécessités par ces habillages seraient à refaire, et ce travail serait très long et très coûteux.

Admettons que les choses se sont passées normalement, et que l'épreuve en pages envoyée à l'auteur est revenue revêtue de la mention « Bon à tirer » avec quelques corrections légères. Ces corrections exécutées, un correcteur va lire cette épreuve en bon à tirer. La mission de ce correcteur consiste simplement à voir s'il n'a pas échappé à l'auteur quelque faute d'orthographe ou de ponctuation, ou même de style. Mais le correcteur ne doit que signaler ces fautes pour être soumises à l'auteur; il ne doit pas les corriger de sa propre autorité, car le bon à tirer est la seule sauvegarde de l'imprimeur. C'est lui qui couvre sa responsabilité; l'imprimeur ne doit en réalité à l'auteur qu'un tirage conforme à son bon à tirer. En touchant à ce bon à tirer, il engagerait sa responsabilité et s'exposerait, pour le cas où l'auteur n'accepterait pas les corrections nouvelles du correcteur, à être obligé de réimprimer, c'est-à-dire à perdre sa main-d'œuvre de tirage et son papier.

Les instructions les plus formelles sont donc données dans ce sens aux correcteurs, qui n'en tiennent pas toujours assez compte, et relèvent quelquefois, dans une bonne intention, sur des bons à tirer, ce qu'ils considèrent comme des fautes mais qui, souvent, n'en sont pas pour l'auteur. De là des difficultés qu'il serait si facile d'éviter en se conformant à ce principe absolu : le bon à tirer est sacré, un correcteur ne doit y toucher sous aucun prétexte, il n'a le droit que d'y mettre des points d'interrogation qui sont soumis à l'auteur, à moins que le maître imprimeur consulté ne veuille en prendre la responsabilité.

Le bon à tirer a été lu. Toutes les corrections qui y ont été inscrites par l'auteur ont été faites et revisées avec soin. Les blancs ont été vérifiés. Les caractères des titres ont été regardés de près et les lettres douteuses ont été changées. Bref, le bon à tirer a été mis en état autant qu'il a pu l'être sur des épreuves tirées sans mise en train. Les formes sont prêtes à passer à l'atelier des machines pour être tirées.

Une dernière observation avant de nous occuper du tirage. On voit quelle part l'initiative et l'intelligence de l'ouvrier ont dans le travail de composition et de mise en pages. Aussi toutes les machines, plus ingénieuses les unes que les autres, qui ont été inventées pour opérer mécaniquement la composition, ont-elles rencontré jusqu'à présent l'incrédulité sceptique de ceux qui connaissent toutes les difficultés à surmonter.

Nous autres Français, chez lesquels la préoccupation artistique en tout est

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

toujours dominante, nous sommes plus opposés que d'autres peuples à l'introduction de la machine à composer, qui ne se plie pas à toutes nos exigences de variétés de caractères qui jettent tant de clarté. Les Anglais et les Américains emploient déjà sur une large échelle les machines à composer pour leurs journaux. L'italique ne pouvant pas être composé par ces machines, ils l'ont supprimé et remplacé par des caractères ordinaires avec une espace entre chaque lettre, et ils ont éliminé de la composition tout ce que la machine ne pouvait pas faire sans complication. Nous résisterons encore, mais nous finirons par nous rendre aussi.

Il y a deux machines, la Lynotype et la Monoline surtout, qui sont vraiment merveilleuses. Elles composent des lignes avec des matrices, et ces lignes se fondent ensuite d'une seule pièce, automatiquement, de telle sorte que l'ouvrier, en jouant du piano sur un clavier, est à la fois, sans s'en douter, un fondeur et un compositeur émérites. Nous verrons ces machines avant peu employées pour les journaux et les publications non compliquées, cela ne fait pas de doute, mais il y aura toujours un grand nombre de travaux pour lesquels la main humaine ne pourra pas être remplacée, et il se passera encore longtemps avant que l'on puisse dire de tous nos compositeurs que ce sont de simples conducteurs de machines. Une bonne partie restera classée parmi les ouvriers d'art.

TIRAGE

Nous avons vu tout à l'heure que l'opération du tirage consiste à appuyer une feuille de papier sur une forme encrée, tantôt par une pression verticale, tantôt par une pression cylindrique, suivant que le tirage s'opère sur une presse à bras ou sur une machine. Une troisième manière consiste à presser une feuille de papier entre deux cylindres, dont l'un porte la composition clichée et cintrée, et dont l'autre, le cylindre de pression, appuie la feuille de papier contre la composition. Cette impression par deux cylindres à leur point de contact est le principe des machines rotatives, employées à l'origine uniquement pour les journaux et appliquées aujourd'hui à des impressions beaucoup plus soignées, telles que les journaux de mode illustrés. Quel que soit le mode d'impression employé, il est nécessaire, avant de mettre la machine en route, de faire un travail préparatoire de mise en train, dont la longueur et l'importance varient, et qui peut être de dix, quinze et vingt heures, suivant le nombre de gravures contenues dans les formes et le degré de perfection à atteindre. C'est ce qui explique que lorsque des ouvrages compliqués se tirent à petit nombre, le prix en soit très élevé, le travail de mise en train étant le même pour un chiffre quelconque de tirage.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le travail de mise en train consiste, pour le texte pur, à égaliser la pression, c'est-à-dire à supprimer tous les défauts qui peuvent résulter tant de la machine que du caractère et des étoffes qui garnissent les cylindres de la machine. Pour les gravures, la mise en train est plus compliquée, elle a pour but de rendre les effets du dessin en faisant venir très noires certaines parties, moins noires certaines autres, d'autres moins noires encore, pour arriver par gradations jusqu'aux blonds les plus doux.

Certains dessins ont des effets très accusés, d'autres, au contraire, ont une teinte générale blonde et légère. Autant de dessins, autant de manières différentes d'en opérer la mise en train. C'est au moyen de découpages que le conducteur de machine produit ces différents effets, et voici comment il fait ces découpages. Il prend cinq épreuves sur bristol mince de chaque gravure à imprimer et au moyen d'un petit couteau pointu, très bien aiguisé des deux côtés, il enlève les blancs absolus sur les cinq épreuves, les blonds très doux sur quatre épreuves, les tons plus accusés sur trois épreuves, les tons forts sur deux ou sur une épreuve, suivant leur valeur, et les *pleins noirs* sur aucune. Lorsque ces cinq épreuves sont ainsi découpées, il les colle les unes sur les autres, en les repérant bien exactement, et il a alors cinq épaisseurs sur les noirs, quatre sur les tons accusés venant après les noirs, trois sur les tons moins forts, et ainsi de suite, en diminuant jusqu'à rien pour les blancs purs. Les blancs sont représentés dans les découpages par des trous. Ces découpages devront appuyer à chaque tour de cylindre sur le cliché toujours exactement au même endroit. Le moindre déplacement ferait l'effet le plus désastreux. Nous allons voir, en prenant par le menu le travail de mise en train, comment on arrive à ce résultat.

Prenons, si vous le voulez, une mise en train d'une machine à retiration, c'est-à-dire d'une machine à deux cylindres imprimant successivement les deux côtés de la feuille.

Le conducteur reçoit deux formes. Le marbre ou la table de sa machine étant divisé en deux par une cornière, il place une forme d'un côté et l'autre forme de l'autre, et il les arrête au moyen de cales, de biseaux et de coins, après avoir pris soigneusement ses piges ou distances, de façon que les formes étant bien à la même place de chaque côté, les pages tombent dos à dos. Ce premier point s'appelle le registre. Le conducteur vérifie ce registre en passant des feuilles qu'il regarde en transparence, et s'il n'est pas arrivé du premier coup à l'exactitude, il rectifie en faisant mouvoir ses formes jusqu'à ce que les pages soient bien alignées dans le sens des têtes et des côtés.

Lorsque la place des formes est définitivement arrêtée, il baisse les rouleaux pour encrer les formes et fait ce qu'on appelle le tour sans feuille, c'est-à-dire qu'au lieu d'imprimer sur une feuille mobile, comme il le fera après sa mise en train terminée, il imprime sur une feuille blanche qu'il a préalablement collée

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sur chacun des cylindres. L'impression de cette feuille lui indique quel est l'endroit du cylindre qui appuie sur telle ou telle partie de ses formes, elle lui sert en un mot de repérage, et c'est sur cette feuille fixe qu'il va découper les parties qui viennent trop fort et coller des petites bandes de papier sur les parties faibles. Il recommencera ce travail de nivellement deux, trois, ou quatre fois, suivant le degré de perfection exigé, suivant aussi l'état de la machine et l'état du caractère.

On voit par là que ce n'est pas une économie pour l'imprimeur de mal entretenir ses machines et de ne pas renouveler son caractère lorsqu'il est dénivelé. L'économie qu'il fait d'un côté est reperdue par l'augmentation du temps de mise en train. Il est vrai d'ajouter que les imprimeurs qui n'entretiennent pas leurs machines et ne renouvellent pas leurs caractères poussent, le plus souvent, leur théorie jusqu'au bout et ne laissent faire à leurs conducteurs que des mises en train succinctes. Mais alors quels résultats obtiennent-ils?

Lorsque la pression est bien égalisée, le conducteur s'occupe alors de régler ses encriers. Il fait ce réglage en rapprochant ou en éloignant du cylindre contre lequel il frotte plus ou moins fort, le couteau de l'encrier, au moyen de vis de pression ou de rappel, de façon à laisser passer plus ou moins d'encre. Lorsqu'il considère le réglage comme bon, il passe une feuille et regarde s'il y a des parties trop grises ou des parties trop noires, et il fait mouvoir ses vis d'encrier dans un sens ou dans l'autre jusqu'à ce que l'encrage soit complètement régularisé. Alors il met sa machine en route définitivement et doit, pendant le tirage, regarder très fréquemment des feuilles pour voir s'il ne se produit pas quelque accident, soit par un défaut de serrage des formes qui laisserait monter des interlignes ou des espaces qui marqueraient, soit par un dérangement quelconque d'un cordon ou d'une vis d'encrier, ou toute autre cause. La sollicitude et l'attention d'un bon conducteur doivent être constamment en éveil pendant la marche de sa machine qui est un outil, il ne faut pas l'oublier, des plus délicats. Il doit veiller aussi à son équipe et exiger que le margeur présente toujours exactement sa feuille comme il faut, en l'approchant bien contre les taquets placés en équerre sur la table de marge qui ont dû être réglés au commencement de la mise en train,

Le papier blanc est apporté à la machine par rames de 500 feuilles, mais comme ces rames peuvent être incomplètes d'une part et que la machine gâte toujours quelques feuilles au cours du tirage, le papier imprimé est compté au fur et à mesure du tirage, et le conducteur ne doit relever ses formes que lorsque le nombre des feuilles à fournir a été bien vérifié.

Au point de vue de la bonne exécution et de la rapidité du travail, il est intéressant pour l'imprimeur d'accumuler, toutes les fois qu'il le peut, le plus grand nombre de feuilles en bon à tirer du même ouvrage pour en opérer le tirage à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la suite et sur la même machine. Le réglage de bien des détails de la machine fait pour la première feuille sert en partie pour les feuilles suivantes.

Un imprimeur doit toujours autant que possible utiliser la surface de ses machines. Aussi lorsqu'il a à tirer à un grand nombre une feuille de 16 pages par exemple, il doit faire clicher ces 16 pages deux quatre ou huit fois, suivant le format de l'ouvrage et le format de la machine, pour que chaque feuille lui fournisse le plus grand nombre d'exemplaires d'un coup.

Le clichage dont je ne vous ai pas parlé se fait en plomb ou en cuivre, par des procédés que je ne puis vous expliqner aujourd'hui. Je veux simplement appeler votre attention sur ce fait qu'après avoir trouvé les caractères mobiles qui constituent, en somme, l'invention de l'imprimerie, on les resolidifie et on en refait, pour les besoins du tirage, des planches d'une seule pièce, comme étaient les planches xylographiques qui ont précédé l'invention de l'imprimerie.

Je ne voudrais pas terminer sans dire deux mots du tirage en couleurs. Ces tirages se font sur des machines à un cylindre sur lesquelles on vient, en les repérant avec des picots qui entrent dans des trous faits dans le papier, passer les mêmes feuilles autant de fois qu'il y a de couleurs à tirer. On réduit le nombre des tirages au moyen de superpositions de deux couleurs qui en produisent une troisième. On a même trouvé récemment le moyen de rendre tous les tons avec trois couleurs combinées.

Les procédés de reproduction mécanique aident beaucoup au développement de ces tirages en couleurs. Le public devient à ce point de vue, de jour en jour, plus exigeant, et mécaniciens et imprimeurs devront s'ingénier à faire des tirages en couleurs par des procédés de plus en plus rapides et à bon marché.

La couleur est en train de s'introduire partout et cela se conçoit, car elle anime tout. Déjà des périodiques à grand nombre se font en couleur. Je citerai comme le plus étonnant le *Supplément* du *Petit Journal*. Des machines nouvelles sont brevetées ou en construction. Dieu sait où nous irons dans cette voie! Le champ est illimité. Il y aurait une ou plusieurs conférences à faire sur ce sujet.

Mon rôle aujourd'hui est limité, j'ai déjà abusé de votre bienveillante attention et je dois terminer en vous indiquant comment on broche le livre imprimé.

Lorsque toutes les feuilles d'un livre sont tirées, on les étend sur des cordes pour les faire sécher, on les satine en les pressant entre des cartons pour aplanir le foulage qu'y laisse toujours l'impression.

On étale alors les feuilles par paquets sur de grandes tables dans leur ordre numérique, et un ouvrier prend une feuille sur chaque paquet; lorsqu'il arrive au dernier paquet il a entre les mains un exemplaire complet. Cette opération s'appelle l'assemblage.

Des ouvrières s'emparent alors de ces exemplaires assemblés et les plient,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

puis d'autres ouvrières cousent les feuilles entre elles, et enfin un ouvrier, pour terminer le volume, encolle le dos, et applique la couverture.

Il existe des machines fort ingénieuses pour sécher, satiner, plier et coudre au fil de lin ou au fil métallique. Ces machines sont toutes de provenance étrangère.

Bon nombre de brocheurs les ont déjà introduites dans leurs ateliers, et le temps n'est pas éloigné où le travail de brochage ne se fera plus que mécaniquement.

J'ai terminé, Mesdames et Messieurs, et je ne veux pas me séparer de vous sans m'excuser, auprès des dames surtout, de l'insuffisance dont j'ai pu faire preuve dans les explications de choses qui sont quelquefois un peu arides et que je n'ai peut-être pas rendues suffisamment attrayantes.

Je remercie tout mon auditoire de la bienveillante attention qu'il a bien voulu me prêter.

Les gravures 9 à 18 sont extraites du *Guide pratique du compositeur et de l'imprimeur typographe*, par THÉOTISTE LEFÈVRE.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS MÉCANIQUES

L'OUTILLAGE AMÉRICAIN POUR LA FABRICATION DU VÉLOCIPÈDE,

PAR **M. F. Mandon**, INGÉNIEUR (1),

Monsieur le Président,

Messieurs,

Je suis très heureux que la Société d'Encouragement me donne l'occasion de venir vous entretenir quelques instants d'outillage mécanique, de cette machine-outil qui continue partout, et particulièrement aux États-Unis, à faire d'immenses progrès.

En ce qui concerne les fabrications mécaniques, et la production du vélocipède en est une par excellence, nous avons eu en France une preuve des services extraordinaires que peut rendre l'outillage mécanique, dans la fabrication des armes de guerre, importée d'Amérique et organisée, comme vous le savez, par M. Kreutzberger qui, avec beaucoup de prévoyance, ne cesse de recommander en France, depuis un demi-siècle, l'adoption des méthodes américaines de fabrication. Pour des raisons multiples, qu'il serait difficile de résumer, l'exemple des Américains et de nos manufactures nationales d'armes n'a été que bien rarement suivi, jusqu'à l'heure du vélocipède.

Si la fabrication des armes fit éclore en Amérique un nombre important de machines-outils nouvelles, celle du vélocipède n'y sera pas moins marquée, par suite surtout du concours et de l'impulsion donnés par des maisons de premier ordre, comme celles de la Brown et Sharpe Mfg. C° et de la Pratt et Whitney C°, car cette fabrication a fait naître, comme nous allons le voir, des procédés absolument nouveaux de travail.

FABRICATION DES MOYEUX. — Parmi les organes les plus importants d'un vélocipède, figurent les deux moyeux des roues, consistant chacun, comme on le sait, en un axe fixe portant, de chaque côté, les cônes de roulement, et sur lequel tourne le corps muni, à chacune de ses extrémités, d'une cuvette de roulement.

La fabrication de ces corps de moyeux a attiré dès le début l'attention des constructeurs. Instinctivement, suivant les principes connus, on fabriqua

(1) Communication faite en séance le 12 février 1897.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'abord ces corps dans des pièces forgées, auxquelles on faisait subir de nombreuses opérations; mais l'esprit de recherche américain découvrit bientôt que ces corps pouvaient être produits plus économiquement en les décolletant à même dans des barres d'acier.

Les machines qui suivent forment la récente série étudiée par la Pratt et Whitney C° pour la fabrication des corps de moyeux par ce dernier procédé, et

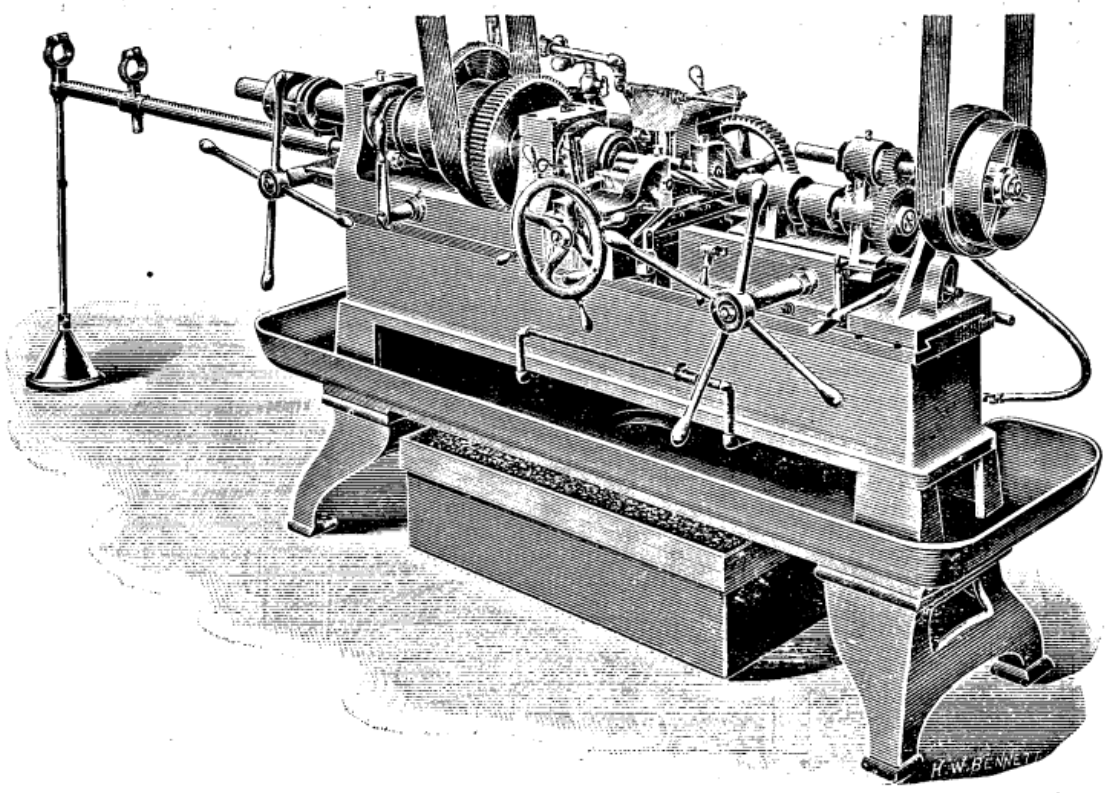


Fig. 1. — Tour à moyeux *Pratt Whitney* (première opération).

qui figuraient à la dernière exposition du Cycle au Palais de l'Industrie, 1896.

La figure 1 représente la machine dite de première opération.

Elle consiste en un robuste tour, pourvu d'une forte poupée avec harnais d'engrenages à friction permettant de changer de vitesse instantanément et sans arrêter la machine. Le serrage de la barre se fait de même sans arrêter à l'aide de la roue à leviers de gauche.

Le décolletage s'effectue à l'aide de deux outils ayant le profil du moyeu, montés face à face, et s'avançant automatiquement vers le centre de la barre avec une vitesse uniforme. Un buttoir à ressorts combinés (fig. 2) empêche toute vibration de se produire sur la pièce pendant le travail, et un débrayage réglable et automatique arrête l'avancement de ces outils lorsque le moyeu est arrivé au

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

diamètre désiré. Ces outils, circulaires et d'une fabrication facile, sont tels qu'ils peuvent être affûtés jusqu'à usure complète, tout en conservant rigoureusement leur profil.

Un des plus précieux perfectionnements de la machine ci-dessus est son dispositif à percer, permettant de procéder au forage de la pièce en même temps que s'opère le formage. Pour arriver à ce résultat dans les meilleures conditions, il était nécessaire de faire tourner le foret en sens inverse de la barre, afin de donner à celui-ci la vitesse circonférentielle de coupe convenable. De plus, pour

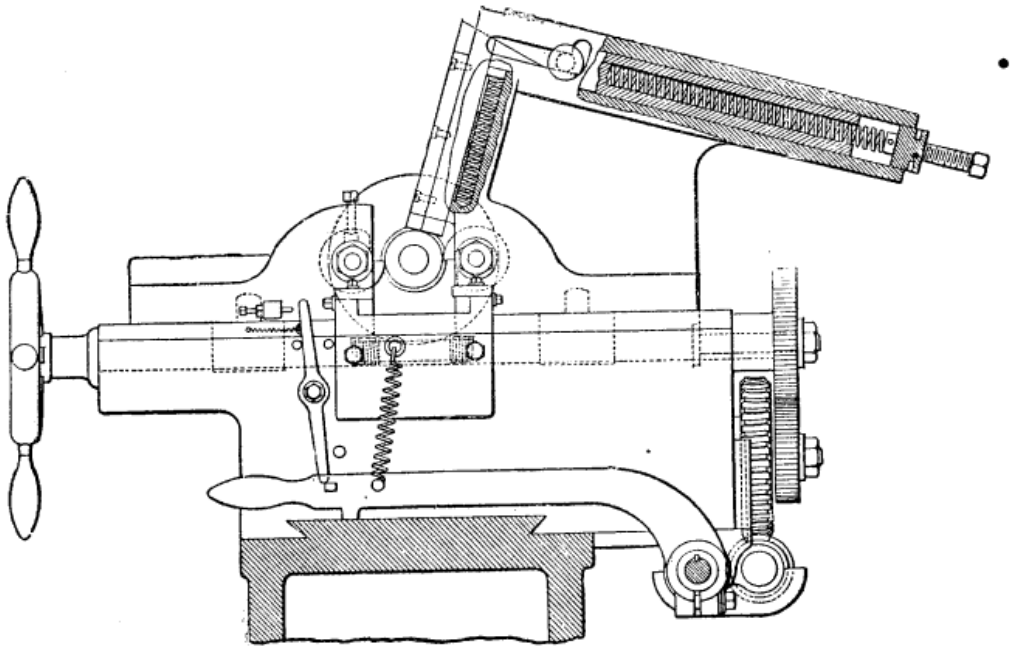


Fig. 2. — Butoir antivibrateur du tour fig. 1.

faciliter son travail, les ingénieurs de la Pratt Whitney C° ont imaginé de creuser dans le foret deux nouvelles rainures, mais plus étroites, pour loger deux tubes d'amenée d'huile, qui, envoyée sous pression par la pompe de la machine, au moyen d'une conduite flexible, et au travers de la broche, vient lubrifier le foret aux lèvres mêmes, et chasser les copeaux au fur et à mesure qu'ils se forment par les rainures habituelles du foret. Un mécanisme réglable et automatique débraye l'avance de ce dernier, lorsque le forage a atteint la longueur totale du moyeu (1).

Une lame à saigner vient, lorsque le formage et le perçage sont terminés,

(1) *Bulletin* de décembre 1896, p. 1689.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

détacher le moyeu de la barre, et, celle-ci étant amenée de nouveau de la longueur du moyeu, les mouvements sont réembrayés pour faire une nouvelle pièce.

La figure 3 représente la forme sous laquelle le corps de moyeu tombe de la machine ci-dessus. L'opération dure de six à sept minutes pour un moyeu d'arrière, et de cinq à six minutes pour un moyeu d'avant.

La figure 4 montre la forme du corps de moyeu fini, et les opérations complémentaires, c'est-à-dire l'alésage de l'emplacement des cuvettes, le dressage des extrémités, et, lorsqu'il s'agit de moyeux d'arrière, le filetage à droite et le filetage à gauche.

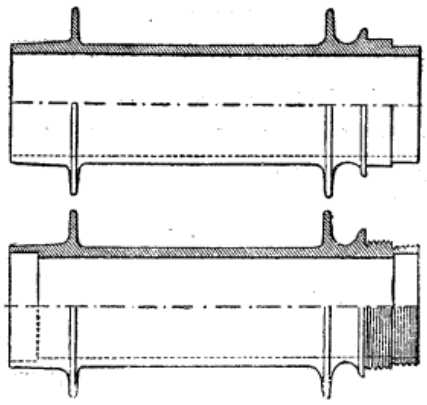


Fig. 3 et 4. — Moyeux ébauché par le tour fig. 1 et fini par le tour fig. 5.

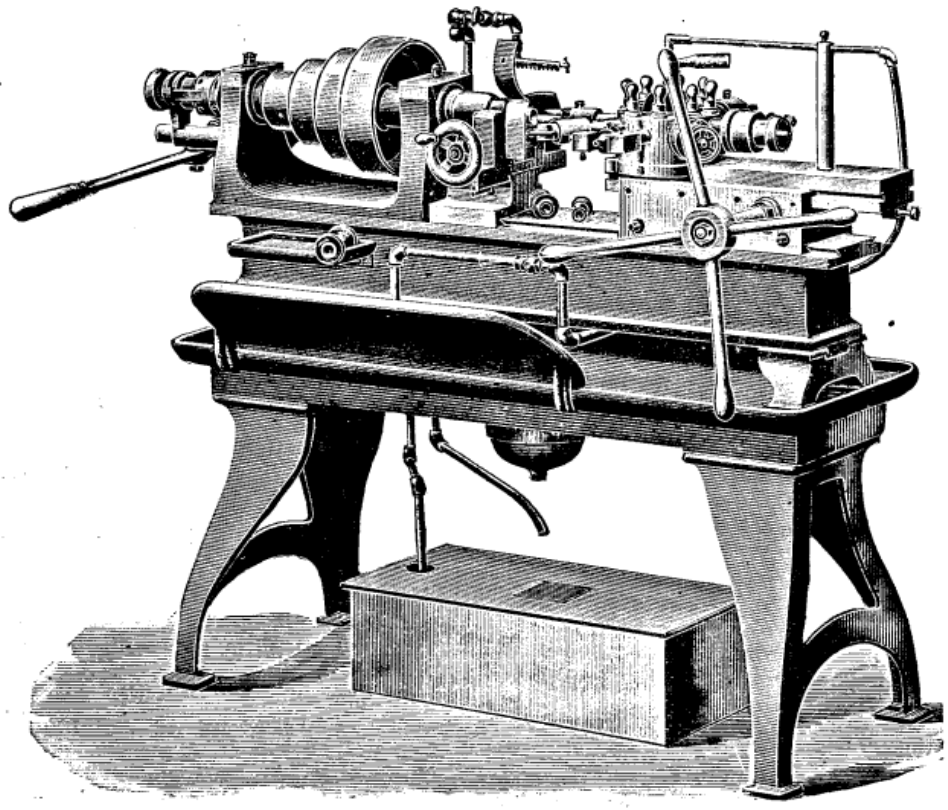


Fig. 5. — Tour *Pratt Whitney* à finir les moyeux.

Ces diverses opérations s'effectuent sur le tour figure 5, à l'aide d'outils appropriés montés sur le revolver.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le serrage de la pièce se fait par l'intérieur de la broche, au moyen du simple mouvement du levier de gauche.

Un dispositif simple et analogue à celui décrit pour la machine précédente permet de lubrifier les outils par l'intérieur du revolver et des porte-outils.

La forte avance que l'on donne aux outils à former dans la machine de la première opération, afin d'arriver à la plus grande production possible, ne laisse évidemment pas une surface bien lisse. Pour obvier à cela, et aussi pour faci-

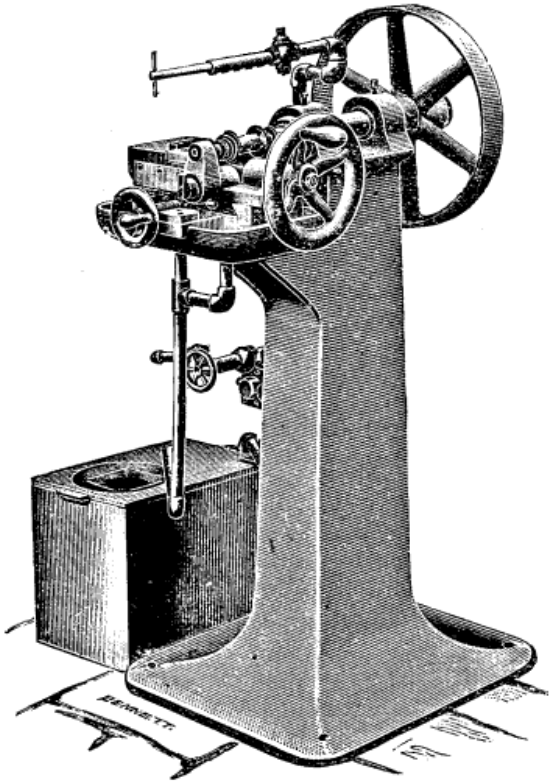


Fig. 6. — Machine *Pratt Whitney* à polir les moyeux.

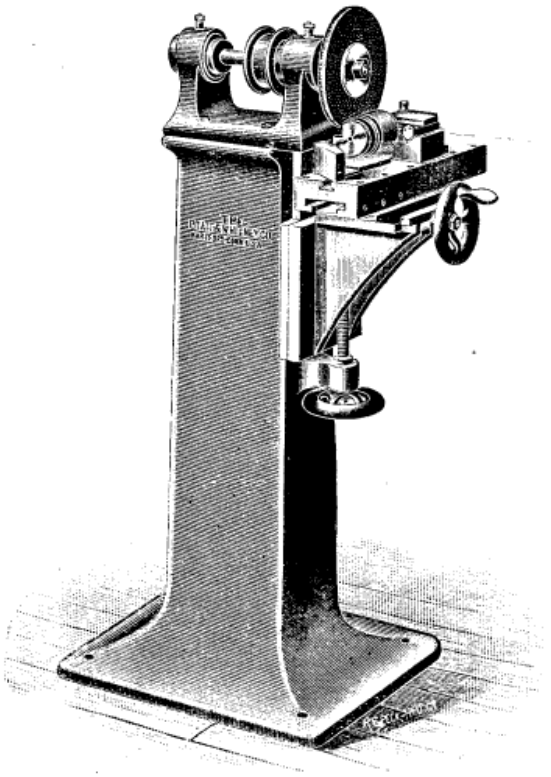


Fig. 7. — Affûteuse pour outils circulaires.

liter le polissage des pièces avant le nickelage, on reprend les corps de moyeux sur la petite machine de la figure 6, dans laquelle une lame au profil du moyeu vient lécher la pièce et enlever les stries qu'elle porte pendant qu'elle tourne.

La machine de la figure 7 sert à affûter les outils de forme des machines à moyeux qui précèdent.

La gravure (fig. 8), représente la machine à percer les trous de rayons dans les moyeux. Elle consiste en une série de huit à dix forets à positions réglables, qui reçoivent leur mouvement d'une commande principale par l'intermédiaire de petits pignons et de joints universels. La table est mue par l'ouvrier d'un mouvement ascensionnel au moyen d'un levier, et porte un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

appareil oscillant dans lequel se monte le corps du moyeu. Dans un premier mouvement de la table, la moitié des trous dans une joue sont percés, et, dans un deuxième, après avoir imprimé un léger mouvement d'oscillation limité par

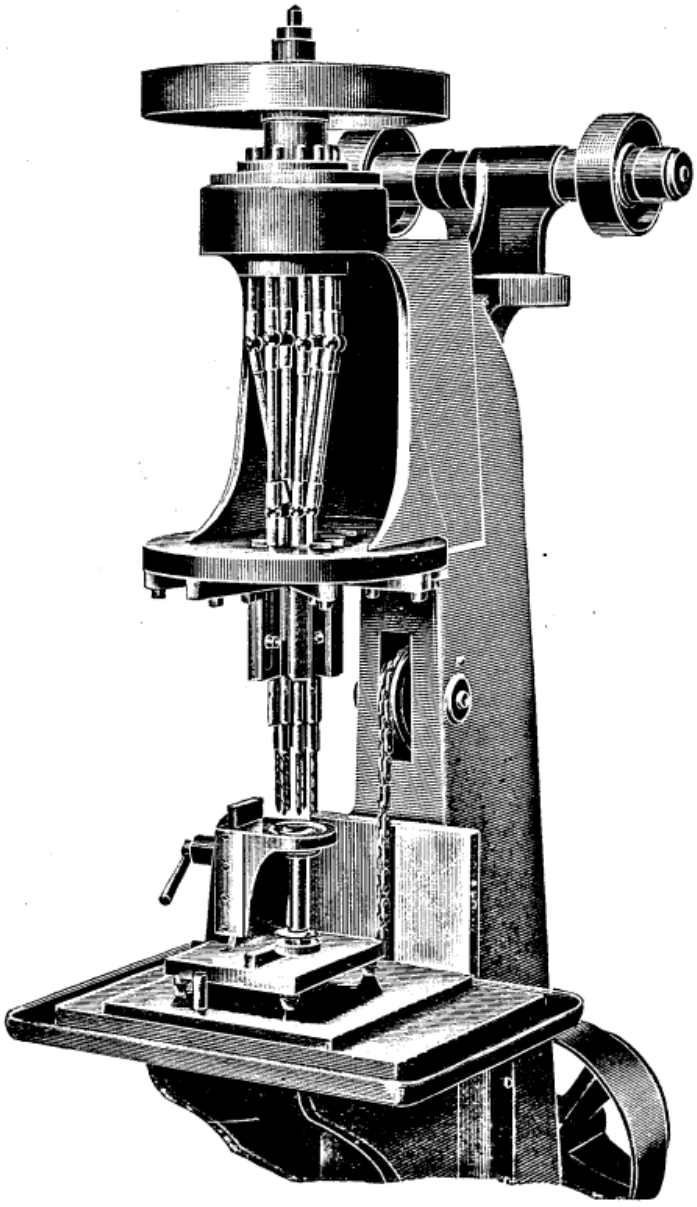


Fig. 8. — Perceuse multiple pour trous des joues des moyeux.

un buttoir, à l'appareil, les trous restant sont percés. Le corps est ensuite retourné sens dessus dessous, et les trous de l'autre joue sont percés.

Le fonctionnement de cette petite machine est très rapide, et un gamin habitué à son maniement arrive à percer tous les trous d'un corps en trente secondes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les cônes et les cuvettes de moyeux se font sur des machines à décolleter ordinaires, ou avec avance et serrage automatiques de la barre, analogues à celle de la figure 5, lorsqu'il s'agit de petites quantités; mais lorsque la production de

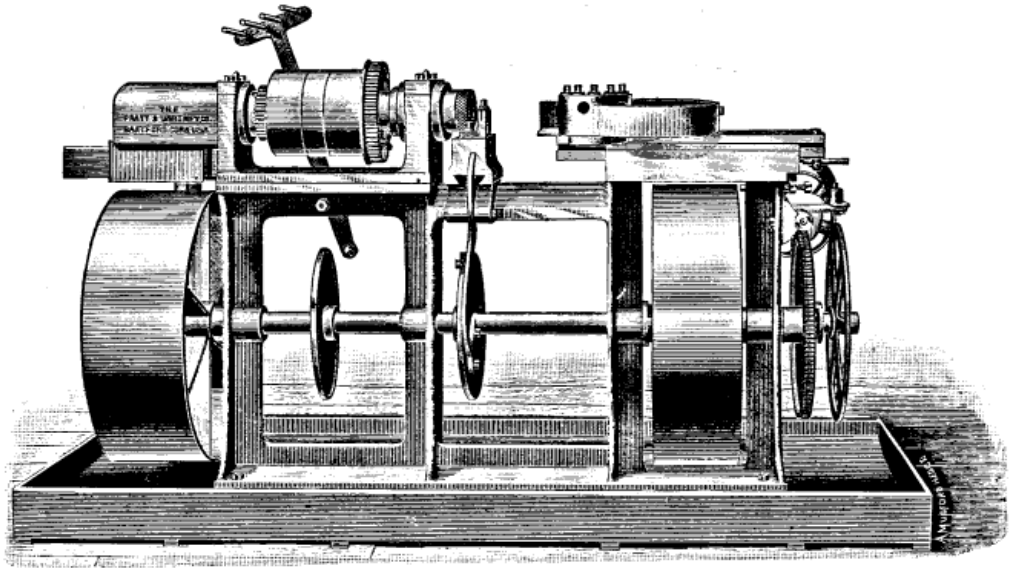


Fig. 9. — Décolleteuse automatique *Hartford*.

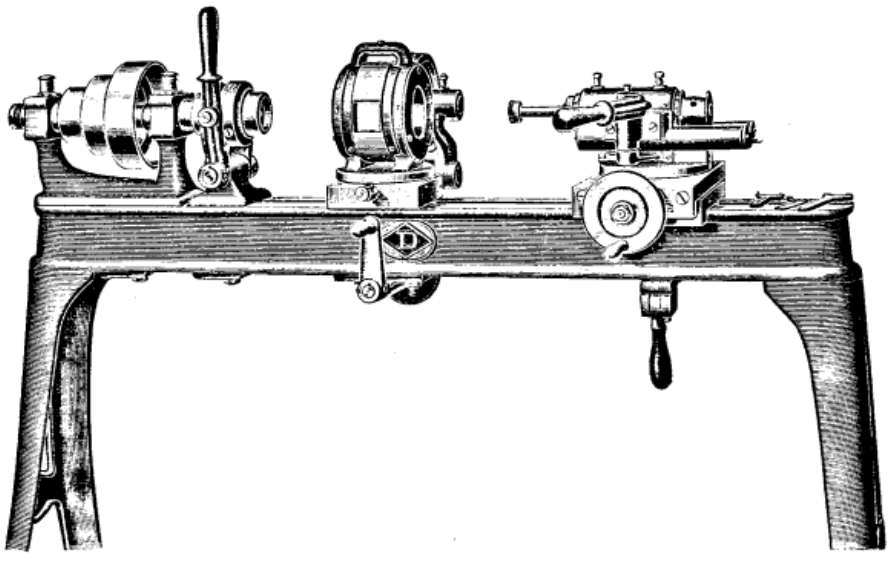


Fig. 10. — Machine à rectifier les cuvettes de moyeux de la *Diamond Machine C°*.

moyeux atteint quarante à cinquante paires par jour, il est de beaucoup plus économique d'employer les machines automatiques.

La figure 9 représente la machine à décolleter automatique Hartford, grand

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

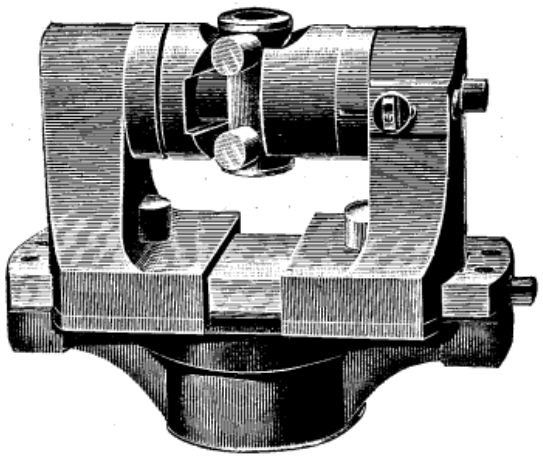


Fig. 11. — Mandrin universel à rotule *Tucker*.

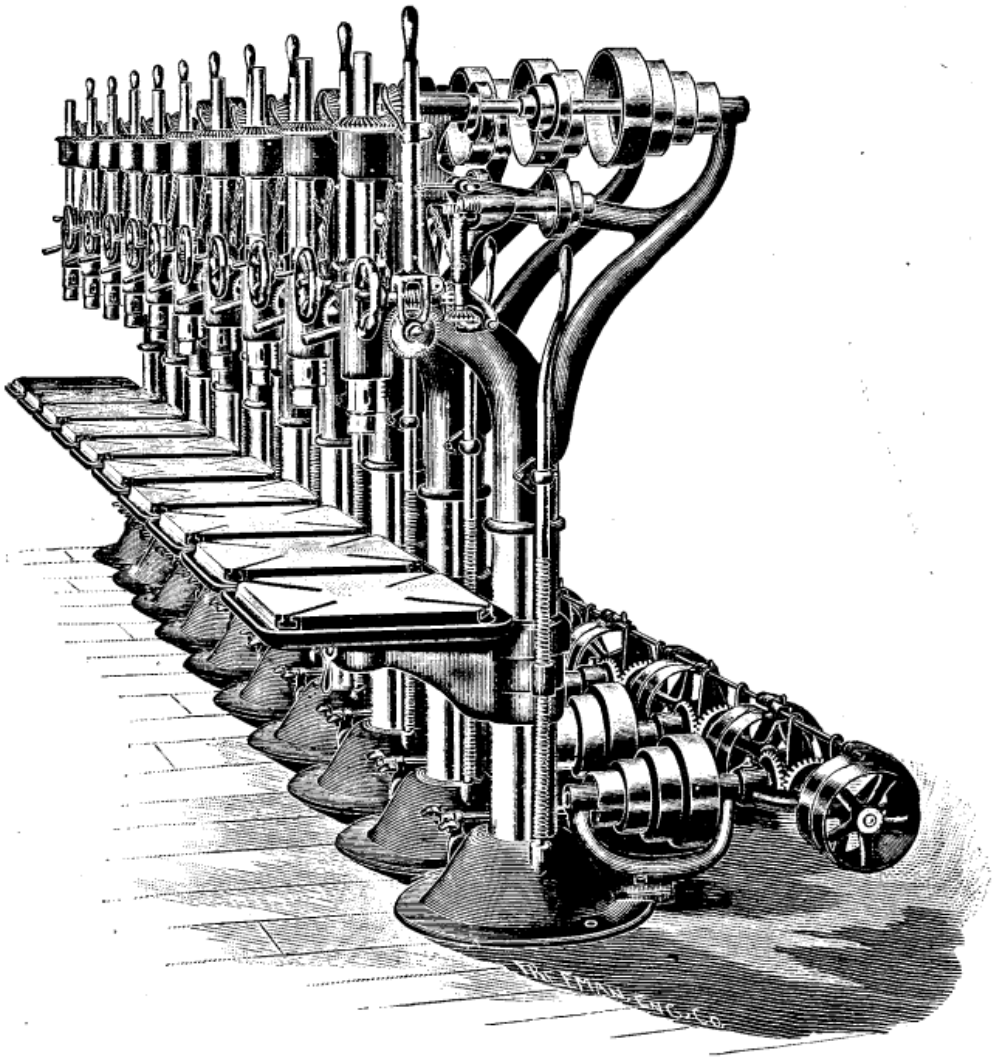


Fig. 12. — Perceuses accouplées en séries de *Barnes*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

modèle, construite par la maison Pratt Whitney, qui a l'immense avantage d'être d'une grande simplicité. Tous ses mouvements sont automatiques, et la seule occupation de l'opérateur est d'alimenter de barre chaque fois que la précédente a été absorbée. Un gamin ou une femme, avec un chef ouvrier par équipe, chargé du réglage des machines et de l'affûtage des outils, peuvent conduire jusqu'à six et huit de ces machines.

Les cuvettes, trempées après avoir été forcées en place dans les moyeux, demandent à être rectifiées. La figure 10 représente la machine étudiée par la

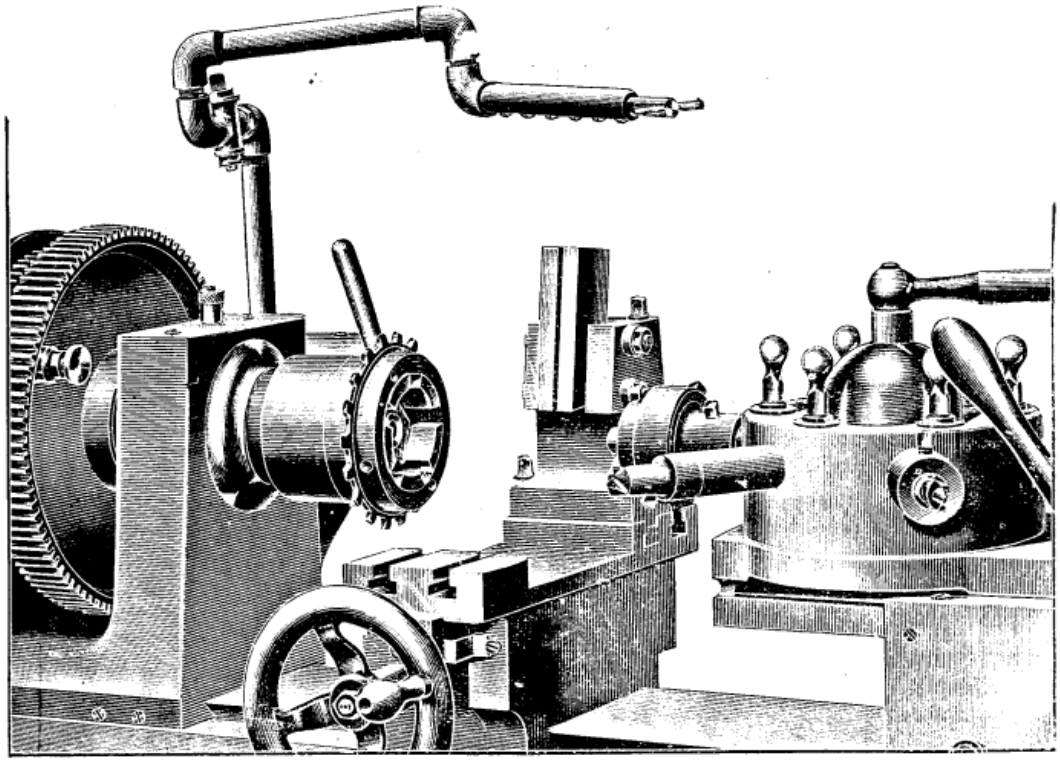


Fig. 13. — Façonnage d'une roue de chaine sur un tour à revolver.

Diamond-Machine Cº de Providence R. I. pour cette opération. Elle est disposée, en outre, pour rectifier les cuvettes non montées comme celles du mouvement pédalier.

Les axes de moyeux sont décolletés sur des machines à revolver ordinaires sur lesquelles ils sont aussi filetés. Quand ils sont pris dans des bouts d'acier étirés, ils sont filetés sur des machines analogues à celles à tarauder.

Fabrication du mouvement pédalier. — La boîte du mouvement pédalier est aussi une des pièces délicates du vélocipède. Les procédés de fabrication varient suivant que ces boîtes sont prises dans des pièces pleines en acier forgé, dans

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des pièces creuses en fonte douce d'acier, ou dans des tôles embouties et soudées.

Dans le premier cas, qui est le plus ancien, ces boîtes doivent être forées préalablement sur des machines puissantes, puis finies et taraudées sur un tour à revolver, à l'instar de la deuxième opération sur les moyeux. Ces boîtes sont

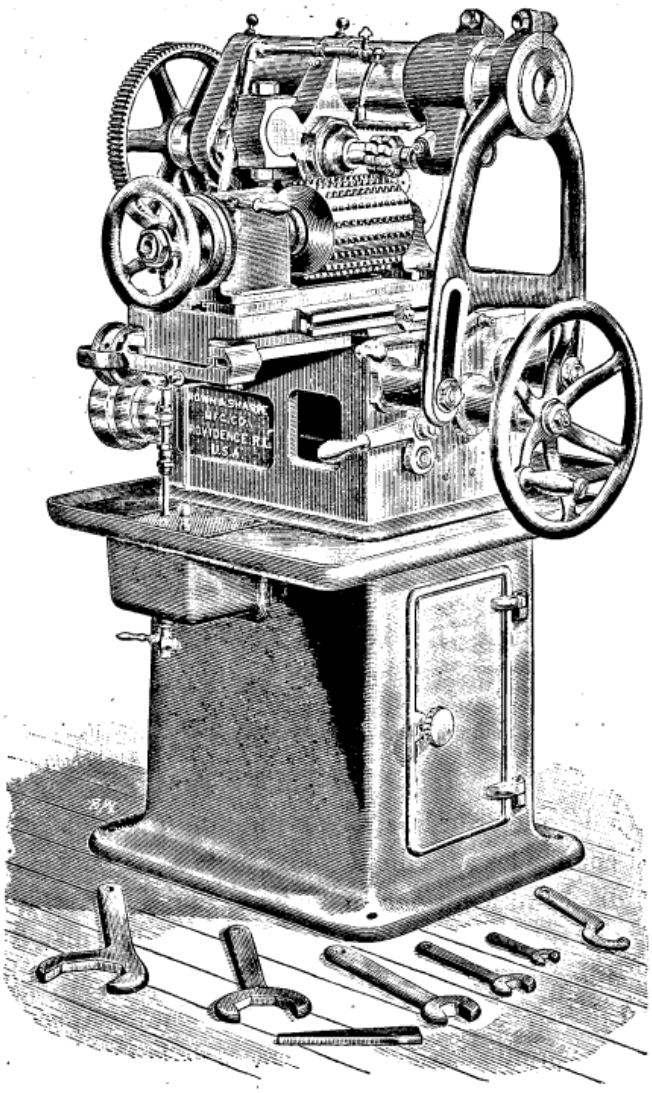


Fig. 14. — Taille des roues à chaînes sur fraiseuse *Brown et Sharpe*.

alors serrées dans un mandrin universel à rotule, système *Tucker*, figure 11, monté sur le nez de la machine.

Les tubulures sont percées et tournées soit sur tour à revolver, soit sur des machines à percer accouplées en séries comme celles de la V. F. et *John Barnes* C° de la gravure ci-contre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans le deuxième et le troisième cas, les opérations sont, à peu de choses près, les mêmes que dans le premier, à l'exception du forage des corps et des tubulures qui se trouve supprimé.

Les boîtes de pédalier en tôles embouties, de date récente, ont bien des chances de triompher sur leurs concurrentes, depuis surtout que la soudure électrique que l'on vient de leur appliquer ne laisse plus aucune prise à la critique, qui voyait des chances de rupture dans le joint brasé qu'on avait d'abord employé.

Les cuvettes du mouvement pédalier sont produites, comme celles des moyeux,

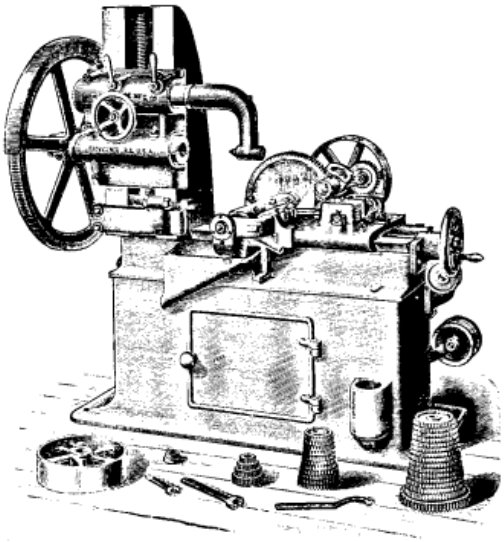


Fig. 15. — Fraiseuse automatique.

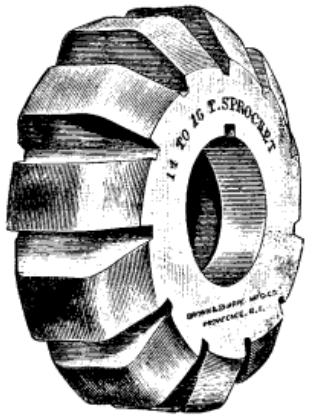


Fig. 16. — Fraise à profil indéformable *Brown et Sharpe*.

sur des machines à décolleter ordinaires ou automatiques, et l'axe de ce même mouvement aussi comme les axes de moyeux, mais sur des machines plus fortes et pourvues d'un dispositif à former analogue à celui de la machine figure 1.

Les manivelles affectent généralement deux formes : celles à section ronde sont tournées à l'aide des procédés ordinaires, et celles à section rectangulaire sont moulées ou fraisées, dans ce dernier cas, à l'aide de séries de fraises accouplées reproduisant les profils des différentes faces de la manivelle.

La roue dentée pour chaîne du mouvement pédalier varie comme forme, la plupart du temps, avec chaque fabrique de vélocipèdes. Le modèle courant à bras radiaux est généralement tourné en trois opérations; la figure 13 montre l'une d'elles sur un tour à revolver muni d'outils appropriés pour la percer, l'aléser et la profiler.

Le taillage de ces roues est une des opérations importantes de la fabrication vélocipédique, et se fait généralement sur des machines à fraiser ordinaires,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

munies de poupées à diviseur (fig. 14), et quelquefois sur des machines à tailler automatiques comme celle de la figure 15.

La fraise employée dans le taillage de ces roues, comme dans toutes celles à engrenages, joue un grand rôle au point de vue de la précision de l'engrènement, aussi dois-je vous signaler qu'elle est du type à profil indéformable, une spécialité de la maison Brown et Sharpe.

La figure 16 représente une de ces fraises, et on remarquera qu'en affûtant les dents sur le devant, opération très simple, on conserve rigoureusement le profil qui lui a été donné.

Lorsque la force de la machine le permet, on emploie, comme dans le cas de la figure 14, deux de ces fraises accouplées, taillant ainsi deux dents à la fois.

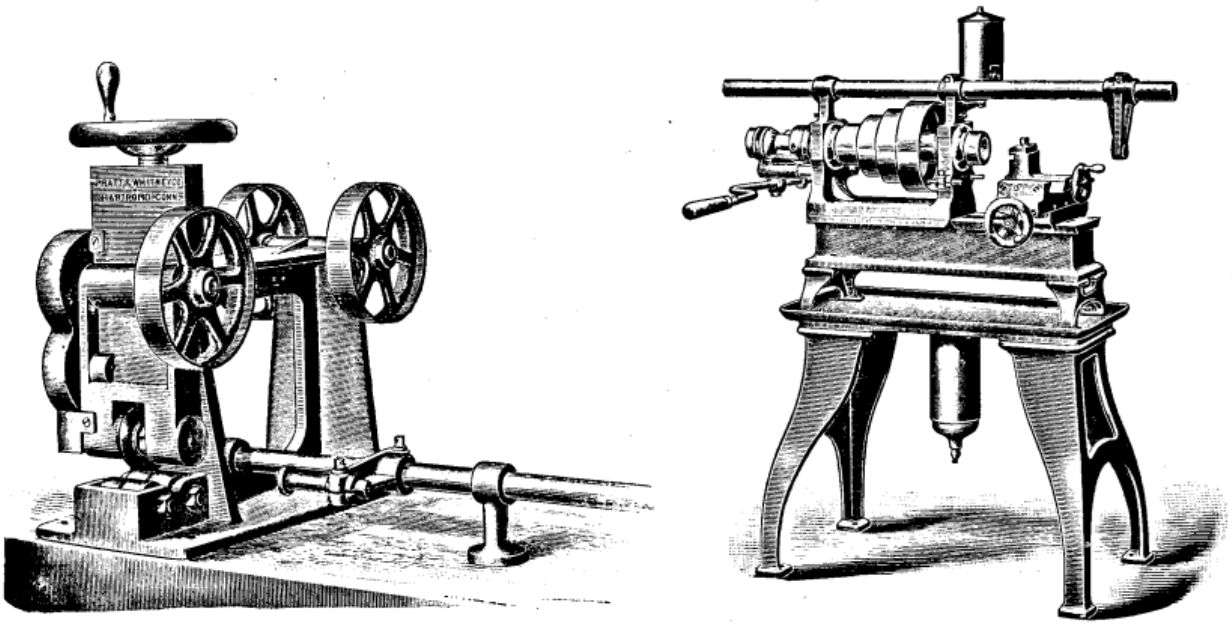


Fig. 17 et 18. — Machines à couper les tubes des cadres.

Fabrication du cadre. — Les raccords sont fabriqués dans les trois mêmes procédés et avec les mêmes moyens que la boîte du mouvement de pédalier dont il est parlé plus haut.

Les cônes et cuvettes de direction sont décolletés de la même façon et sur les mêmes machines que les cônes et cuvettes de moyeux.

Les tubes sont coupés de longueur sur l'une ou l'autre des deux machines ci-contre (fig. 17 et 18).

Dans la première, le tube repose sur deux galets, et une molette à angle vif est amenée progressivement en contact avec lui. Cette molette étant animée d'un mouvement de rotation, dès que le contact a lieu, le tube est entraîné dans

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

un mouvement inverse, de telle sorte que le déplacement progressif de la molette se traduit instantanément par une entaille correspondante sur toute la périphérie du tube qui, généralement très mince, se trouve coupé avec une grande rapidité. Ce procédé a pour inconvénient de repousser une bavure assez sensible à l'intérieur du tube, de telle sorte que cette machine ne peut s'appliquer aux tubes de direction, que l'on serait alors obligé de reprendre sur un tour.

C'est à ces derniers tubes que s'adresse surtout la machine de la figure 17,

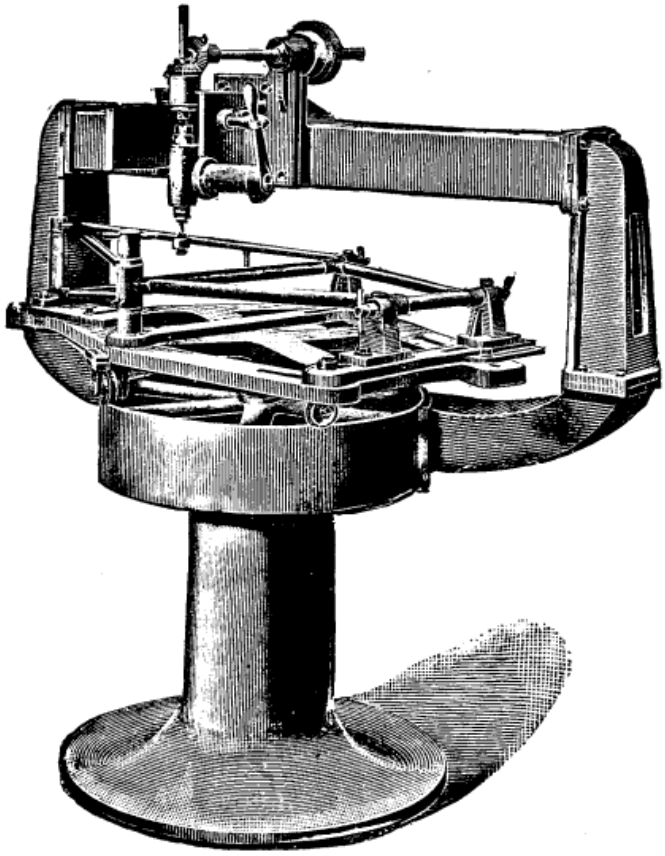


Fig. 19. — Machine à assembler et goupiller les cadres.

qui emploie un outil à saigner ordinaire. La gravure montre clairement tout l'agencement et le fonctionnement de cette machine. Le serrage du tube se fait en marche, par le simple mouvement du levier à gauche.

L'assemblage du cadre aux angles donnés, condition essentielle, et son goupillage avant le brasage, s'effectuent sur la machine de la figure 19.

Elle se compose d'une table tournant sur galets et sur laquelle est fixé le cadre, au moyen de supports à broches, réglables suivant les angles et les dimensions de ce dernier.

Au-dessus de la table, et sur un bras transversal, se déplace, à la main, l'appa-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

reil à percer, de telle sorte que, par la combinaison du mouvement de la table et de cet appareil, tous les trous du cadre peuvent être percés.

Avant de démonter le cadre, des goupilles sont forcées dans chaque trou, de

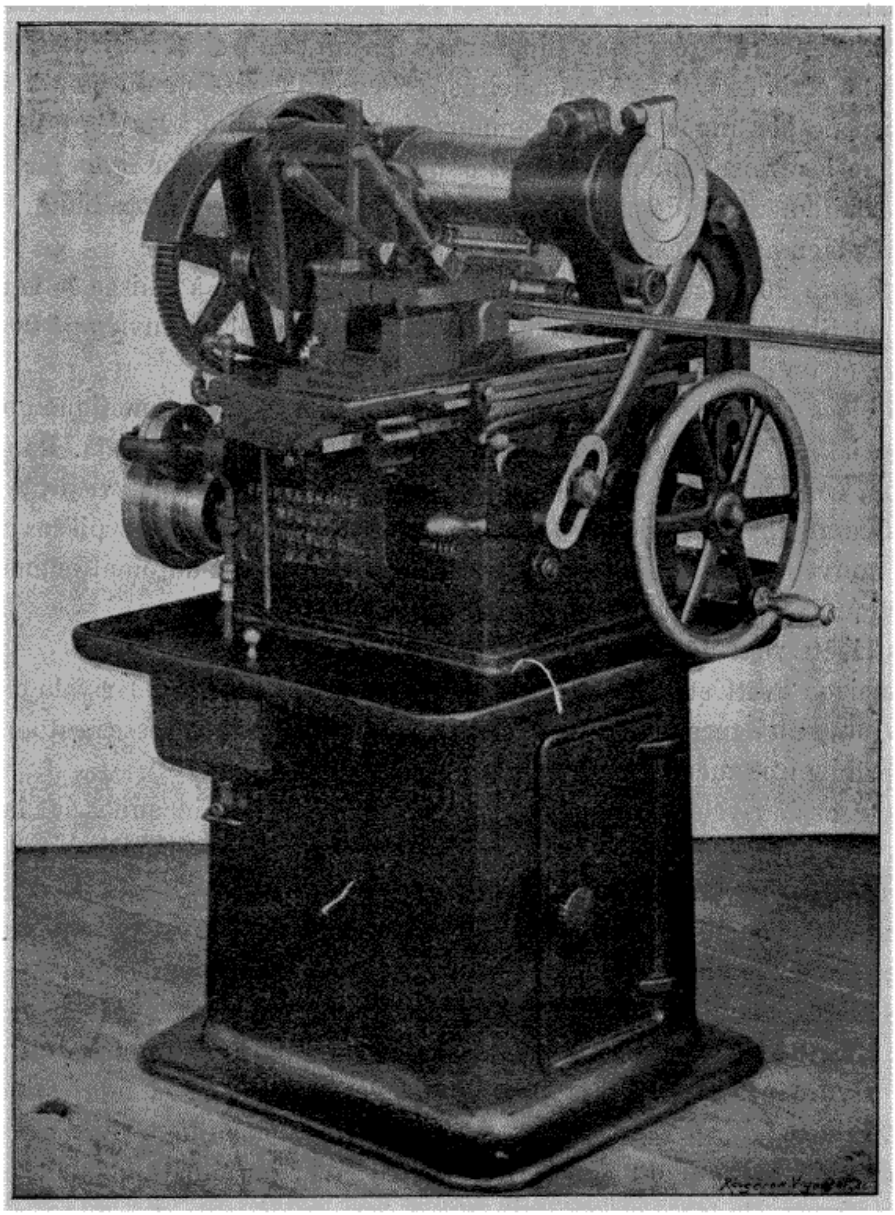


Fig. 20. — Fraiseuse Brown et Sharpe découpant des maillons de chaine dans une barre de forme.

telle sorte que celui-ci peut subir toutes les manipulations du brasage sans crainte d'être déformé.

L'opération du brasage, quoique variant sensiblement avec chaque fabrique, se fait, le plus souvent, à l'aide de chalumeaux à gaz, sur des tables garnies de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

briques réfractaires. On emploie aussi quelquefois des chalumeaux à gazoline portatifs.

Fabrication de la chaine a blocs. — Les blocs sont sciés dans des barres de forme, étirées et calibrées avec soin, sur des machines à fraiser horizontales pourvues d'une série de fraises à trancher espacées de l'épaisseur du bloc à scier. Il est indispensable que la machine employée soit construite avec les plus grands soins, que les fraises soient rectifiées et que leurs flancs, sinon leurs faces, tournent parfaitement rond sur leur arbre, afin de produire des blocs bien réguliers et à faces bien parallèles.

La figure 20 ci-contre représente une des machines à fraiser de la maison Brown et Sharpe agencée pour ce travail. Elle peut scier environ 5 000 blocs par jour, et un gamin peut aisément en conduire deux.

Ces blocs sont ensuite repris sur une machine semi-automatique qui perce et alèse à la distance et au diamètre voulus les trous des rivets. Dans cette machine, construite par la Whitney Mfg Co d'Hartford, Connecticut, le gamin ou la femme qui la conduit ne s'occupe que de remplacer les pièces percées par de nouvelles; toutes les autres opérations s'effectuent automatiquement. La production de cette machine est d'environ 2000 pièces par jour.

Les rivets sont décolletés sur de petites machines automatiques construites par la maison Pratt et Whitney pouvant produire jusqu'à 6 000 rivets par jour.

Les joues ou flancs sont généralement découpés sur des presses automatiques qui impriment en même temps la marque désirée.

Les trous de rivets dans ces joues peuvent aussi être poinçonnés sur la presse qui les découpe; mais, pour un travail précis, il est recommandé de percer ces trous et, dans ce but, la Wihtney Mfg Co construit une machine semi-automatique assez analogue à celle à percer les blocs dont il est fait mention plus haut, et qui perce en une seule fois les deux trous dans chaque joue.

Les pièces composant la chaîne, ainsi préparées, sont envoyées au montage, qui est effectué habituellement par des femmes, au moyen de presses au pied.

La rivure est la dernière opération mécanique dans la fabrication de la chaîne. Elle se fait, suivant la nature du rivet, sur la machine à river mécaniquement de Adh et Son, ou sur la machine à river automatiquement, système Rhodes (figure 21) (1).

Dans la première, la rivure est formée par martelage répété. Dans la deuxième, elle se produit par compression et roulement combinés. L'avancement de la chaîne se fait automatiquement dans cette dernière, sans que l'ouvrier ait à intervenir. Sa production est de $0^m,600$ de chaîne à la minute.

(1) Voir les *notes de mécanique* du présent *Bulletin*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Fabrication de la chaine a rouleaux. — La fabrication de ce genre de chaîne ne diffère de celle de la chaîne à blocs que par les deux premières machines servant à la préparation de ces dernières, qui sont remplacées par la machine à décolleter les rouleaux.

La figure 22 représente la machine à décolleter automatique, petit modèle de la Brown et Sharpe Mfg C°, qui s'applique parfaitement à ce genre de travail et qui peut produire environ 2000 rouleaux par jour.

La machine de la figure 23, due aux Rudolphi et Krummel Machine Works, est destinée à essayer la résistance des chaînes en marche.

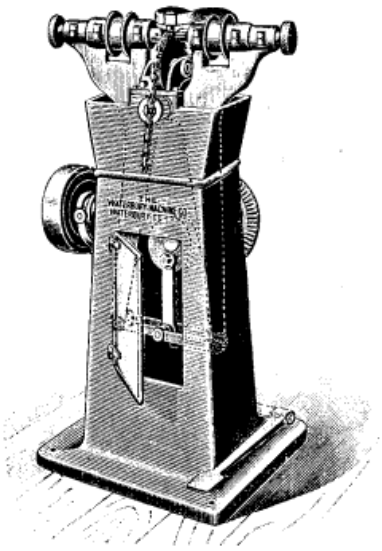


Fig. 21. — Machines à river les maillons de chaines *Rhodes*.

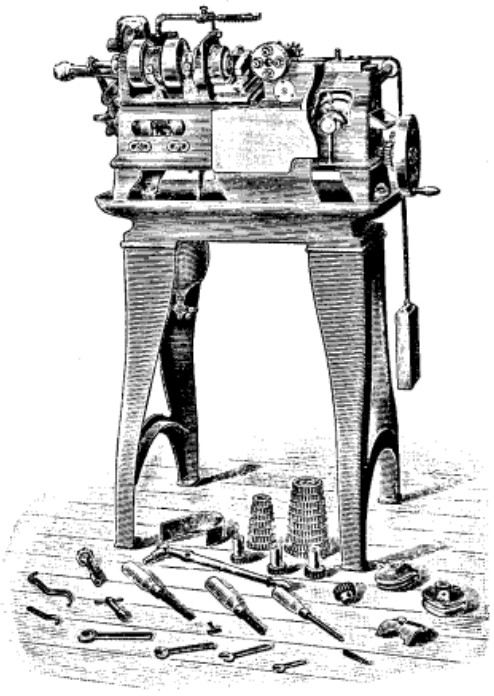


Fig. 22. — Machine à décolleter *Brown et Sharpe*.

Fabrication des rayons. — Quoique le rayon paraisse être une des pièces les plus simples dans le vélocipède, sa fabrication n'en est pas moins complexe, et reste une de celles qui ont donné lieu à plus de recherches.

Le fil d'acier pris dans la couronne est d'abord passé à la machine automatique à le dresser et à le couper de longueur.

Le bout de fil ainsi obtenu est envoyé ensuite à la machine à étirer qui, par un martelage automatique, l'amincit entre les deux extrémités et lui donne la forme rationnelle, communément et très inexactement appelée renforcée aux deux bouts.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le gamin qui conduit cette machine n'a qu'à s'occuper de l'alimenter de bouts de fil d'acier et peut aussi produire environ 2000 rayons par jour.

La troisième opération consiste à ployer le rayon et à refouler la tête.

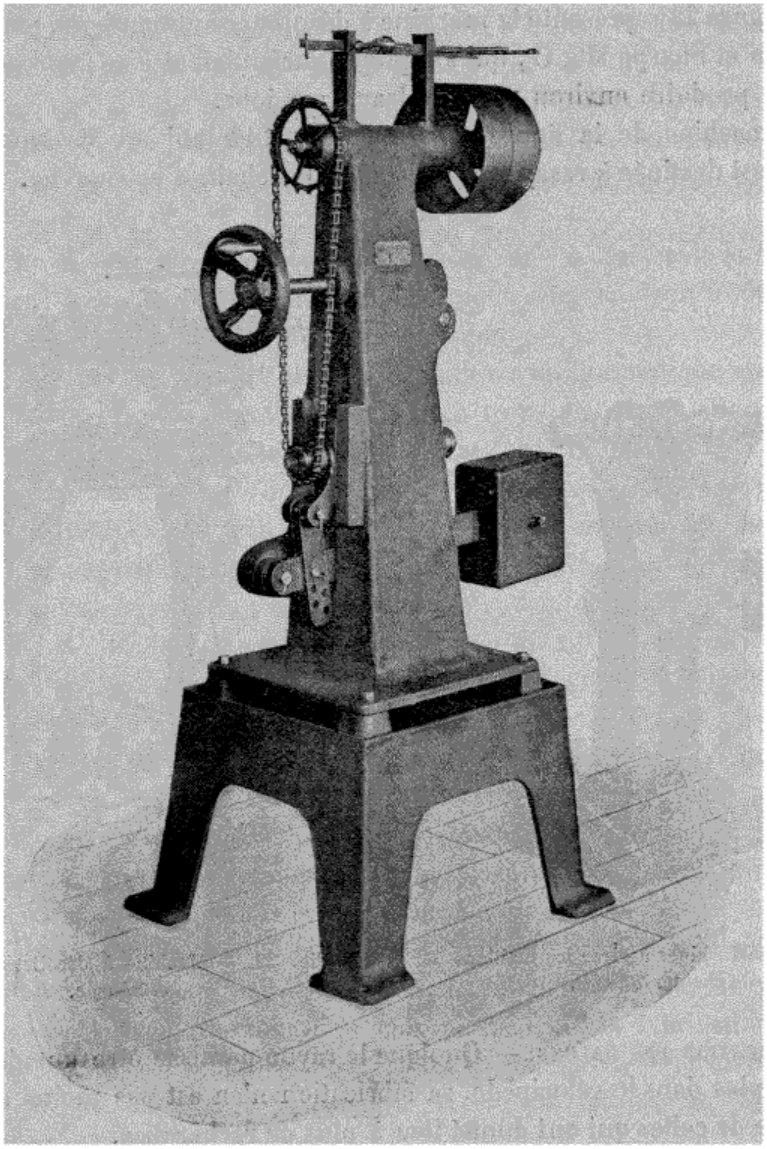


Fig. 23. — Machine *Rudolphi Krummel*, pour l'essai de la résistance des chaines en marche.

La machine de la figure 24, construite par les Rudolphi et Krummel Machine Works de Chicago, est employée à cette opération. On remarquera que je mentionne le ployage avant le refoulage de la tête. C'est, qu'en effet, les choses se passent ainsi dans la machine. Précédemment, on refoulait d'abord la tête, et le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ployage se faisait ensuite; mais la contraction des fibres de l'acier d'un côté n'étant pas égale à l'allongement de ces mêmes fibres de l'autre côté du rayon, il s'ensuivait que la tête ne se trouvait plus perpendiculaire à l'axe du coude. C'est dans le but d'obvier à ces inconvénients graves que la machine ci-contre a

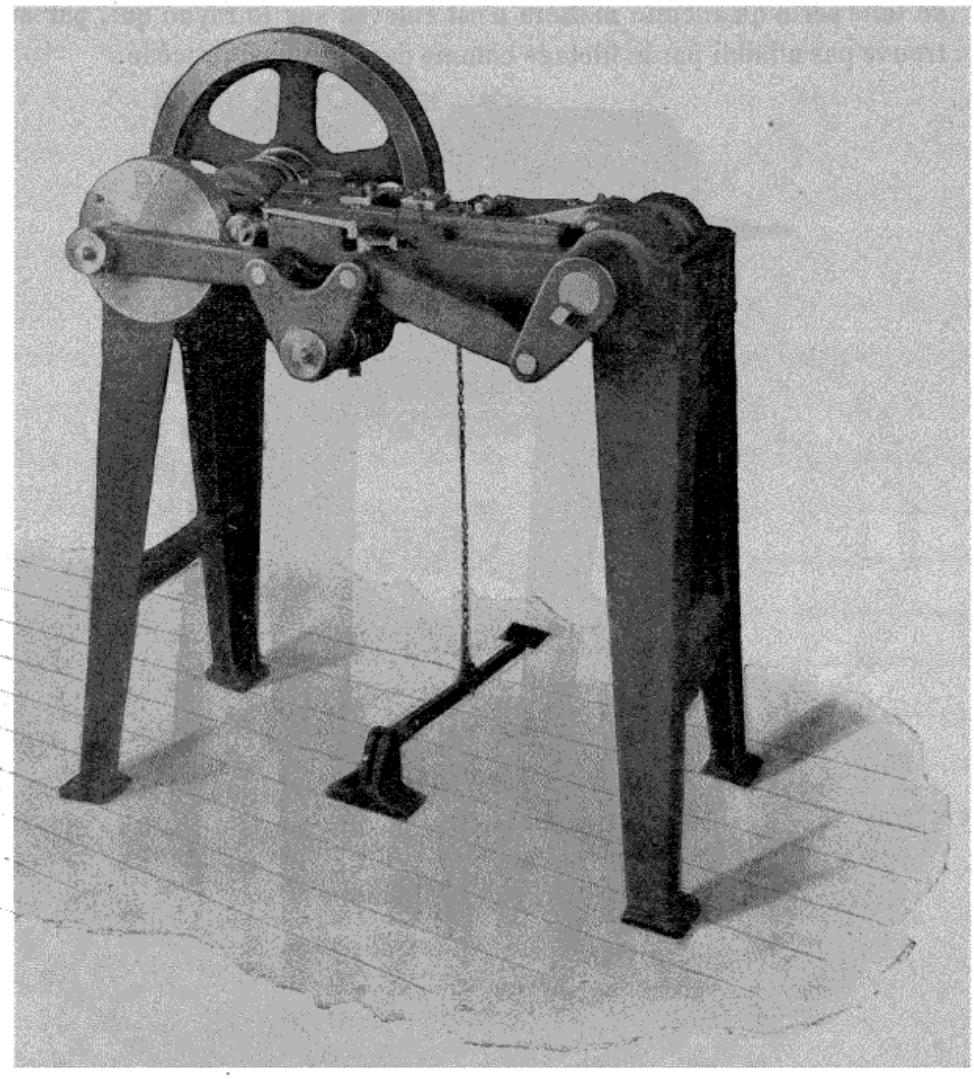


Fig. 24. — Machine *Rudolphi Krummel* à ployer et refouler les rayons des roues.

été étudiée. Elle a, en outre, l'avantage de ne nécessiter qu'une seule opération pour faire le ployage et le têtage, qui en demandaient deux autrefois.

Le filetage ou taraudage du rayon est la quatrième opération, et au début de la fabrication vélocipédique, ce fut naturellement à l'aide de filières coupantes que l'on produisit le filet sur le rayon.

La figure 25 représente une machine étudiée par les mêmes ateliers que la machine précédente, et qui effectue ce filetage par un procédé différent dit « par

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

roulement ». Le rayon est présenté horizontalement entre deux matrices striées, l'une fixe et l'autre mobile. Il s'ensuit que le rayon est roulé entre ces deux matrices et que les stries qui ont la forme et l'inclinaison du filet forment dans ce rayon le filet désiré. Ce dernier se trouve en partie creusé et en partie refoulé, de telle sorte qu'aucune matière n'est enlevée sur le rayon qui, par suite, ne se trouve pas affaibli par le filetage comme dans l'ancien procédé.

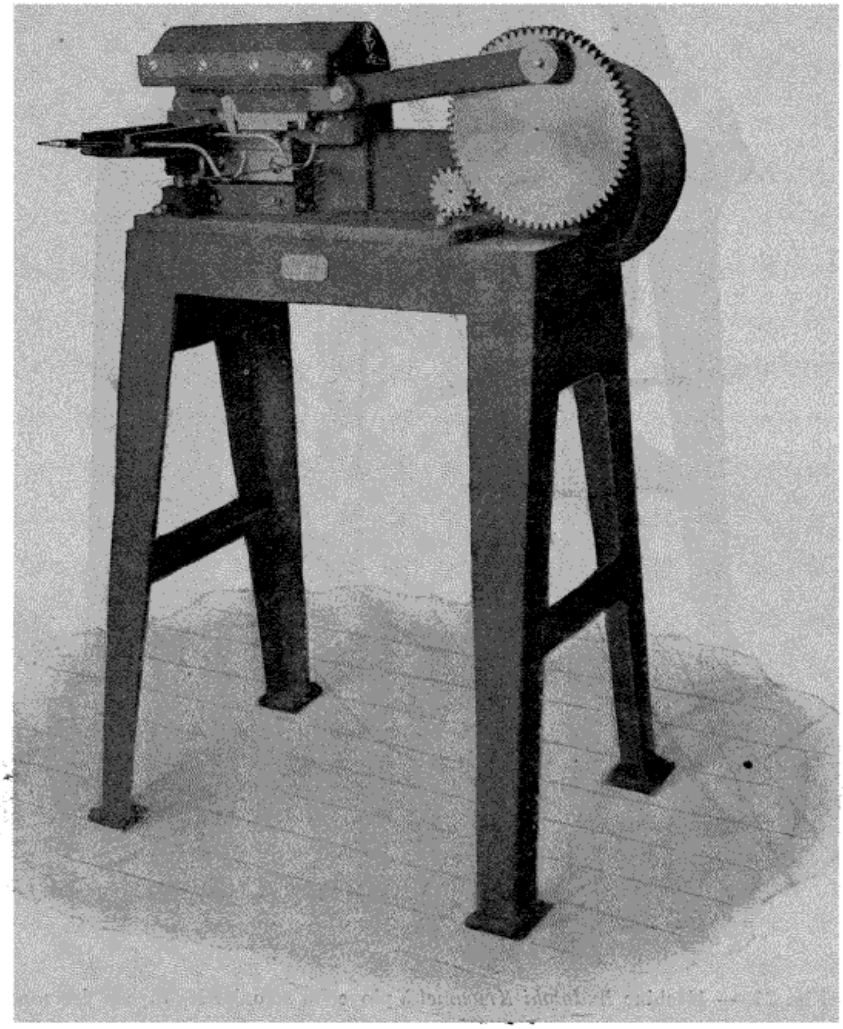


Fig. 25. — Machine *Rudolphi Krummel* à fileter les rayons.

Fabrication des écrous de rayons ou nipples. — Ces écrous servant à fixer et tendre le rayon sur la jante sont en laiton. Deux procédés sont, à l'heure actuelle en usage en Amérique pour fabriquer ces pièces.

L'un, que nous appellerons l'*ancien procédé*, consiste à décolleter et à percer automatiquement ces écrous dans des tiges de laiton ayant le diamètre de la tête sur des machines à décolleter automatiques comme celle de la figure 23 ou celle

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de la figure 26 ci-contre (machine à décolleter automatique de la Pratt et Whitney C°), puis de les fraiser et de les fendre automatiquement sur une machine très ingénieuse de la maison Pratt et Whitney, qui vient prendre ces écrous un à

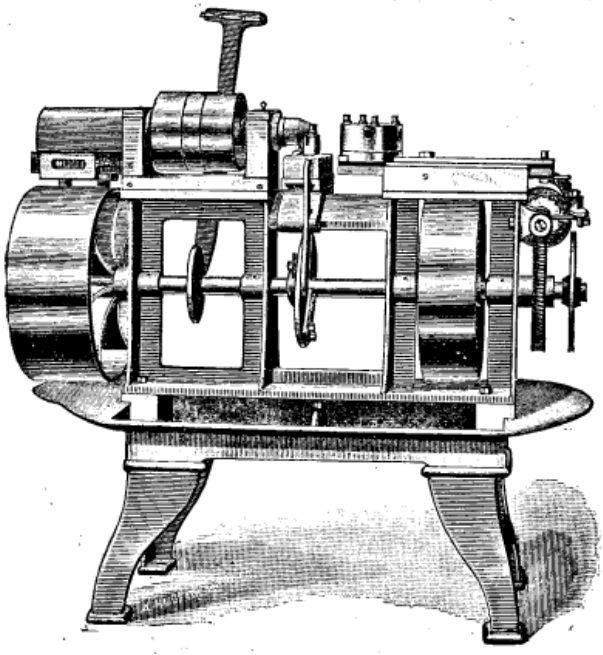


Fig. 26. — Machine à décollcter *Pratt Whitney*.

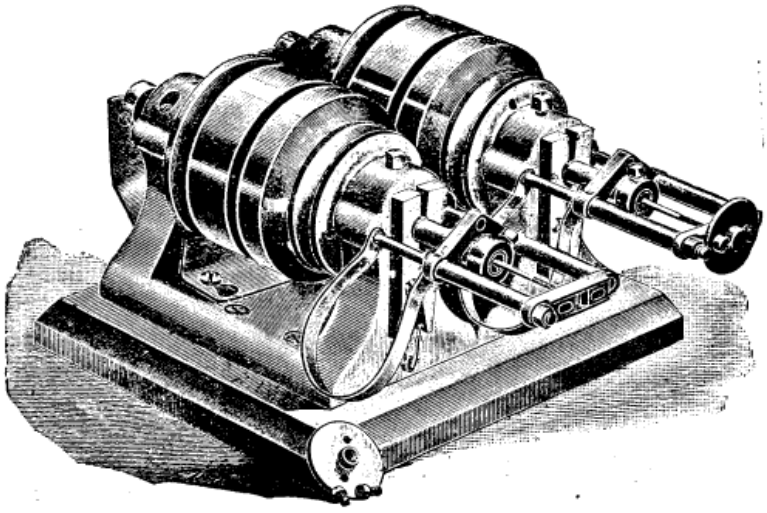


Fig. 27. — Taraudeuse semi-automatique *Pratt Whitney*.

un dans un bassin pour aller les présenter ensuite successivement aux différentes fraises qui font les pans et la fente. Enfin, ces écrous sont taraudés sur la machine double et semi-automatique de la figure 27, dans laquelle le gamin ne s'occupe que de placer les écrous horizontalement sur l'une ou sur l'autre des deux broches.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La machine les taraude, change de marche pour dégager le taraud et rejeter l'écrou fini. Cette dernière machine est de la construction Pratt et Whitney.

Le deuxième procédé ou *nouveau procédé* a pour but d'économiser le déchet que produit le décolletage et, à cet effet, on emploie du laiton en couronne au

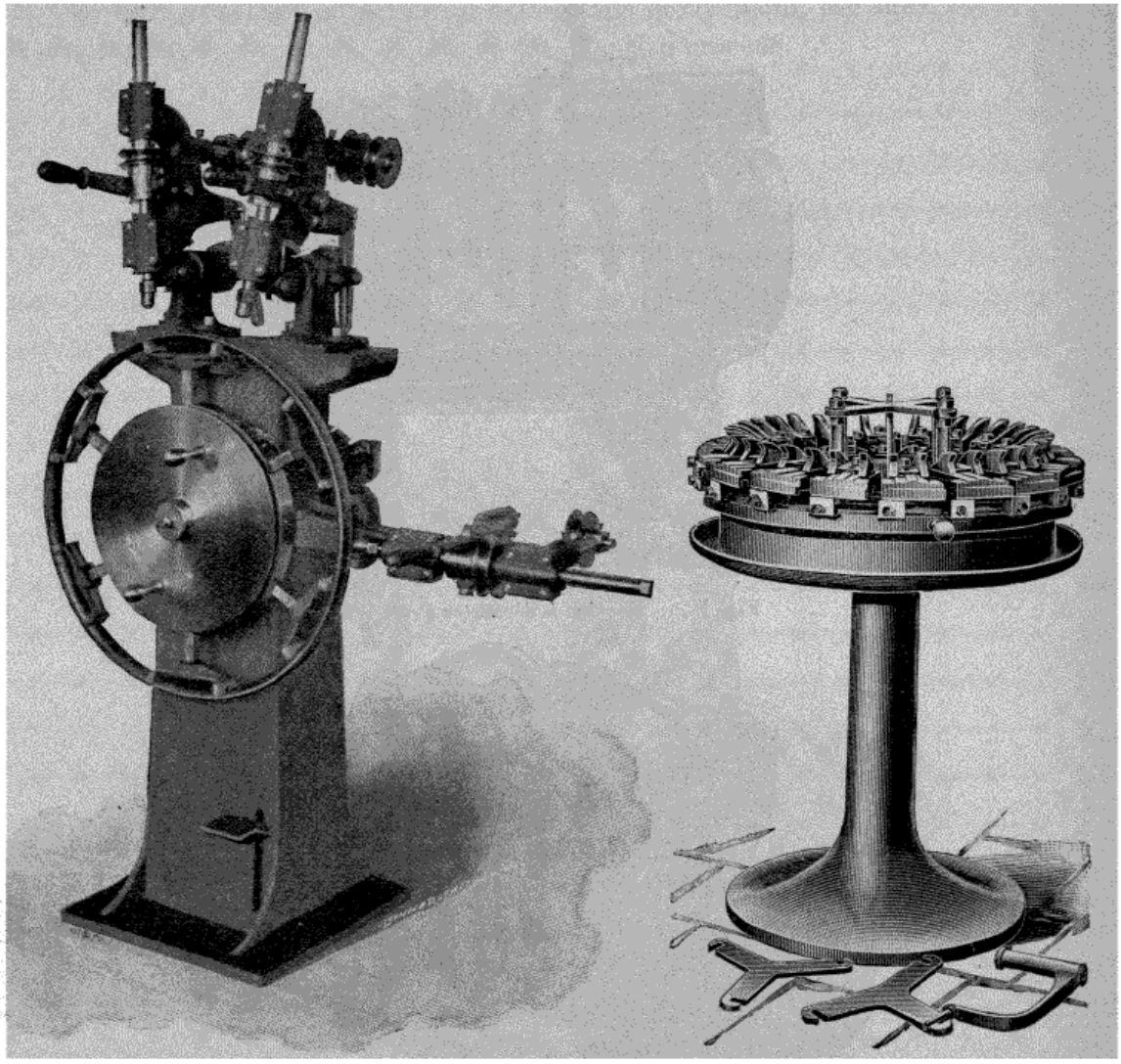


Fig. 28. — Machine *Pratt Whitney* pour le perçage des jantes.

Fig. 29. — Machine *Pratt Whitney* a monter et régler les roues.

diamètre du corps de l'écrou. Une machine, encore entièrement automatique, prend le fil dans cet état, le dresse, refoule la tête à la forme et coupe l'écrou à la longueur désirée. Celui-ci est ensuite repris pour être percé et façonné en bout, puis passe à la machine à fraiser et fendre et à la machine à tarauder, comme dans le premier procédé. Ce nouveau procédé, quoique nécessitant une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

manipulation de plus par écrou, donne, paraît-il, une économie sérieuse par suite de la suppression du déchet, si on travaille sur de très grandes quantités.

MONTAGE DES ROUES. — PERÇAGE DES JANTES. — PLOYAGE DES GUIDONS. MACHINES DIVERSES.

La figure 29 représente une machine toute récente, imaginée par la maison

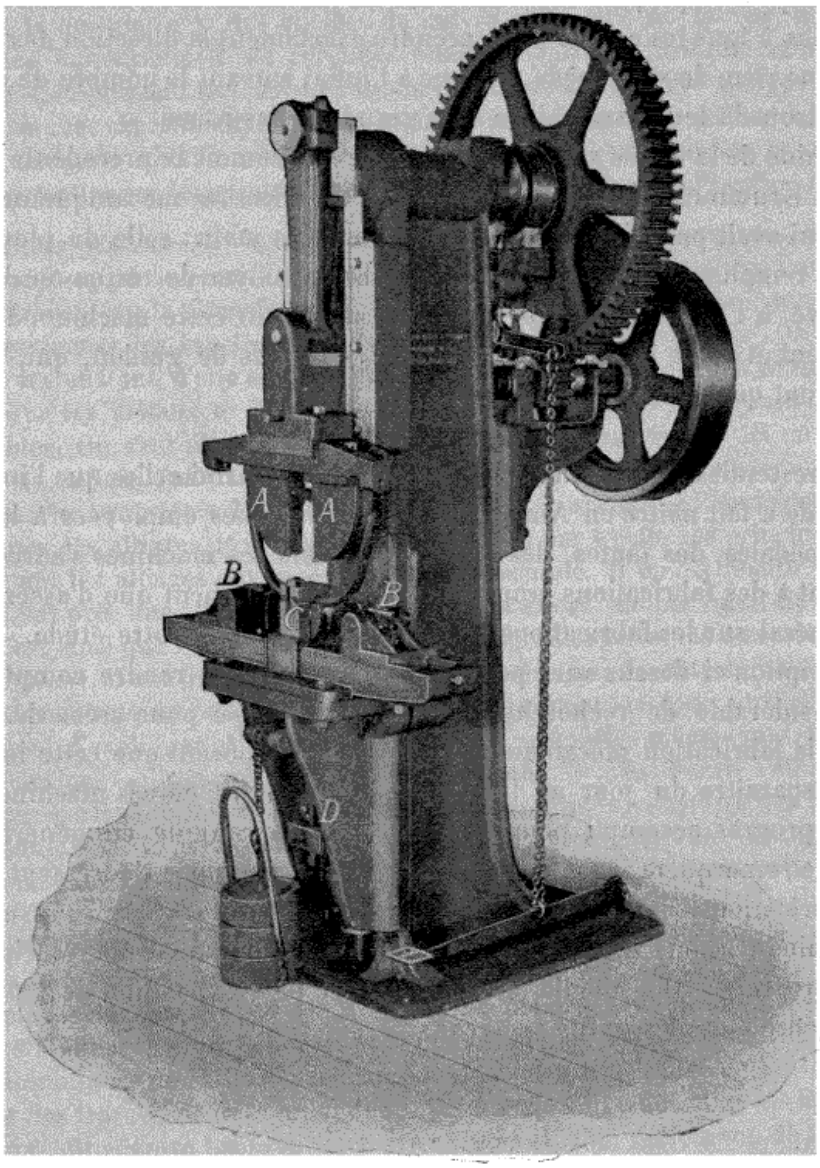


Fig. 30. — Machine *Rudolphi Krummel* pour le ployage des guidons.

Pratt et Whitney, pour monter et régler les roues, opération qui s'était faite usqu'à ce jour entièrement à la main. Cette machine nécessite une certaine

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

habitude pour arriver à régler les roues convenablement, mais, dès le début, son emploi réalise une très grande économie parce qu'avec l'aide de gamins on peut y monter et y régler des roues très près ne laissant que peu de chose au dresseur pour les amener au point. Les gamins employés acquièrent petit à petit l'habitude de la machine et laissent de moins en moins à faire au dresseur.

La figure 28 représente une machine simple, mais répondant parfaitement au désidératum pour le perçage des trous dans les jantes. En effet, ses deux broches sont réglables à tous les angles pour prendre exactement la direction des rayons qui, dans une roue de vélocipède, change à l'infini suivant le nombre de rayons, la combinaison de leur assemblage et la grandeur des roues.

La machine de la figure 30, étudiée et construite comme la précédente par les Rudolphi et Krummel Machine Works, permet d'effectuer mécaniquement une opération qui avait paru devoir se faire toujours à la main : celle du ployage du guidon. En remplissant préalablement les tubes à ployer de résine ou de sable fin, on arrive, à l'aide d'une ou de deux opérations sur cette machine, à ployer uniformément et d'une façon parfaite toutes les formes de guidon, qui, comme on le sait, sont quelquefois très bizarres.

Il nous resterait encore bien des machines à voir, parmi celles que l'industrie du vélocipède a fait naître en Amérique, telles que celles employées à la fabrication des pédales, des jantes, des billes, etc., mais ces machines s'adressent le plus souvent à des fabrications trop spéciales et ne touchent que d'assez loin à l'intérêt général sur les fabrications américaines visées par notre étude.

La description ci-dessus aura permis néanmoins de se rendre compte de la somme considérable de recherches qui a été dépensée pour créer des outils améliorant la fabrication mécanique du cycle. En supposant que cette industrie vienne à disparaître du jour au lendemain, il resterait, de ces machines nouvelles, un progrès accompli pour la fabrication mécanique en général, car, comme on le remarquera, un grand nombre de ces machines s'adressent à bien d'autres fabrications.

En terminant, nous souhaitons au contraire que l'industrie vélocipédique croisse et progresse, afin qu'elle puisse, à l'heure de l'Exposition de 1900, nous montrer encore bien des outils nouveaux.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MÉTALLURGIE

ANALYSE DU QUATRIÈME RAPPORT DU *Comité de recherches sur les alliages* DE L'INSTITUTION OF MECHANICAL ENGINEERS DE LONDRES, d'après M. **Roberts Austen,** *C. B. F. R. S.* (1).

Ce quatrième rapport traite, après quelques observations générales sur l'état actuel de la question : 1° des alliages de cuivre et de zinc ou *laitons*, d'une grande importance industrielle; 2° de certaines relations entre la fusibilité et la résistance des alliages, impliquant des considérations sur la constitution des alliages en général; 3° de recherches expérimentales sur la mobilité moléculaire des métaux à l'état solide et fondu, désignée sous le nom de *diffusion;* 4° de certaines expériences qui ont permis de perfectionner le pyromètre enregistreur et rendu sa calibration plus exacte.

Remarques générales. — L'importance des recherches sur les alliages provoquées, en premier lieu, par le comité des *Mechanical Engineers* a stimulé des travaux analogues en France, par la *Commission des alliages* de la Société d'Encouragement. Il faut aussi mentionner les excellents travaux de MM. *Heycock* et *Neville*, de Cambridge. Tous ces travaux ont, d'une manière générale, singulièrement mis en relief l'influence exercée sur les métaux et leurs alliages par des proportions d'impuretés extrêmement faibles. On s'est efforcé, dans la série de recherches exposée ici en partie seulement, de définir l'effet du groupement moléculaire et du mouvement de leurs atomes sur les propriétés des masses métalliques, de sorte que l'étude des propriétés mécaniques des alliages de séries définies a cédé le pas à celle des principes généraux qui affectent les alliages envisagés dans leur ensemble. Il en est résulté que ces recherches ont pris une allure qui paraît, de prime abord, moins immédiatement pratique : c'est ainsi que l'étude des analogies entre les alliages et les dissolutions salines paraît, *a priori*, d'une importance pratique moindre que la détermination de leurs propriétés mécaniques, mais à tort, car l'établissement de cette analogie a permis précisément d'expliquer et même de prévoir ces propriétés mécaniques. La liquation des dissolutions salines pendant leur congélation, — c'est-à-dire l'élimination ou rejet d'une partie souvent très petite de la masse liquide, accompagnée de sa localisation définie dans la masse entière ou dans ses cristaux individuels, — cette liquation est actuellement reconnue comme d'une importance capitale pour la détermination des propriétés mécaniques des fers, des aciers et des alliages en général. Cette étude de la liquation est d'origine française (2); M. Robert Austen l'a reprise en 1874 (3), et nous allons exposer les derniers travaux de la Commission à ce sujet.

L'étude de la constitution des alliages, au point de vue atomique, a clairement démontré l'influence exercée par les volumes atomiques des métaux alliés sur les propriétés mécaniques de l'alliage : ses conclusions ont justifié l'idée de sir *W. Anderson*, initiateur des travaux de ce comité, dont l'objet était tout d'abord de rechercher s'il y avait une relation entre les propriétés des alliages et la loi périodique de Mendeleef et Newland. A ce propos, le professeur *Fessendin* fait remarquer, dans un beau travail

(1) *Institution of Mechanical Engineers* et *Engineering*, 12 février 1897. Voir les *Bulletins* de décembre 1891, p. 665 et septembre 1393, p. 644.

(2) LEVOL, *Annales de Chimie et de Physique*, 1852, vol. XXXVI, p. 193, et 1853, vol. XXXIX, p. 163.

(3) *Royal Society, Proceedings*, vol. XXII, 1874-75, p. 484.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

publié en septembre 1896 par le Journal *of The Franklin Institute*, que « en général, l'addition d'un métal de grand volume atomique à un métal de faible volume augmente la résistance de ce métal ». Il en donne une explication mathématique confirmée par les diagrammes figures 1 et 2. On peut donc considérer comme établi que l'influence exercée par l'addition d'un élément est en rapport direct avec son volume atomique. Il nous

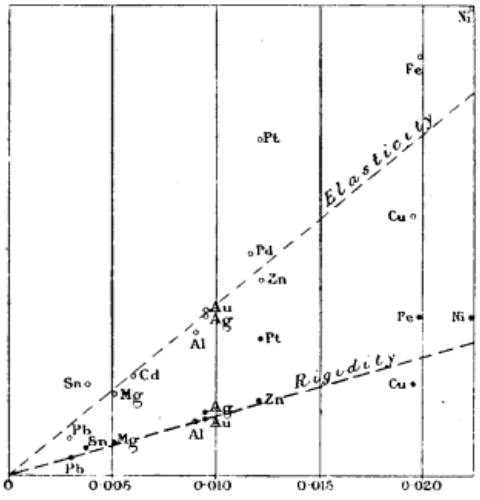


Fig. 1. — Diagramme des élasticités et rigidités en fonction des volumes atomiques V, portés en abscisses, dont les chiffres représentent les quotients $\frac{I}{V^{\frac{2}{3}}}$.

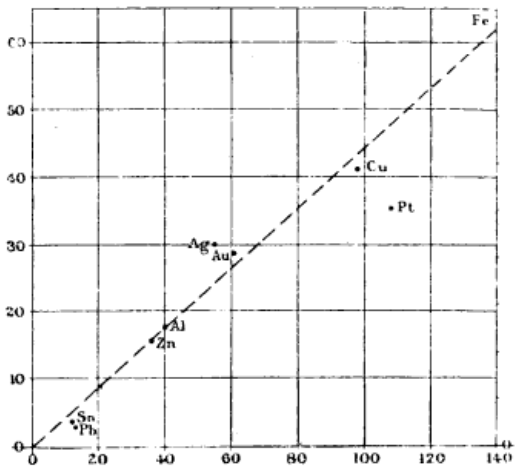


Fig. 2. — Diagramme des résistances à la traction et des volumes atomiques V. Les ordonnées représentent les résistances en kilogrammes par millimètre carré et les abscisses les valeurs de $\frac{T}{V^{\frac{2}{3}}}$; T étant les températures absolues de fusion.

reste à étudier plus à fond la nature de ces dissolutions métalliques solides, puis celle de l'influence du volume atomique des éléments en deçà et au delà de la limite d'élasticité des alliages, étude facilitée par l'emploi du pyromètre auto-enregistreur et des méthodes de microscopie.

Laitons. — Les variétés de laitons sont extrêmement nombreuses, mais moins peut être que celles des bronzes, dont la résistance varie de 30 kilos par millimètre carré à la friabilité, et la couleur du jaune rougeâtre au bleu gris, pouvant fournir des canons, des miroirs, des cloches, etc.

On aborda l'étude de la série des laitons au moyen du pyromètre enregistreur qui permit d'obtenir les courbes de refroidissement du diagramme figure 3, disposées de manière que leur intersection avec l'horizontale de « composition » PP figure la proportion de cuivre des alliages représentées par ces courbes. Comme on le sait, les alliages ont, en général, au moins deux points de solidification, et les différentes phases de leur solidification sont clairement indiquées par les changements de direction des courbes. Les positions de ces changements en fonction de la composition et leurs relations mutuelles dans la série entière sont définies par les lignes pointillées *b*B, *c*D, *d*D, *e*E, *e*E, *ee*, et par la ligne ABCDEF, qui relie les points de fusion analogues dans les alliages adjacents. La dénomination de *courbes des points de solidification*, proposée

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pour désigner ces lignes pointillées, a été adoptée par la littérature scientifique (1), mais il faut se rappeler que ces points désignent ceux auxquels les différents groupes de métaux constituants se solidifient. Ces courbes expliquent en grande partie les difficultés que présente le travail d'un grand nombre de laitons et indiquent le moyen de les vaincre.

En ce qui concerne les laitons, les conclusions du remarquable travail publié par M. *Charpy*, dans le *Bulletin de la Société d'Encouragement* (2), peuvent se résumer comme il suit. La ténacité des laitons augmente considérablement avec le travail qu'on leur fait subir, et leur recuit est efficace à des températures plus basses qu'on ne le supposait auparavant; en fait, le recuit commence à 430° pour devenir très efficace à 500°. A 900°, le laiton perd presque entièrement sa ductilité, et les laitons du

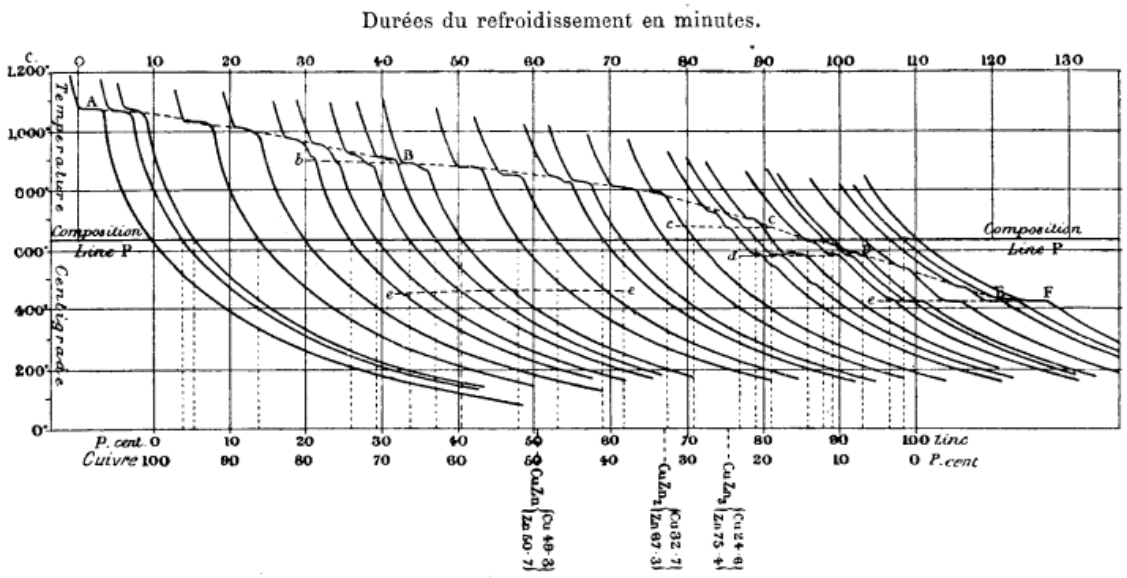


Fig. 3. — Courbes de refroidissement des alliages cuivre-zinc.

commerce, qui renferment 0,15 p. 100 d'étain et 0,2 p. 100 de plomb, se brûlent à 800° environ et au-dessous. L'auteur et M. Osmond (3) ont, en ce qui concerne le recuit aux basses températures, démontré récemment que l'on peut recuire à 250° l'alliage d'or et d'antimoine qui forme, en se refroidissant, de larges plans cristallins. La structure primitive disparaît entièrement, la masse prend un aspect granulaire, effet comparable au recuit de l'acier fondu à 800°.

Si l'on se borne aux laitons industriels, — de 0 à 50 p. 100 de zinc, — la limite d'élasticité, la dureté et la résistance à la pénétration augmentent continuellement avec la teneur en zinc, ainsi que la ductilité, qui atteint son maximum pour 30 p. 100 de zinc. La compressibilité et la striction augmentent aussi avec la teneur en zinc, jusqu'au maximum correspondant à 30 p. 100 de zinc, puis décroissent; la ténacité atteint son maximum pour 45 p. 100 de zinc, puis décroît rapidement; les laitons deviennent fragiles pour 50 p. 100 de zinc.

(1) Heycock et Neville, *Proceedings of the Royal Society*, 1896, vol. LX, p. 160.
(2) *Bulletin*, Année 1896, p. 180 à 234.
(3) *Id.*, 1896, p. 1132 à 1152.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On a reporté en figure 4 quelques-unes des courbes de M. Charpy. Ainsi qu'il le fait très justement remarquer, l'on obtient, en faisant varier la teneur en zinc de 30 à 43 p. 100, une série de laitons de propriétés assez distinctes pour représenter des métaux véritablement différents malgré la faible variation de leur composition. Les plus malléables s'allongent de 6 p. 100, avec une résistance de $27^{kg},6$ par millimètre carré; l'un d'eux, à 40 p. 100 de zinc, s'allonge encore de 40 p. 100 avec une résistance de $37^{kg},6$. En ajoutant le doucissement du recuit au renforcement par le travail, on peut pousser la résistance des barreaux à 60 kilogrammes, et plus haut encore celle des fils. C'est d'après les courbes de ténacité et de ductilité de M. Charpy que l'on a tracé celle de l'énergie du métal (*Work done*) en extension et rupture. On a aussi reporté sur ce diagramme les courbes de *Thurston* (1).

Alliages eutectiques. — Il se présente, dans les courbes de refroidissement et de

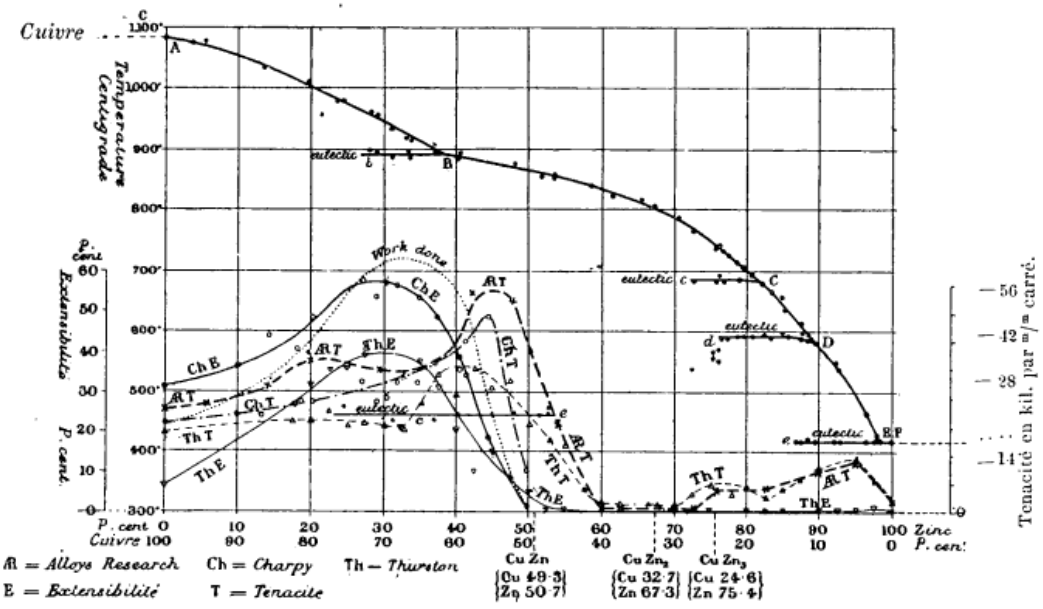


Fig. 4. — Courbes des fusibilités, résistances et ductilités des alliages de cuivre et de zinc.

fusion de la plupart des alliages, des changements de sens, souvent raccordés par des parties horizontales ou *paliers*, qui indiquent la solidification d'un alliage *eutectique*, c'est-à-dire la formation d'une liqueur mère qui se solidifie à une température bien définie. Les laitons présentent plusieurs de ces alliages eutectiques : et les points de solidifications initiales A B C D E F (fig. 3) correspondent aux solidifications du cuivre, du zinc et de certains laitons. Pour les laitons industriels, qui ne dépassent pas une teneur de 45 p. 100 de zinc, trois seulement de ces points de fusion présentent de l'importance.

Si, dans le diagramme figure 4, représentatif des points de fusion des laitons, l'on trace une verticale par le point figuratif du laiton à 71 p. 100 de cuivre, elle rencontre deux points de fusion, à 896° et à 952°, et l'on peut, par la méthode que nous indique-

(1) *Treatise on Brasses, Bronzes and other Alloys,* New-York, 1893, p. 366.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rons plus bas, déterminer facilement quels sont les constituants de l'alliage à 71 p. 100 de cuivre liquatés à ces points de fusion : dans ce cas particulier, ce sont le cuivre et l'alliage eutectique le plus fusible de la série renfermant 63 p. 100 de cuivre. Les points marqués sur le diagramme figure 4 sont seulement ceux fournis directement par le pyromètre enregistreur. L'alliage à 68,6 p. 100 de cuivre donne aussi trois points de solidification distincts, tandis que celui à 62,6 p. 100 donne un double point vers 892° et un point simple et net à 450°, de sorte que la courbe tracée par un seul point de fusion, pour chaque alliage de la série, ne le représente pas complètement, puisque la plupart de ces alliages ont trois et même quatre, cinq ou six points de solidification.

Guthrie a proposé la dénomination d'*eutectique* pour désigner l'alliage le plus fusible d'une série formée par deux ou plusieurs métaux, en le comparant à la liqueur

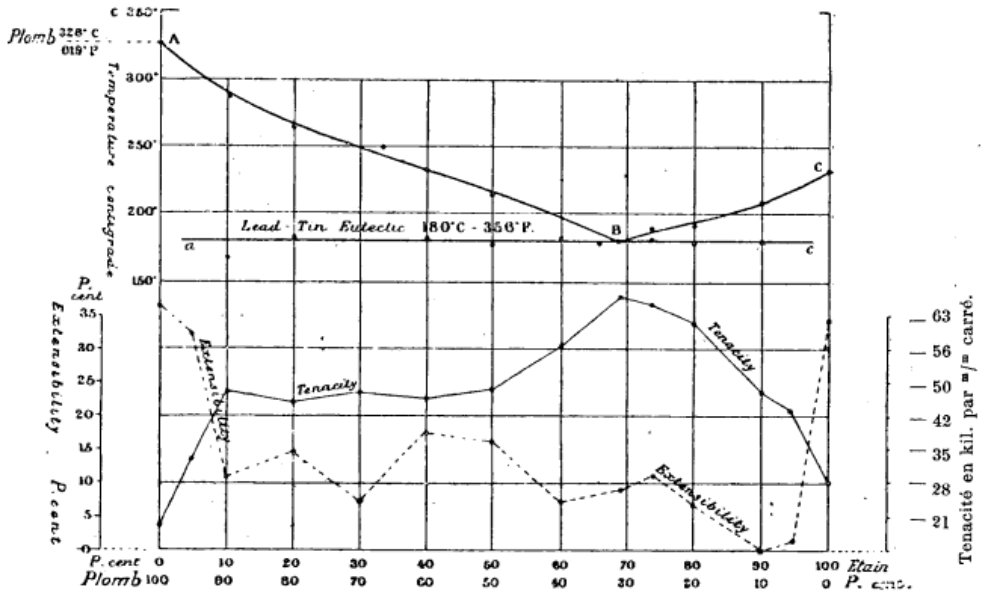


Fig. 5. — Courbes des fusibilités, ténacités et ductilités des alliages plomb-étain (*Lead-Tin*).

mère d'une dissolution saline qui reste liquide après la séparation de la masse par cristallisation. En fait d'alliages, le phénomène est beaucoup plus complexe, car ils se composent, à l'état liquide, de plusieurs solutions dont chacune abandonne, en se refroidissant, une liqueur mère. D'autre part, ces liqueurs mères, en général, ne se combinent pas entre elles, de sorte qu'il se produit un état très complexe quand la température est devenue assez basse pour que la masse entière se solidifie. Chacune de ces liqueurs mères métalliques est un alliage eutectique, de sorte qu'il s'en présente en général plusieurs par série, contrairement à l'opinion de Guthrie, qui pensait qu'il ne se produisait qu'un seul alliage eutectique par série, comme c'est le cas pour la série étain-plomb. Les alliages résistants sont, au contraire, d'une eutexie beaucoup plus complexe, quadruple par exemple pour les alliages cuivre-zinc, sextuple pour les alliages cuivre-étain. La composition de ces alliages eutectiques ne se fait pas, en général, en proportions atomiques des éléments constituants et, en réalité, il y aurait

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des raisons de supposer qu'ils ne peuvent pas être de véritables combinaisons chimiques. Le point le plus élevé de chacune des courbes de solidification, indiquant celui où le métal qui est en excès commence de se solidifier, donne la solubilité d'un métal dans l'autre, puisqu'il marque la température à laquelle la dissolution est exactement saturée. C'est ainsi que la courbe AB (fig. 5) indique la solubilité du plomb dans l'étain et la courbe CB celle de l'étain dans le plomb. Au-dessous de leur point d'intersection B, le plomb et l'étain se dissocient simultanément, l'alliage liquide restant ne changeant plus de composition : cet alliage se solidifie à 180°, laissant cristalliser de part et d'autre le plomb et l'étain en excès; il y a donc lieu de penser, qu'après solidification, l'alliage eutectique *ac* n'est qu'un mélange intime des métaux composants.

Point de fusion ou de congélation. — C'est le point le plus haut de la courbe de refroidissement, où le métal en excès commence à cristalliser, et il est difficile de préciser, dans la longue chute de température de la solidification, quel est véritablement le point de fusion. Dans les précédents rapports, on a signalé des alliages à plusieurs points de fusion : le plus élevé correspondant au commencement de la cristallisation d'un des constituants et le plus bas à la solidification de l'alliage eutectique, et il semblerait à première vue que ces deux points fussent l'origine et la fin d'un processus continu de solidification; mais, pour la plupart des alliages, ces deux points de fusion, l'initial et l'eutectique, correspondent à des évolutions de la chaleur distinctes et séparées, qui ne peuvent être considérées comme deux phases d'une même opération. Ce fait peut se déduire de l'examen d'une courbe quelconque de congélation, où l'on voit facilement que, pour un alliage donné, la majorité du métal en excès cristallise avec une très faible variation de température : c'est ainsi que l'alliage à 90 d'étain et 10 de plomb commence à se solidifier à 290°, et donne, à 170°, un alliage eutectique formé du quart de la masse totale complètement solidifié. Du restant, qui est du plomb pur, les deux tiers se solidifient dans un intervalle de 25°, entre 290° et 265° et ne laissent plus qu'un tiers à cristalliser pendant les 95° qui vont de 265° à 170°. On voit donc : 1° que ces alliages ont deux points de fusion, 2° qu'il est légitime d'adopter comme points de repère le point le plus élevé de la courbe de fusion et celui correspondant à l'alliage eutectique, 3° qu'au point de vue industriel, comme, par exemple, pour la coulée des alliages, il faudrait aussi indiquer la température à laquelle la masse semble se solidifier ou celle à laquelle paraît se produire la solidification d'une fraction déterminée, un quart, par exemple, de la masse. L'alliage eutectique renferme une partie considérable de chacun des métaux, de sorte que la ligne eutectique *ac*, qui passe par le point B de l'alliage eutectique de la série, s'étend à la fois à gauche et à droite de ce point.

La pluralité des points de fusion de la série des alliages plomb-étain a une grande importance industrielle, car, de là, dépend la facilité de l'exécution des soudures de plomberie. Cette soudure renferme 66 p. 100 de plomb, et son état pâteux tient à ce qu'elle a deux points de fusion longuement séparés, cet alliage consistant en granules de plomb solide dans une liqueur mère liquide.

Propriétés mécaniques des laitons, leur rapport avec la courbe de leurs points de fusion (fig. 4). — On voit, d'après les courbes du diagramme figure 4, que l'addition du zinc au cuivre en change subitement les propriétés mécaniques avant la teneur de 50 p. 100 de zinc, point au delà duquel la ténacité et la ductilité tombent très bas. L'explication de la relation entre la courbe des points de solidification et celles des

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

propriétés mécaniques exige une connaissance exacte de la signification de ces points de fusion, donnée par l'analyse de l'alliage qui se solidifie en chacun de ces points. Il faut, pour cela, séparer de chacun des alliages de la série son alliage eutectique particulier, par exemple en le comprimant comme en C (fig. 6) entre deux pistons en acier PP, de 13 millimètres de diamètre, sous une pression d'environ, 80 kil. par centimètre carré : on chauffe le cylindre C à une température, donnée par le thermomètre électrique T, telle qu'une partie de l'alliage devienne assez fluide pour filer par le jeu des pistons; on élève encore la température de manière à séparer ainsi, si possible, une seconde partie de l'alliage. Il reste finalement en C un résidu comparativement infusible. On analyse chacune des parties ainsi séparées, et l'on soumet, s'il y a lieu, à une seconde compression les parties fusibles. L'analyse des laitons ainsi traités démontre que tous les points de la ligne AB (fig. 4) représentent la solidification du cuivre presque sans zinc; les points auxiliaires *b*B correspondent à des alliages eutectiques à 63 p. 100 de cuivre, sans proportion atomique des deux métaux. Les points entre B et C correspondent à la solidification des alliages CuZn $CuZn_2$ dont le dernier avait été reconnu par Laurie d'après des considérations d'électro-chimie (1). Ces deux composés sont très cassants, ainsi que tous les alliages cuivre-zinc dans lesquels ils interviennent en partie notable. Les alliages eutectiques dont les points de fusion sont sur *b*B consistent probablement, une fois solidifiés, en un mélange intime de cuivre et de CuZn, tandis que la partie de BC immédiatement à la droite de B correspond à la solidification à la fois de CuZn et de l'alliage eutectique dont la présence est marquée par la partie descendante de la ligne BC. Si, en effet, la ligne BC montait, à partir de B, comme, par exemple, pour les alliages de la série cuivre-antimoine, *b*B se prolongerait horizontalement jusqu'en B; ce n'est pas ici le cas, parce que l'alliage CuZn est soluble dans un ou plusieurs des eutectiques riches en zinc et d'autant plus abondants, à la droite de B, que la teneur en zinc augmente. Aux environs du point B, les alliages présentent un point de fusion principal, et sont presque sans eutectiques. Le fait capital révélé par ces courbes est que le laiton coulé le plus résistant est à 60 p. 100 de cuivre, alliage qui n'a pratiquement qu'un seul point de fusion en B; un excès de zinc diminue à la fois la résistance et la ductilité, probablement, parce que, dans ces alliages, le composé CuZn n'est pas accompagné de cuivre pur.

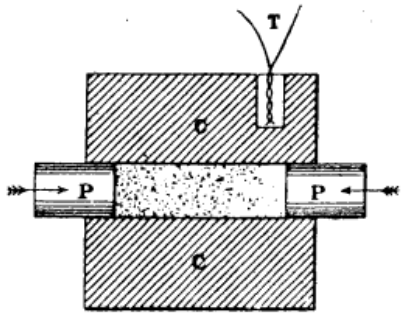


Fig. 6.

On voit aussi en figure 4 que, dans ces séries, le sommet de la courbe d'extensibilité coïncide avec l'origine de l'eutectique *b*, liquaté de l'alliage à 71 p. 100 de cuivre, et qui est formé probablement d'un mélange de cuivre et de l'alliage CuZn. Le mélange de ces substances dures et tendres donne un métal très résistant, comme on le voit par ce fait que l'alliage le plus résistant de la série est composé presque entièrement de cet eutectique, mais naturellement aux dépens de la ductilité. Les essais de traction de Thurston (fig. 4) ont été exécutés sur des laitons coulés : les éprouvettes de Charpy ont été recuites, et ses expériences ont été exécutées sur des tiges travaillées. Le recuit et le travail augmentent la résistance du laiton, et ce fait a une grande importance industrielle, car il montre que des laitons à bon marché, renfermant jusqu'à 50 p. 100 de zinc, peuvent être rendus aussi tenaces que des laitons plus riches en cuivre, mais

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pas aussi ductiles. Les laitons à 60 et 70 p. 100 de zinc sont extrêmement fragiles, mais néanmoins, si l'on y ajoute encore du zinc, ils reprennent un peu de force, et les eutectiques *cd* et *c* sont formés de composés qui paraissent moins cassants que les composés Cu Zn et Cu Zn_2, si nuisibles aux alliages qui renferment moins de zinc. Chacun des sommets d'une courbe des propriétés mécaniques semble correspondre à un point multiple de la courbe de solidification, comme en B, *c* et D. Dans les séries cuivre-zinc, cette corrélation entre la résistance maxima et la réunion des constituants d'un alliage donné en un point unique est parfois masquée par l'étendue de la partie sur laquelle s'étendent les eutectiques, mais il est très remarquable que leur disparition, comme en *bc de*, coïncide avec des abaissements de la courbe de ténacité.

Influence d'un eutectique sur certaines propriétés des alliages. — On sait depuis longtemps que l'addition de petites quantités de fer augmente singulièrement la résistance de certains alliages de cuivre; tels sont les alliages connus sous le nom de métal *Sterro* et métal d'*Aich*. On en ignorait la raison; mais elle a été clairement révélée par

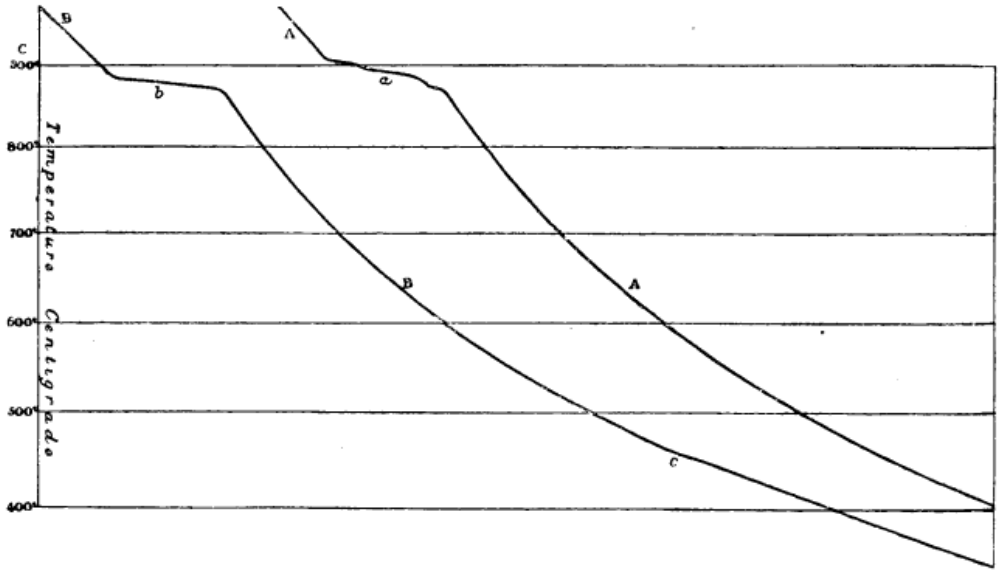


Fig. 7. — Courbes de refroidissement, A du laiton à 61,2 p. 100 de cuivre; B, du métal d'Aich; Cu, 59,8; Zn, 37,9; Fe, 1,5; Sn, 0,8

la comparaison des courbes A et B (fig. 7). L'alliage B, à 62 p. 100 de cuivre et 39 p. 100 de zinc, a un point eutectique bas, *c*, à 450°, dû à la présence d'un eutectique source de faiblesse. Le 1,5 p. 100 de fer ajouté en B se combine avec l'eutectique en formant un composé moins fusible, car la courbe A ne renferme plus de point eutectique à basse température, et la cause de faiblesse est ainsi disparue. D'autre part, le point de fusion principal *a* du métal d'Aich est plus élevé que celui *b* du laiton, ce qui indique, par lui seul, une augmentation de la résistance. Ces faits ont probablement une grande importance en métallurgie, car ils semblent démontrer que, toutes les fois que la courbe de refroidissement révèle, dans un alliage, la présence d'un point eutectique à basse température, il suffit, pour augmenter la résistance, d'ajouter un troisième métal

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

diminuant la fusibilité de l'eutectique. Si c'est bien à cela que tient la résistance supérieure du métal d'Aich, sa supériorité devra se maintenir aux températures pour lesquelles le laiton s'affaiblit; et c'est bien ce que démontrent les chiffres du tableau I. En fait, la présence d'eutectiques beaucoup plus fusibles que la masse de l'alliage où ils se produisent est une cause de faiblesse, tandis que les eutectiques à points de fusion comparativement élevés augmentent au contraire la résistance.

TABLEAU I

Température des essais.	Résistance en kil. par mill. carré. Laiton.	Métal d'Aich.
20	32	41
100	21	35
200	20	28
250	17	25
300	12	20
350	11	17
400	12	15
450	5,6	8
500	4,5	6,5

Cette assimilation de deux constituants d'un alliage fluide par l'intervention d'un troisième dissolvant métallique est d'une grande importance pratique : on en a un exemple dans les curieux alliages d'or qui nous viennent maintenant de l'Afrique du Sud : ce sont des lingots chargés d'impuretés, principalement de plomb et de zinc, qui en rendent l'estimation très difficile en raison de leur distribution trop irrégulière dans la masse du lingot pour permettre d'y prélever une prise d'essai certaine. C'est ainsi qu'un lingot composé de : or 61 p.100, argent 8,1, plomb 16,4, zinc 9,5, cuivre 4, fer 0,3, valant réellement, en or, 1 028 livres sterling, n'a été estimé, d'après les analyses des prises à essai, qu'à 965 livres, soit à 63 livres trop bas. Le colonel E. Matthey a démontré (1) que la distribution de l'or dans la masse du lingot était déterminée principalement par la pesanteur. La courbe de refroidissement indique plusieurs points de fusion auxiliaires, notamment à 407°, dus probablement au zinc eutectique de la série. Le point de solidification principal de la masse était à 655°. L'alliage renfermait 8,1 p. 100 d'argent; après refusion avec addition d'argent jusqu'à 15 p. 100, on supprima l'eutectique zinc et l'on obtint une masse de composition pratiquement uniforme, dont on pouvait facilement déterminer la valeur par une prise d'essai ordinaire. On peut en conclure que, si la proportion des impuretés ne dépasse pas 30 p. 100, une addition de 15 p. 100 d'argent s'y combinera en empêchant la formation d'un alliage eutectique qui déterminerait l'homogénéité de la masse.

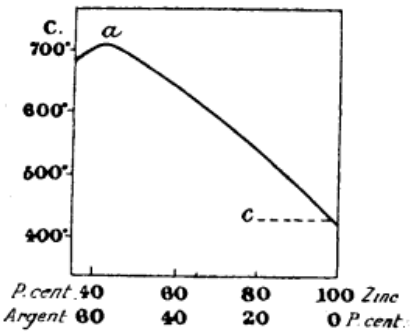


Fig. 8.

Observations générales sur les recherches relatives aux alliages. — Ce n'est que tout

(1) *Bulletin de la Société d'Encouragement*, 1896, p. 1293-1318.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

récemment que l'on a pu, grâce à l'emploi du pyromètre auto-enregistreur, reconnaître l'existence des points de fusion multiples des alliages et la nécessité de leur détermination pour la connaissance de la constitution des séries d'alliages. Ce fait a été nettement mis au jour par les belles courbes tracées par M. *Gautier* d'après les observations du pyromètre (1). C'est ainsi que, d'après la courbe figure 5 de solidification de la série argent-zinc, M. Gautier conclut à l'isomorphisme du zinc avec l'alliage *a*, c'est-à-dire que les alliages intermédiaires se solidifient tous entre les points *a* et *b*. D'autre part les tracés autographiques révèlent l'existence d'un eutectique *bc* à point de fusion un peu plus élevé que celui du zinc, ce qui démontrerait que les métaux peuvent être difficilement isomorphes dans la série zinc-argent. Ces alliages présentent un grand intérêt industriel dans la question du procédé si répandu de désargentation du plomb par le zinc. De même, M. Gautier donne, comme courbe de fusion de la série cuivre-plomb, la ligne pointillée *ab* (fig. 9) analogue à celle du cuivre-bismuth, tandis que l'auto-enregistreur la dédouble en deux parallèles *cd* et *be*, dont la supérieure se relie au point de fusion du cuivre par la ligne *ef*, puis tombe brusquement à l'extrémité plomb, au niveau de *be*, ce qui prouve combien le cuivre est peu soluble dans le plomb (2). La courbe de fusibilité des alliages de cuivre et plomb donnée par l'auto-enregistreur est représentée à une plus grande échelle par la fig. 14.

L'action des impuretés a été nettement mise en évidence, à propos de ces points eutectiques secondaires, par les courbes du précédent rapport des *Mechanical Engineers*, où l'on a démontré que, dans une masse d'or, la présence d'une faible quantité d'un alliage d'or et de bismuth fusible à 229° modifiait grandement la résistance de l'or. Dans certains cas, les corps étrangers restent en totalité ou en partie comme des dissolutions solidifiées dans la masse, les impuretés se trouvant dissociées en leurs éléments à la fois dans la masse solide et dans la masse liquide; on en trouvera la démonstration dans un mémoire de l'auteur et de M. Osmond récemment publié dans les *Philosophical Transactions* (1). L'influence des eutectiques fusibles sur la résistance des alliages résoudra probablement bientôt la question de l'action des « traces » d'impuretés sur les masses métalliques, et il est à souhaiter qu'elle ne soit pas perdue de vue par les expérimentateurs éminents qui étudient en Allemagne les propriétés métalliques des alliages. Nous mentionnerons, à cette occasion, les travaux du professeur *Mertens*, pour le compte de la Commission royale technique de recherches de Berlin. Cette commission a élaboré un programme complet d'expériences sur les propriétés mécaniques du cuivre, dont on n'a encore publié que la première partie traitant de : 1° influence des méthodes d'expérimentation, 2° l'état de la matière. Les résultats actuellement publiés ne se rapportent qu'à une variété de cuivre commercial, et M. Martens fait remarquer que l'on en tirera « la connaissance des effets des impuretés sur le cuivre ». Mais ici se présentent de grandes difficultés, bien qu'il semble *a priori* des plus faciles de déterminer l'action exercée, par exemple, par une addition de 1 p. 100 de plomb à un cuivre pur préalablement analysé. La question est, en effet, de savoir ce qu'est devenu ce plomb. Est-il demeuré libre où s'est-il uni à du cuivre pour former un alliage eutectique, une dissolution solide, ou un composé chimique défini, ou, enfin, s'est-il oxydé par l'oxygène du cuivre? Autant de questions à résoudre

(1) Les points de fusion du cuivre, du plomb, de l'argent et du zinc adoptés par M. Gautier diffèrent un peu de ceux adoptés en figures *v* et *q* qui correspondent à l'échelle de températures employée dans ce rapport.

(2) *Distribution des déformations dans les métaux soumis à des efforts.* Paris, Berger-Levrault, 1896.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

avant d'aborder l'étude des propriétés mécaniques de ce cuivre et sur lesquelles l'analyse chimique ne fournit aucune donnée.

Limite d'élasticité. — On a donné, de la limite d'élasticité, les deux définitions suivantes : c'est la charge pour laquelle (*a*) la matière cesse de revenir exactement à ses dimensions primitives après l'enlèvement de cette charge et (*b*), celle à partir de laquelle la déformation cesse d'être proportionnelle à la charge ou le module d'élasticité d'être constant. Dans les deux cas, la détermination de cette limite dépend de l'exactitude des appareils de mesure ; plus ils sont délicats, plus cette limite s'abaisse, et l'on peut croire qu'un instrument parfait indiquerait la persistance d'une déformation définitive même avec les plus faibles charges. Le problème se ramène donc pratiquement à la détermination de la charge à partir de laquelle la loi de proportionnalité cesse notablement.

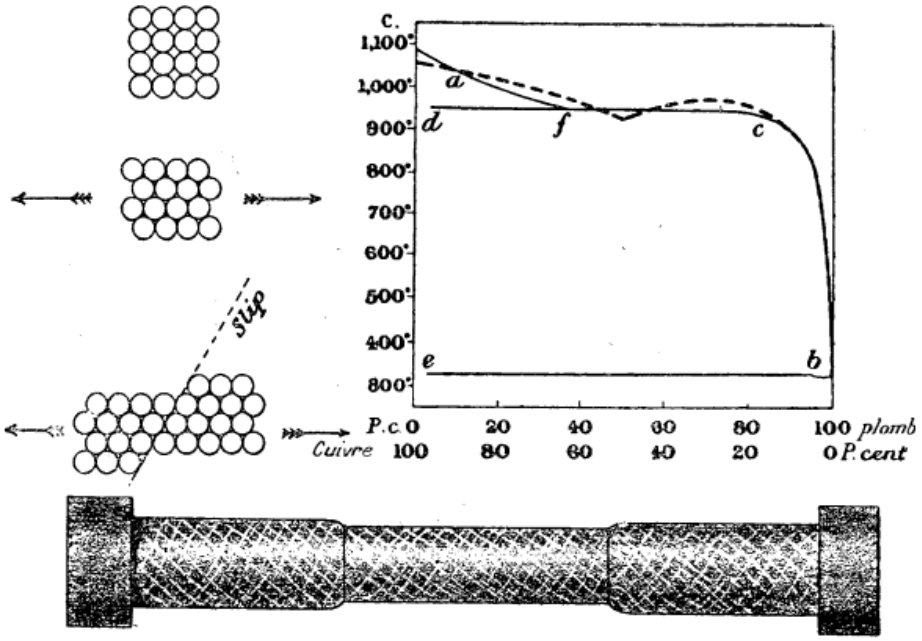


Fig. 9 à 13.

d'être applicable. M. Hartmann a récemment fait remarquer que le retour d'une pièce métallique à son état primitif après déformation est le résultat de forces mises en jeu par cette déformation même (1). Il considère la matière déformée comme polarisée dans le sens de la déformation, et tendant à se dépolariser par retour à sa forme primitive. C'est ce qui explique le fait, constaté par Bauschinger, de déformations permanentes occasionnées par de très faibles charges. La formation d'un état de polarisation tel que le groupement des molécules y soit le mieux disposé pour résister à une certaine déformation explique l'avantage d'employer des colonnes préalablement chargées au delà de leur limite d'élasticité, mais en les empêchant de fléchir ; il explique aussi la trempe produite par le travail à froid des alliages et des métaux. On peut probablement s'expliquer comme il suit la différence des effets produits sur un métal par une charge excessive et par son alliage avec une petite quantité d'un métal de volume atomique différent. La charge excessive produit une disposition intermoléculaire, c'est-à-dire une polarisation des molécules, tandis que l'alliage produit un changement dans

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les molécules mêmes, c'est-à-dire dans l'arrangement de leurs atomes. Représentons-nous les molécules d'un corps isotrope comme des sphères uniformément distribuées (fig. 10), et s'attirant mutuellement. Une déformation longitudinale ou un laminage auront pour effet de les polariser comme en figure 11, et il est évident que, comme l'a fait remarquer Hartmann, la déformation n'a pas lieu dans la direction même de la force qui la produit, mais dans une direction inclinée parallèle au glissement (*Ilip*) (fig. 12). Il en résulte que les forces en jeu varient d'un point à l'autre de la pièce. Après une faible déformation produite par une petite charge, quelques molécules peuvent se trouver définitivement déplacées, comme en figure 12, passant d'une position d'équilibre stable à une autre également stable, et ne plus revenir à leur position primitive, même après l'enlèvement de la charge. On appelle limite d'élasticité, la charge à partir de laquelle cette redistribution se manifeste pour un grand nombre de molécules ; le

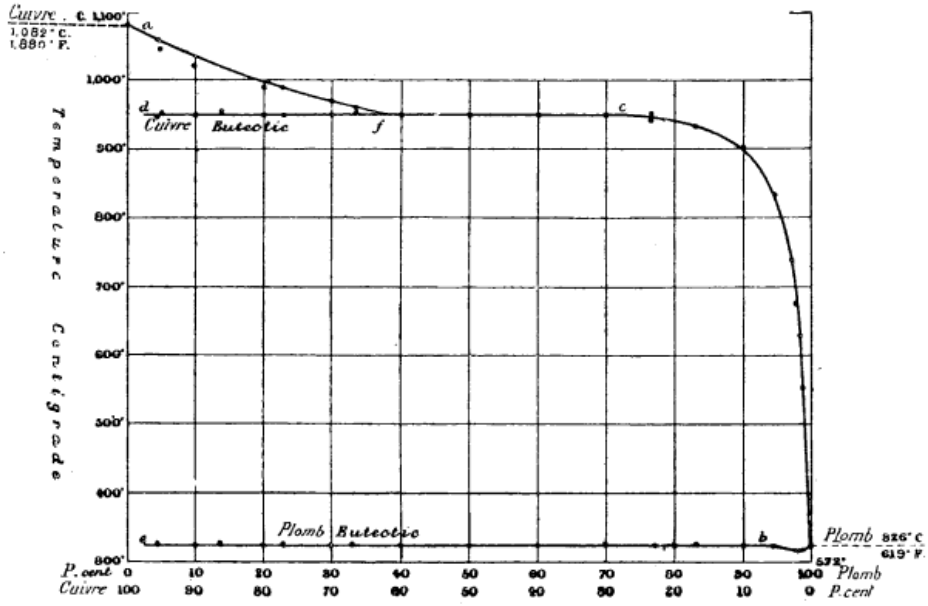


Fig. 14. — Courbe de fusibilité des alliages cuivre-plomb.

glissement moléculaire se fait alors, comme on le sait, suivant des directions à 45° de celles des efforts. Les lignes de Luders semblent fournir la preuve de ces déformations moléculaires qui, suivant Hartmann, se propagent en spirales inclinées sur la direction des charges (1) (fig. 13).

D'après Hartmann, la limite d'élasticité est atteinte quand la charge dépasse la force de cohésion qu'elle met en jeu, et elle augmente quand la chaleur spécifique diminue. Telle est aussi l'opinion de Tomlinson. Fessinden pense que la rigidité dépend du volume atomique et la limite d'élasticité des métaux du volume de l'élément ajouté. Quant aux expériences sur cette limite, il faudra les exécuter sur des fils, ainsi que l'a démontré lord Kelvin (2).

(1) *Bulletins* de septembre 1896, p. 1218, et de janvier 1897, p. 103.

(2) L'auteur aborde ici la question de la *diffusion des métaux*, au sujet de laquelle il nous suffira de renvoyer au mémoire original publié dans le *Bulletin* de février 1897, p. 243.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Relation entre le point de fusion des alliages et le volume atomique de leurs métaux constituants. — En 1879, Raoul Pictet démontra qu'il existe une relation intime entre le point de fusion des métaux et l'amplitude de leurs vibrations moléculaires qui, aux températures ordinaires, diminue à mesure que le point de fusion s'élève, ainsi d'ailleurs que la ténacité; en outre, il existe, pour chaque métal, une relation simple entre son poids atomique, l'amplitude des mouvements de ses molécules sous l'influence de la chaleur (coefficient de dilatation) et son point de fusion. Il en résulte, comme nous l'avons établi dans le précédent rapport, que la température absolue du point de fusion d'un métal doit être fonction de son volume atomique, parce que ce dernier est inversement proportionnel à l'accroissement de l'amplitude des vibrations moléculaires avec la température, dont le taux s'obtient en multipliant le coefficient linéaire de dilatation par la racine cubique du volume atomique (1). Depuis ce rapport, on a étudié à ce point de vue un grand nombre d'alliages dont on a représenté en figure 15 les courbes de ténacité en fonction des points de fusion. Tous ces alliages avaient, après coulée, été martelés à la main, de manière à réaliser autant que possible un type d'éprouvettes uniforme. Ces éprouvettes avaient presque toutes 150 millimètres de long sur $7^{mm},6$ de diamètre. La relation entre les points de fusion et la ténacité se manifeste beaucoup plus clairement avec les alliages forgés qu'avec leurs métaux, probablement parce que les alliages sont moins affectés que les métaux par les traces inévitables d'impuretés. Matthiesen a démontré, dans son célèbre mémoire sur la conductibilité électrique des alliages (1860) qu'un grand nombre de métaux éprouvent probablement un changement allotropique quand on lui ajoute un autre métal et que l'addition des premiers 5 à 10 p. 100 de ce métal amène des changements plus prononcés que les additions successives. Le fait que les métaux se trempent par leur alliage et par le forgeage donne à penser que les alliages martelés sont mieux en état de faire voir s'il existe ou non un rapport entre le point de fusion et la ténacité. L'expérience démontre qu'un grand nombre d'alliages sont compris dans la courbe AB (fig. 15), qui semble indiquer entre eux cette relation; les métaux purs sont au contraire caractérisés par la courbe AC, qui montre que ces métaux sont, en ce qui concerne leur point de fusion, moins consistants que les alliages. Certains alliages font exception et sont beaucoup plus faibles que ne le ferait penser leur point de fusion, mais ils sont composés de métaux de volumes atoniques peu différents et se rapprochent d'autant plus que ces volumes sont moins différents. Enfin, les véritables composés de métaux, en général très cassants,

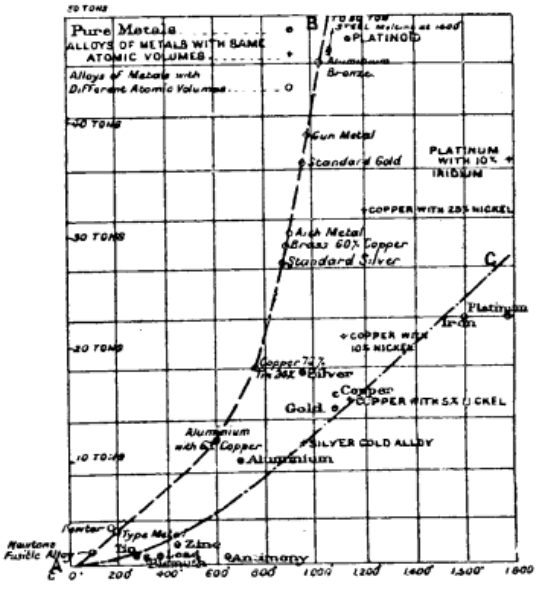


Fig. 15.

(1) *Philosophical transactions of the Royal Society*, 1860, p. 161.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

s'écartent à la fois des courbes B et C. Tel est le cas de certains alliages de cadmium et d'or ou d'argent et de quelques laitons, mais cela vient, comme l'a montré Fessenden, non de leur faiblesse intrinsèque, mais de ce que, dans les éprouvettes ordinaires, leur impossibilité de plier provoque des ruptures dès que la charge cesse d'être appliquée d'une manière tout à fait uniforme. C'est ainsi que le quartz, assez faible en baguettes, devient très résistant quand on l'étire en fibres. Les compositions de l'acier sont si variables qu'il est difficile d'en fixer le type, mais il est néanmoins intéressant de constater que la ligne AB prolongée passerait par l'acier trempé à point de fusion de 1400° et résistant à une charge de 140 kilos par millimètre carré. Les observations qui précèdent ne répondent pas encore à des certitudes absolues. Tous les membres d'une même série d'alliages ne se classent passe suivant ces courbes, bien que l'on puisse souvent

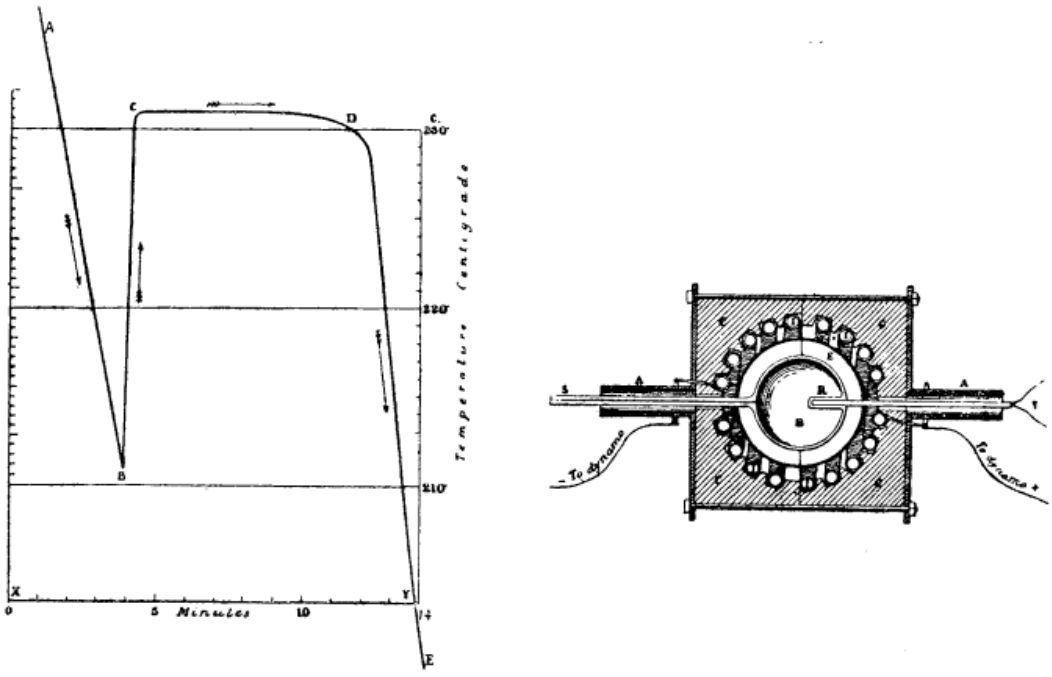


Fig. 16 et 17. — Courbe de fusion de l'étain.

en considérer les exceptions comme des composés cassants; mais néanmoins, les résultats généraux déjà obtenus peuvent être considérés comme très suggestifs, en ce sens qu'ils constituent la base d'une classification étendue des alliages.

Perfectionnements du pyromètre enregistreur. — Le précédent appareil présentait l'inconvénient d'exiger de grandes déviations angulaires du miroir, dont on fatiguait ainsi les fils de suspension, au point d'obtenir difficilement des lectures consécutives et comparables. Afin de conserver aux indications du galvanomètre leur sensibilité tout en assurant son retour au zéro, l'on employa, bien fixé dans une cave, un galvanomètre spécial de Muirhead, que le courant du thermo-jonction aurait dévié de 50 degrés environ; mais, au lieu d'envoyer ce courant directement au galvanomètre, on le fit opposer par le courant d'une pile de Clarke réglé par un potentiomètre de façon à ne laisser arrriver au galvanomètre qu'une fraction parfaitement déterminée du courant du couple. C'est ainsi que, pour obtenir la courbe A B C D (fig. 16) de la solidification de l'étain, tandis que le couple thermo-électrique était bien à la température de cette

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fusion (231°), l'aiguille du galvanomètre n'était déviée de la ligne XX correspondant à zéro que de l'angle correspondant à une température de 27°. Ce courant, correspondant à la différence 231 — 27 = 204°, était neutralisé par celui de la pile et mesuré par le potentiomètre. Les déviations du galvanomètre peuvent être rendues aussi très faibles, même pour de hautes températures sans diminuer sa sensibilité, puisque l'on n'augmente pas sa résistance; on le voit par ce fait que la distance BC, qui représente la surfusion de l'étain, n'est que de 20°. On a aussi remplacé le mécanisme d'horlogerie de l'ancien appareil par une clepsydre consistant en un flotteur guidé portant la plaque photographique, le tout enfermé dans une chambre noire percée d'une fente horizontale traversée, devant la plaque photographique, par le rayon du miroir. On évitait ainsi le halo photographique; et l'opérateur pouvait se déplacer sans crainte d'intercepter le rayon parfaitement visibles du galvanomètre, condition précieuse étant donné la nécessité d'exécuter pendant l'expérience les compensations électriques.

Comparaison des thermomètres pyro-électriques et à air. — Après avoir cité quelques-unes des expériences démontrant cette concordance, notamment celles de MM. Holborn et Wien (1), M. Roberts Austen conclut que l'on peut, avec les thermo-jonctions, apprécier des différences de températures entre 1100° et 2000° à un dixième de degré près. Néanmoins, il serait très intéressant de pouvoir déterminer exactement au thermomètre à air le point de fusion de l'or, qui constitue un excellent repère, et sur la fixation duquel il existe une incertitude d'une dizaine de degrés. On a déjà fait à ce sujet quelques expériences préliminaires au moyen (fig. 18) d'une boule B de porcelaine de 360 centimètres cubes, vernie à l'extérieur et pourvue d'une longue tige S, permettant de mesurer les dilatations de l'air qu'elle renferme. Une tubulure en forme de poche R permet d'introduire une thermo-jonction T au centre de la boule. Cette thermo-jonction est isolée par un tube d'argile, et le tout est enfermé dans une chambre C de terre réfractaire, en deux parties assemblées par des ferrures, chauffée par le passage d'un courant dans les résistances I I et tournant sur les axes A A pour assurer l'uniformité de la température, dont la régularité est assurée par une enveloppe de fer E. Après avoir maintenu la température constante pendant un temps suffisamment long, on compare les indications du couple thermo-électrique et du thermomètre à air.

Les incertitudes relativement au point de fusion de quelques métaux proviennent souvent de la différence des conditions dans lesquelles on les a déterminés. C'est ainsi que Hycock et Neville ont trouvé que le cuivre fond à 19°,8 au-dessus de l'or, et Holborn et Wien à 10°, différence due probablement à la présence d'un peu d'oxygène dissous dans le cuivre. En outre, il est rare que la température d'une masse de métal reste constante pendant toute la durée de sa solidification, il faut donc en noter les températures initiales et finales, et le pyromètre auto-enregistreur rend seul possible la constatation exacte des phases de la solidification ou de la fusion qui se produisent aux différentes températures.

Conclusions. — Les travaux du comité se sont largement étendus depuis deux ans et la constatation d'un mouvement moléculaire constant et actif dans les solides ne peut être que très importante pour toutes les industries qui emploient les alliages métalliques.

M. Roberts Austen termine son rapport par des remerciements à l'adresse de ses collaborateurs, MM. Merritt et Stansfield. G. R.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

NOTES DE MÉCANIQUE

TAILLE DES PIGNONS CONIQUES ET HÉLICOÏDAUX, d'après **M. J.-H. Gibson** (1).

Soit (fig. 1) D le profil ou gabarit agrandi d'une dent d'un pignon conique; une tige mince, pivotée au sommet de ce cône et guidée par D, dessinera le profil exact de sa denture C.

On reconnaît, sur les figures 2 à 7, en 11-11, le gabarit décrit du sommet du cône 3, et que le centre du galet 10 de la glissière 7, à bras 8, porte-outil 9 et articulation universelle 6, autour de 3, est obligé de suivre, de manière que l'outil 18, animé d'un mouvement de va-et-vient par 14-15, décrive le profil exact et réduit de 11-11 sur le pignon 1, dont l'arbre 2, à diviseur 5, pivoté en 3, est incliné de la conicité voulue sur le secteur 4. Le porte-outil 9 peut, à cet effet, s'incliner latéralement par 7 de manière que la coupe de l'outil attaque bien le pignon suivant les génératrices du profil 11, comme en figures 6 et 7. L'avance de l'outil se donne, à chaque course, par les tocs 24-24, le rochet 23, 22, 12 et l'écrou 21 de la vis 20-27 montée, comme lui, sur articulation sphérique. Au fond de taille, la butée ajustable 25 arrête automatiquement l'avance. Le gabarit est monté sur un arc 28, concentrique au cercle primitif 29. Cette machine très simple, construite par Hulse, a donné d'excellents résultats.

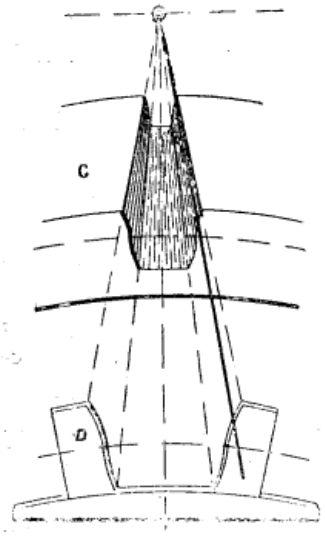


Fig. 1. — Machine à tailler les pignons coniques de *Gibson*. Principe de la machine.

La machine à tailler les roues hélicoïdales se compose (fig. 8 à 10) d'un plateau sur lequel on fixe la roue à tailler 5, et qui est mis en rotation par le train hélicoïdal 1-2, dont l'arbre 3 commande l'arbre 6 du porte-outil par le train variable 11-12. Le pignon 12 est calé sur l'écrou 14, fileté sur la vis 20 de 6 et solidaire du pignon 16, de 40 dents, qui entraîne, par les satellites 18-18, le pignon 17, de même diamètre que 16, mais à 42 dents et rainuré sur 20. Il en résulte, qu'à chaque tour de 20, l'étoile 21, qui vient heurter le loquet 25, amené devant elle par la came 23 et le levier 24, fait avancer l'outil 22 d'un cran, de son point d'attaque 29 à son point de sortie 30, suivant le tracé pointillé, de manière qu'il agit comme une fraise hélicoïdale (2) ayant autant de dents que l'outil fait de tours pendant cette opération.

Il suffit de monter sur 6 deux outils diamétralement opposés, ou 3 outils à 120°, pour tailler ainsi des pignons à double ou triple filet.

Cette machine peut tailler en un jour une roue en bronze de 750 millimètres, à pas de 45 millimètres.

RIVEUSE RHODES, POUR CHAINES DE BICYCLETTES

Dans cette ingénieuse machine, qui figurait parmi les machines-outils présentées par la maison Pratt-Whitney à l'Exposition du Cycle, le rivetage des axes de la chaîne

(1) *Engineering*, 26 mars et 2 avril, p. 404 et 438.
(2) *Bulletin* de décembre 1894, p. 952.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

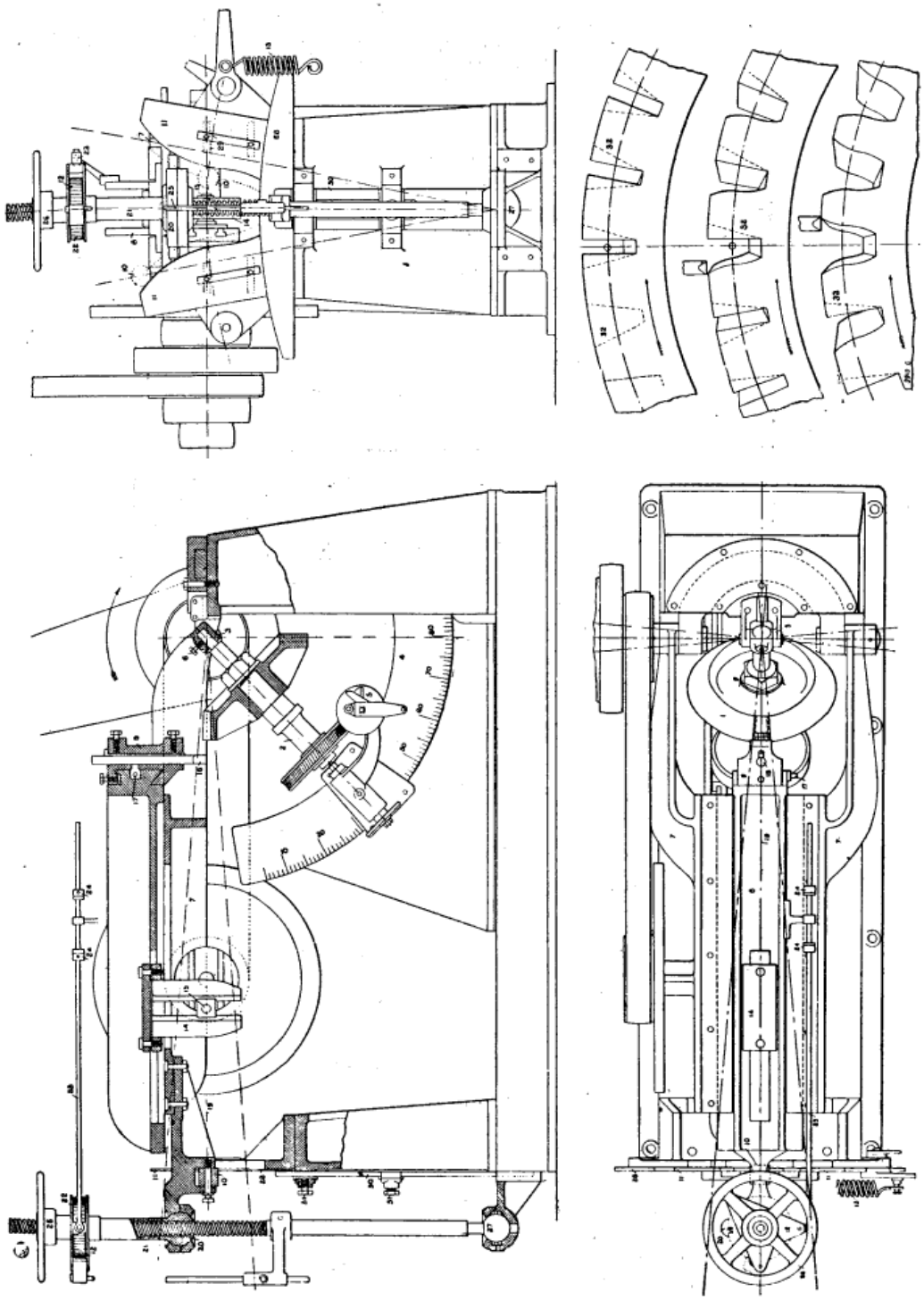


Fig. 2 à 7. — Machine à tailler les pignons coniques de *Gibson*. Coupe verticale vue par bout. Plan et Détail d'une taille.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

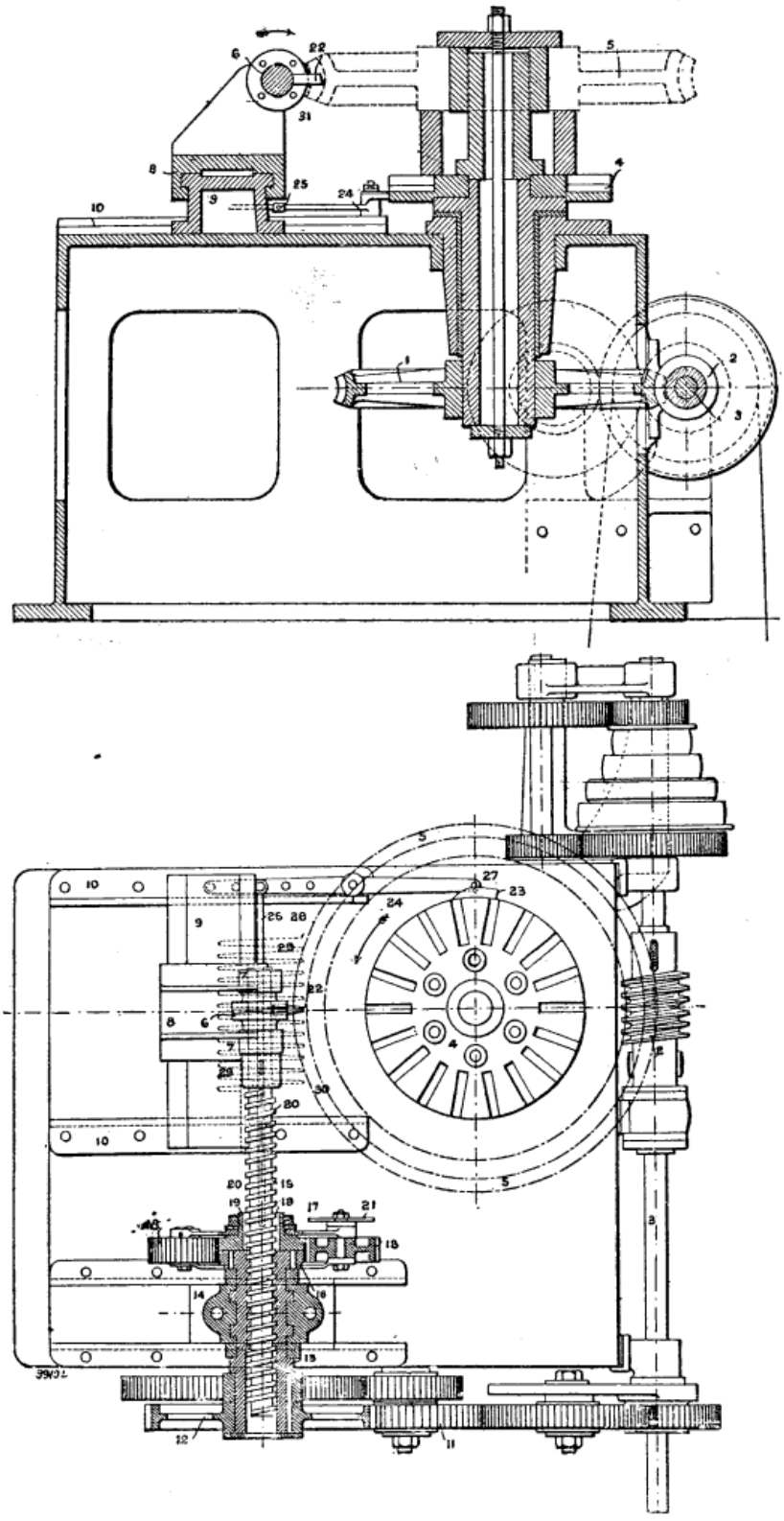


Fig. 8 et 9. — Machine à tailler les pignons hélicoïdaux de *Gibson*. Coupe verticale et plan.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

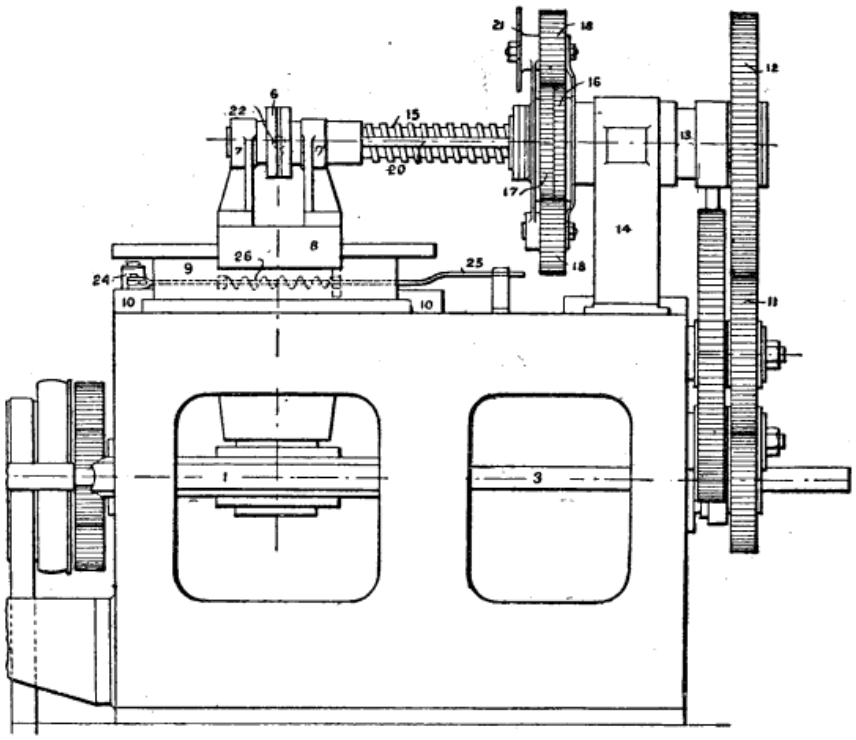


Fig. 10 et 11. — Machine à tailler les pignons hélicoïdaux de *Gibson*. Vue par bout.

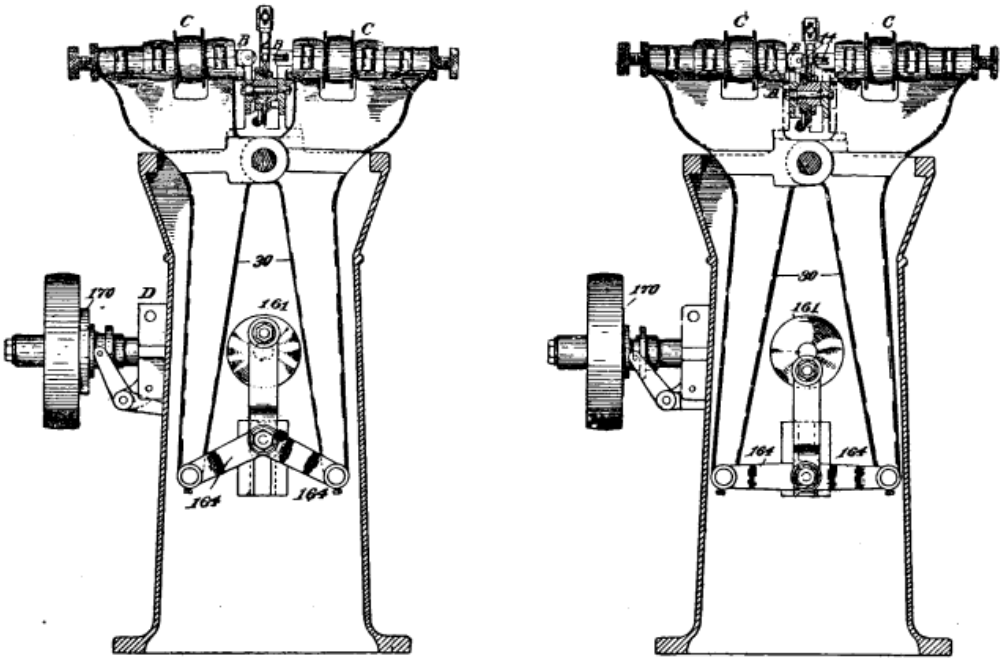


Fig. 12 et 13. – Riveuse *Rhodes*. Élévation. Détail du fonctionnement du genou.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

s'opère au moyen de deux galets B 44, B 44 (fig. 12 et 21) au profil de la tête du rivet, mis constamment en rotation perpendiculairement à leur axe par les poulies C, et

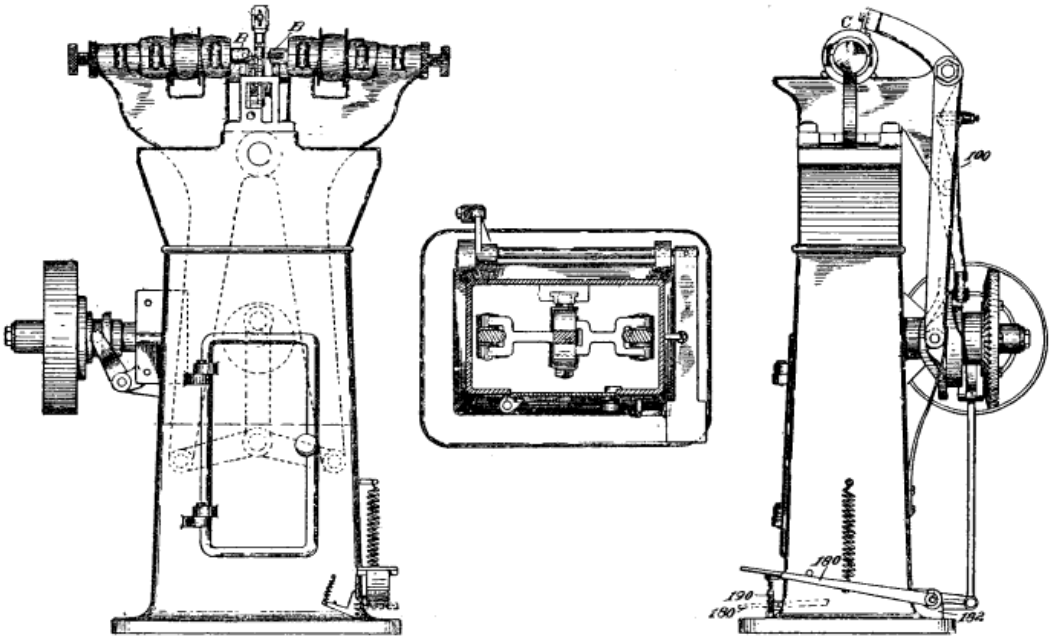


Fig. 14 à 16. — Riveuse *Rhodes*. Élévation, vue par bout et coupe horizontale par le genou.

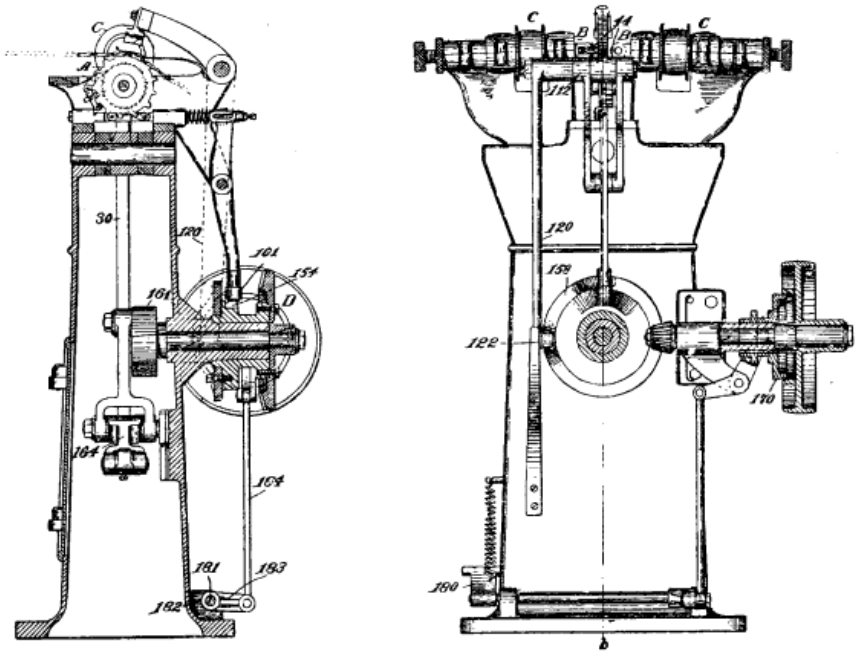


Fig. 17 et 18. — Riveuse *Rhodes*. Coupe verticale, transversale *bb* et par la poulie motrice.

poussés sur le rivet par les leviers 30 du genou 161-164. Cette poussée est reçue (fig. 19) par les billes sur une crapaudine ajustable par la vis 58.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La chaîne à river passe entre ces riveuses sur une roue 80, ajustable par 81 sur un rochet 82, à dents alternativement longues et courtes, comme l'écartement variable des

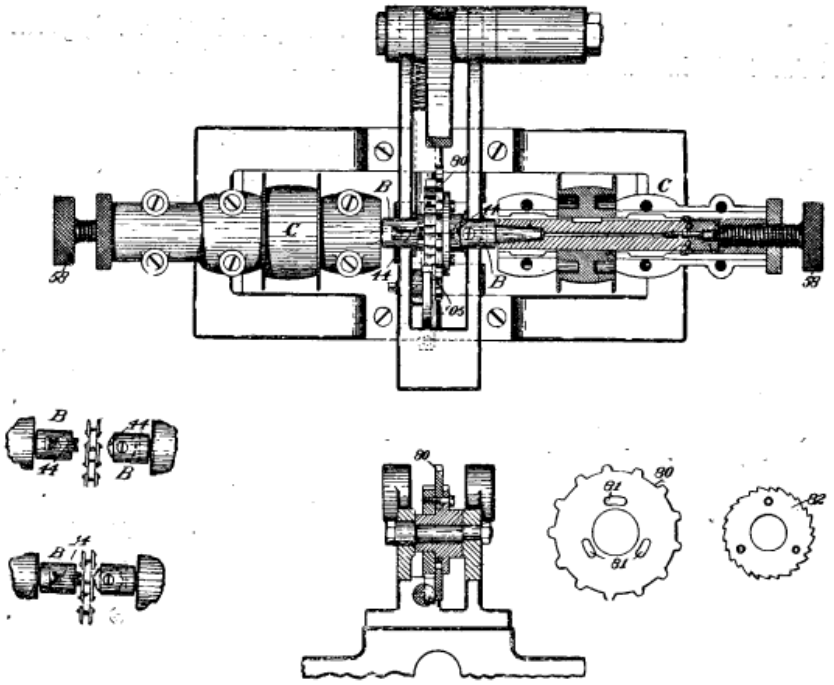


Fig. 19 à 25. — Riveuse *Rhodes*. Détail des poupées riveuses, du porte-chaînes et des molettes.

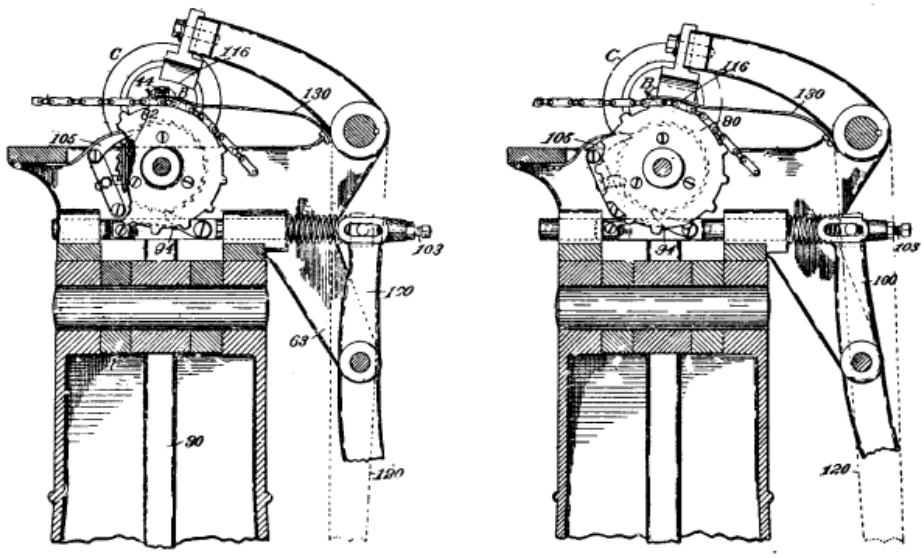


Fig. 26 et 27. — Riveuse *Rhodes*. Détail du fonctionnement du porte-chaîne et de l'appui.

rivets, et monté (fig. 20) sur un axe à excentrique permettant de régler exactement la hauteur de la chaîne. Ce rochet, à contre-cliquet 105 (fig. 26), reçoit son avance du cliquet 94, par le levier 100, réglable en 103, à galet 101 (fig. 17), roulant sur la came

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

154. Enfin, pendant le rivetage, la chaîne est maintenue à la fois par le ressort 130 (fig. 26) et par le tas 116, dont le levier 120 est commandé, en 122, par la came 158 (fig. 18).

Une pédale 180, ordinairement maintenue par le loquet 190 (fig. 16), permet la mise en train et l'arrêt de la machine par l'embrayage 170.

FRAPPEUR PNEUMATIQUE **Rinsche.**

Ce frappeur analogue à celui de Boyer (1) et construit par la Chouteau Manufacturing C°, de Missouri, fonctionne comme il suit :

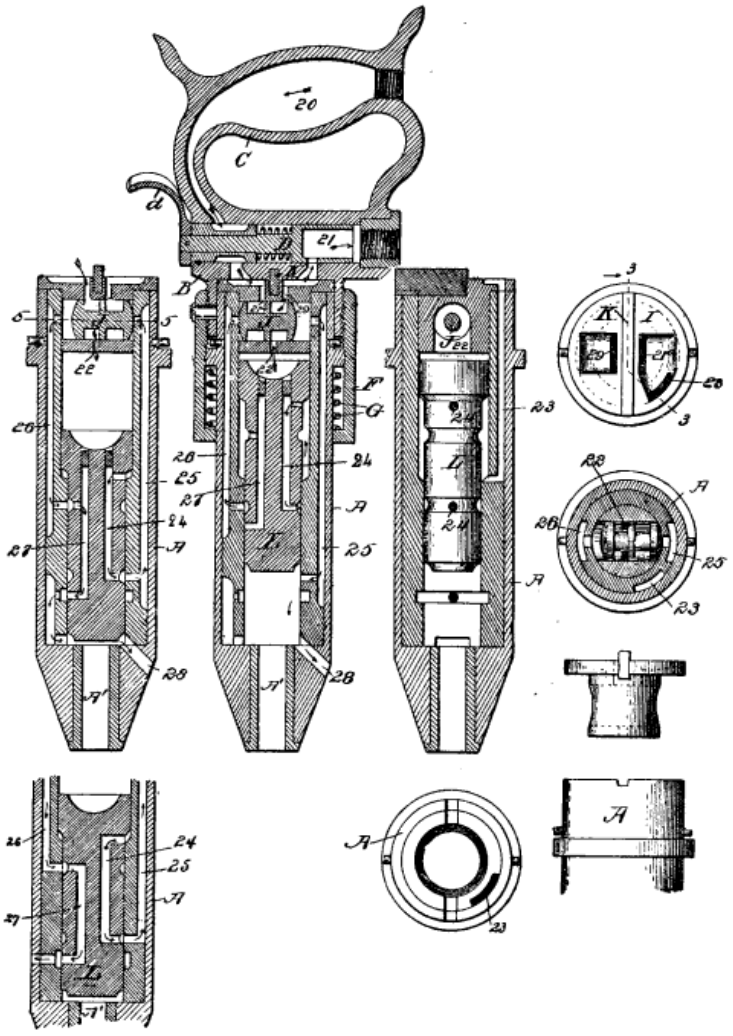


Fig. 28 à 36. — Frappeur pneumatique *Rinsche* en pleine marche. Coupes verticales, diamétrales et 3-3. Coupe 5-5. Plan.

Les pièces occupent les positions indiquées en figure 28, l'air comprimé arrive par 20-21$_a$ (fig. 29) sur le piston différentiel L, qu'il pousse en avant malgré la pression

(1) *American Machinist*, 18 mars 1897.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de rappel qu'il exerce par 23 (fig. 29) sous ce piston ; à la fin de cette course (fig. 36), le canal 24 du piston passe devant le canal 25, par où l'air comprimé arrive à droite du tiroir J et le repousse dans la position figure 29, l'air qui se trouve à gauche de J s'échappant (fig. 28), par 26-27-28. L'air s'échappe alors du dessus du piston frappeur L, par 22-29-21, puis, à la fin de la montée de ce piston, 24 admet, par 26, de l'air à gauche de J, qui se trouve ainsi ramené dans la position figure 28, l'air à droite de J

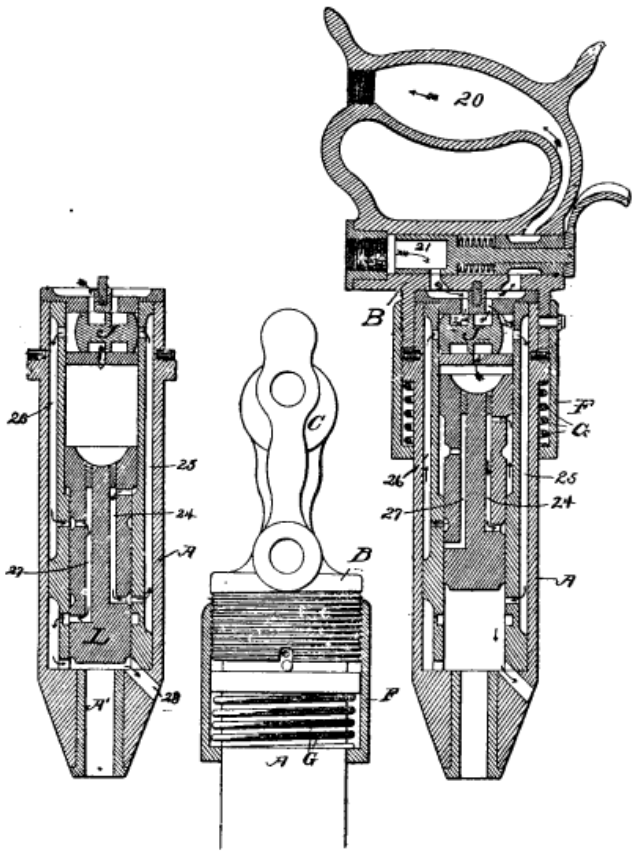


Fig. 37 à 39. — Frappeur pneumatique *Rinsche* en marche ralentie.

s'échappant par 25. Le retour du piston peut être plus ou moins ralenti en tournant, par *d*, l'échappement D, de manière à étrangler l'échappement 21, mais sans affaiblir le choc du piston L sur l'outil guidé en A'.

En figures 37 et 39, on a retrouvé la tête C de manière que l'échappement se fasse par 20 et l'admission par 21, et que l'on puisse, en étranglant l'admission, faire varier la puissance et la rapidité des coups. Comme précédemment, l'air admis par 21-21$_a$ repousse le piston, puis, à la fin de cette course, l'air admis par 24-23 à gauche de J l'amène de la position figure 40 à cette figure 42, les phases de la distribution se poursuivent dans le même ordre que précédemment.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le cylindre A est relié à la poignée C. R. F. par un ressort G (fig. 38) qui en amortit les chocs sur la poignée.

POINÇONS COMPOSÉS LUCAS (1)

Le poinçon représenté par la figure 40 sert à découper des rondelles de mica : le poinçon A fait le trou central et B, rentrant dans la matrice (*Cut*), découpe la circonférence maintenue par la pression élastique des bords.

Le poinçon figure 41 sert au découpage des tôles de dynamos (fig. 42). A fait le

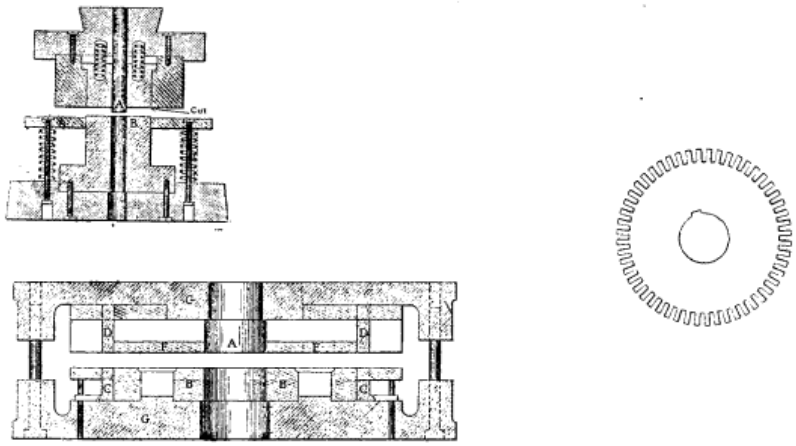


Fig. 40, 41 et 42. — Poinçons composés *Lucas*.

trou central en même temps que les petits poinçons DDD font les cannelures, le plateau F dégage ensuite la tôle en la repoussant de D. Le bloc G est en acier fondu, la matrice B et les poinçons sont en acier trempé. Épaisseur de la tôle 1 millimètre; longueur des sections découpées $7^{m},10$, pression 16 000 kilos.

ROUES DE VOITURES BÉGUIN

La boîte A (fig. 43) de la roue reçoit les deux disques que supportent les deux faisceaux circulaires de rais R. Entre ces deux disques, est disposé le manchon de caoutchouc B, qui donne une tension élastique à l'ensemble du système.

Chacun des disques servant à maintenir les rais est composé de deux parties cc', qui s'emboîtent l'une l'autre, et qui sont réunies par des rivets r.

C'est entre les disques cc' que sont disposés et maintenus les rais R; des fourrures de caoutchouc x, destinées à former également un organe de tension élastique et à atténuer l'usure entre les parties métalliques, sont interposées entre les rais, dans les V

(1) *Bulletin* d'avril 1896, p. 618.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qui forment leurs jonctions. Des butées D et E, également en caoutchouc, sont disposées autour de la bague A, d'un côté et de l'autre des rayons R.

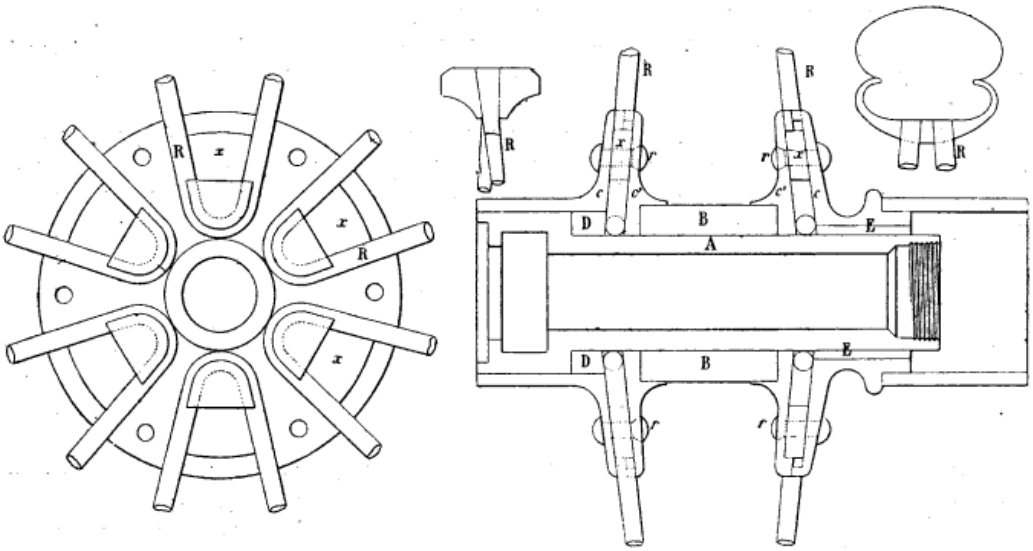


Fig. 43 à 47. — Roue élastique *Béguin*.

Ce système a, d'après son inventeur, donné à l'essai, avec une voiture portant des formes d'imprimerie, un roulement très doux comparable à celui des pneumatiques.

SUR LA PROPAGATION DES DÉFORMATIONS DANS LES MÉTAUX SOUMIS A DES EFFORTS.

NOTE DE **M. Mengin** (1)

Dans une note présentée à l'Académie des sciences en 1894, M. le commandant Hartmann a décrit les expériences méthodiques de traction, compression, flexion, mandrinage, etc., qu'il a exécutées, surtout avec l'acier, dans le but de démontrer que la déformation des métaux soumis à des efforts ne se propage pas progressivement d'un point à tous les points voisins, mais qu'elle se fait par ondulations, en se subdivisant en zones discontinues, géométriquement distribuées d'après des lois bien déterminées.

Des expériences nouvelles, effectuées depuis à la Section technique de l'Artillerie sur l'aluminium, l'acier-nickel à 25 p. 100, le métal Delta et le laiton, ont montré que ces métaux obéissent aux mêmes lois générales que l'acier, en donnant lieu toutefois à des particularités spéciales des plus intéressantes, en ce qui concerne le caractère et le mode de propagation des ondes de déformation.

1° *Aluminium.* — Quand une barrette d'aluminium est soumise à un effort de traction, on voit apparaître, aussitôt la limite élastique atteinte, des ondulations régulières de deux systèmes conjugués, analogues à celles de l'acier. Mais, alors que ce dernier métal donne lieu à des réseaux composés de sillons généralement très étroits, on observe avec l'aluminium des nappes très étendues et d'apparence fugitive, mais cependant très appréciables au toucher; de plus, les ondulations ne sont pas continues, quelque grande que soit la régularité de la traction, elles se propagent par bonds, suivant des zones également inclinées sur la direction de l'effort. Le phénomène se poursuit jusqu'au moment où la déformation se localise dans une des ondu-

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 29 mars 1897.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lations, en produisant une striction sous la forme d'une dépression de même inclinaison que cette ondulation. Au delà de la striction, la rupture se produit généralement soit suivant une dépression d'un des deux systèmes, soit suivant la bissectrice de l'angle formé par deux dépressions conjuguées, si ces dépressions ont même valeur.

On constate, comme pour l'acier, que les ondulations se correspondent exactement sur les deux faces de la barrette et que, par suite, elles ne sont pas dues à un simple mouvement de la couche superficielle.

2° *Acier-nickel à 25 p. 100.* — Avec l'acier-nickel à 25 p. 100, la marche du phénomène est analogue ; seulement, aussitôt la limite élastique atteinte, toute la surface est recouverte d'une sorte de damier constitué par des lignes faisant toutes un même angle avec la direction de l'effort. Les ondulations très larges apparaissent ensuite comme celles de l'aluminium, mais leur propagation se fait d'une manière presque continue, tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre ; quelquefois même, elles affectent la forme d'un X dont les branches constituent un système de lignes ayant la même inclinaison sur l'axe que les lignes isolées.

Le phénomène se poursuit ainsi jusqu'à la formation d'une striction au milieu d'un ensemble d'ondulations qui se localisent dans une zone bien déterminée. En dehors de cette zone, où se trouvent réparties les déformations très nettes, la barrette ne garde aucune trace de ces mouvements moléculaires qui sont tout à fait passagers.

En interrompant un instant l'action de l'effort, l'ondulation qui est en jeu s'arrête brusquement, pour reprendre au même point, dès que la traction s'exerce à nouveau.

3° *Métal Delta.* — Le métal Delta présente les mêmes particularités que l'acier-nickel, avec cette différence que les ondulations en forme d'X sont plus nombreuses et qu'elles se propagent d'une façon plus continue. La vitesse de propagation est du reste fonction de la vitesse de transmission de l'effort, et le nombre d'ondulations en jeu augmente avec cette vitesse de transmission.

4° *Laiton.* — Avec un laiton fortement écroui, on voit se produire immédiatement et brusquement, aussitôt la limite élastique atteinte, une série de déformations rectilignes nettement tracées, qui font toutes rigoureusement le même angle avec la direction de l'effort, et qui s'étendent sur la surface, à mesure que la traction augmente. Pas plus que pour l'acier, ces déformations ne sont des lignes au sens géométrique du mot ; ce sont de véritables dépressions, dont la largeur atteint plusieurs millimètres, et qui laissent apercevoir un réseau très fin de stries parallèles aux deux systèmes conjugués de déformations.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

PROCÈS-VERBAUX

Séance du 26 mars 1897.

Présidence de *M. Mascart*, président.

M. le Président fait part au Conseil de la perte douloureuse que la Société vient d'éprouver en la personne de *M. le colonel Pierre, vice-président honoraire* de la Société, décédé le 24 mars, à l'âge de 85 ans. M. le colonel Pierre a été, tant que ses forces le lui ont permis, l'un des membres les plus dévoués du Comité des Arts mécaniques. En 1896, le Conseil de notre Société lui décerna, en témoignage exceptionnel de ses éminents services, le titre de vice-président honoraire. M. le colonel Pierre laisse, parmi nous, le souvenir le plus cher et le plus respecté.

Correspondance. — *MM. Collignon* et *Aimé Girard*, secrétaires, dépouillent la correspondance.

MM. Marre, P. Renard et *Roy* remercient le Conseil de leurs nominations de membres de la Société.

M. H. Branche demande une annuité de brevet pour une *voiture automobile*. (Arts mécaniques.)

M. J. Dages présente plusieurs *inventions mécaniques*. (Arts mécaniques.)

M. Vinsonneau présente une *scie pour métaux à chaud*. (Arts mécaniques.)

M. H. Hubsch présente des spécimens de *cuirs ciselés pour ameublement*. (Comité des Beaux-Arts.)

Correspondance imprimée. — *MM. les Secrétaires* présentent, avec remerciements aux donateurs, les ouvrages mentionnés à la page 442 du *Bulletin* de mars.

Nominations de membres du Conseil. — Sont nommés membres du Conseil :

Au Comité des *Arts mécaniques :*

M. E.-A. Barbet, ingénieur civil, en remplacement de M. A. Tresca;

M. Diligeon, ingénieur-mécanicien, en remplacement de M. Boutillier, nommé membre honoraire.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Au Comité des *Arts économiques :*

M. Lyon, ingénieur civil des mines, directeur de la maison Pleyel et Wolff.

Au Comité du *Commerce :*

MM. Paulet et *Dupuis*, ingénieur civil des mines, en remplacement de MM. Christofle et Magnier, nommés membres honoraires.

Nominations de membres de la Société. — Sont nommés membres de la Société :

M. René Delourme, de la maison Marchand frères, présenté par *M. Aimé Girard;*

M. Desmazures, négociant en produits chimiques, présenté par *M. Aimé Girard;*

M. Chambeyron, membre de la chambre de commerce de Lyon, présenté par *M. Aimé Girard;*

M. Cormouls-Houlès, manufacturier à Mazamet, présenté par *M. Aimé Girard;*

M. l'Administrateur délégué de la Société d'Électrochimie, à Paris, présenté par *M. Aimé Girard;*

M. Chevallier-Appert, fabricant de conserves alimentaires, à Paris, présenté par *M. Aimé Girard.*

Conférence. — *M. Falize* fait une conférence sur *les bijoux d'autrefois et ceux d'à présent.*

M. le Président remercie et félicite vivement *M. Falize* de sa belle conférence, fréquemment applaudie.

Séance du 9 avril 1897.

Présidence de *M. Mascart*, président.

Correspondance. — *MM. Collignon* et *Aimé Girard*, secrétaires, dépouillent la correspondance.

MM. Barbet, Lyon, et *G. Paulet* remercient le Conseil de leur nomination comme membre des Comités des *Arts mécaniques*, des *Arts économiques* et du *Commerce.*

M. H. Reader Lack, membre correspondant du Comité du commerce, annonce qu'il quitte, à partir du 5 avril, la direction du Patent-office de Londres, où il sera remplacé par *M. C. N. Dalton*. C. R.

MM. Robert et *Porte* demandent une annuité de brevet pour une *bouteille permettant d'empêcher la fraude.* (Arts économiques.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. Delaurier. Moteur marin. (Arts mécaniques.)

M. J. Pecout, 5, rue de la Selle (Périgueux). *Chaîne élastique résistant aux chocs.* (Arts mécaniques.)

M. P. Brousset, 63, rue Dulong. Appareil dit *Détective* pour indiquer les courants liquides ou gazeux. (Arts mécaniques.)

La *Société des Arts de Genève* invite la Société d'Encouragement à se faire représenter à l'inauguration du monument de Daniel Colladon.

Correspondance imprimée. — *MM. les Secrétaires* présentent, avec remerciements aux donateurs, les ouvrages mentionnés à la page 583 du présent *Bulletin.*

Nominations de membres de la Société. — Sont nommés membres de la Société :

MM. Gaston Japy, manufacturier, présenté par *MM. Mascart* et *Haller;*

Troubat, membre de la Chambre de commerce de Dijon, présenté par *M. Aimé Girard;*

Vermorel, à Villefranche (Rhône), présenté par *M. Aimé Girard;*

Cronier, ingénieur en chef des ponts et chaussées, présenté par *M. Aimé Girard;*

Le commandant *Jacob*, à Paris, présenté par *M. Charpy;*

Le Chatelier (Alfred), à Versailles, présenté par *MM. H.* et *L. Le Chatelier;*

Niclausse (Albert), ingénieur constructeur, présenté par *M. G. Richard;*

Niclausse (Jules), ingénieur constructeur, présenté par *M. G. Richard;*

Notice nécrologique. — *M. C. Lavollée* lit une notice nécrologique sur *M. A. Legrand*, membre de la Commission des fonds et censeur honoraire de la Société. (Voir p. 453 du présent *Bulletin.*)

Rapport des comités. — Sont lus et approuvés les rapports suivants :

Sur *les vitraux de M. Dandois*, par *M. Appert*, au nom du *Comité des Constructions et Beaux-Arts.* Sur l'ouvrage *la Normandie monumentale*, édité par *M. Lemale*, par *M. S. Pector*, au nom du *Comité des Constructions et Beaux-Arts.*

Sur la *fourche de vélocipède* de *M. de Loma*, par *M. L. Bourdon*, au nom du *Comité des Arts mécaniques.* Sur *l'auto-indicateur Brilliè*, par *M. Hirsch*, au nom du *Comité des Arts mécaniques.*

Communications. — *MM. Gauthier*, ingénieur, et *Thierry*, professeur à l'École forestière de Nancy, font deux communications, l'une sur les *Tubes métalliques flexibles* de M. Rudolph, et l'autre sur les *Transporteurs funiculaires.*

M. le Président remercie ces messieurs de leurs très intéressantes communications qui seront renvoyées au Comité des Arts mécaniques.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

PROGRAMME DES PRIX

PROPOSÉS PAR LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE A DÉCERNER DANS LES ANNÉES 1898 ET SUIVANTES

GRANDES MÉDAILLES

La Société décerne chaque année, sur la proposition de l'un des six comités du Conseil, une médaille en or portant l'effigie de l'un des plus grands hommes qui ont illustré les arts ou les sciences, *aux auteurs, français ou étrangers, des travaux qui ont exercé la plus grande influence sur les progrès de l'industrie française,* pendant le cours des six années précédentes.

Ces grandes médailles seront distribuées dans l'ordre suivant :

1897. Arts chimiques	à l'effigie de Lavoisier.
1898. Architecture et beaux-arts.	— de Jean Goujon.
1899. Agriculture.	— de Thénard.
1900. Arts économiques.	— d'Ampère.
1901. Commerce	— de Chaptal.
1902. Arts mécaniques	— de Prony.

Dans les années précédentes, ces médailles ont été décernées, savoir : en 1868, pour le commerce, à M. *F. de Lesseps;* — en 1870, pour la chimie, à M. *H. Sainte-Claire Deville;* — en 1872, pour l'agriculture, à M. *Boussingault;* — en 1873, pour la physique et les arts économiques, à sir *Charles Wheatstone;* — en 1875, pour le commerce, à M. *Jacques Siegfried;* — en 1876, pour les arts mécaniques, à M. *H. Giffard;* — en 1877, pour les arts chimiques, à M. *Walter Weldon;* — en 1880, pour l'architecture et les beaux-arts, à M. *Ch. Garnier*, architecte; — en 1882, pour les arts économiques, à M. *Gaston Planté;* — en 1883, pour le commerce, à la *Chambre de commerce* de Paris; — en 1884, pour les arts mécaniques, à M. *Joseph Farcot;* — en 1885, pour la chimie, à M. *Michel Perret;* — en 1886, pour les beaux-arts, à M. *Barbedienne;* — en 1887, à M. *Gaston Bazille*, pour l'agriculture; — en 1888, à M. *Émile Baudot*, pour les arts économiques; — en 1889, pour le commerce, à la Société de Géographie commerciale de Paris; — en 1890, pour les arts mécaniques, à M. *Pierre-André Frey;* — en 1890 (hors tour), pour les arts économiques, à M. *Gramme;* — en 1891, pour les arts chimiques, à M. *Solvay;* — en 1892, pour les constructions et beaux-arts, à M. *Froment-Meurice;* — en 1893, pour l'agriculture, à M. *Lecouteux;* — en 1894, pour les arts économiques, à Lord *Kelvin;* — en 1895, pour le commerce, au *Comité de l'Afrique française;* — en 1896, pour les arts mécaniques, à M. *Kreutzberger.*

GRAND PRIX DU MARQUIS D'ARGENTEUIL

Le marquis d'Argenteuil a légué à la Société d'Encouragement une somme de 40 000 francs pour la fondation d'un prix qui doit être décerné, tous les six ans, à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'auteur de la *découverte la plus utile au perfectionnement de l'industrie française, principalement pour les objets dans lesquels la France n'aurait point encore atteint la supériorité sur l'industrie étrangère, soit quant à la qualité, soit quant aux prix des objets fabriqués.*

Le prix de 12 000 francs, ainsi fondé, a été décerné, en 1846, à M. *Vicat*, pour ses travaux sur les chaux hydrauliques; — en 1852, à M. *Chevreul*, pour ses travaux sur les corps gras; — en 1858, à M. *Heilmann*, pour sa peigneuse mécanique; — en 1864, à M. *Sorel*, pour la galvanisation du fer; — en 1870, à M. *Champenois*, pour l'organisation des distilleries agricoles; — en 1880, à M. *Poitevin*, pour ses découvertes en photographie; — en 1886, à M. *Lenoir*, pour son moteur à gaz et l'ensemble de ses inventions; — en 1892, à M. *Berthelot*, secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences, pour ses remarquables travaux, qui ont puissamment contribué aux progrès des industries chimiques.

Ce prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1898.

GRAND PRIX DE LA SOCIÉTÉ

La Société d'Encouragement décerne, tous les six ans, un grand prix de 12 000 francs *à l'auteur de la découverte la plus utile à l'industrie française.* Ce prix alterne avec celui qui a été fondé par le marquis d'Argenteuil.

Il a été décerné, en 1873, à M. *Pasteur*, pour ses travaux sur l'éducation des vers à soie, sur la conservation des vins et sur la fabrication de la bière et du vinaigre; — en 1883, à M. *Faucon*, pour le traitement par submersion des vignes; — en 1889, à M. *Benjamin Normand*, pour l'ensemble de ses travaux mécaniques; — en 1895, à M. *Lippmann* pour sa découverte de la photographie des couleurs.

Il sera décerné de nouveau, s'il y a lieu, en 1901.

PRIX POUR LE PERFECTIONNEMENT DE L'INDUSTRIE COTONNIÈRE

Les *exposants de la classe* 27, à l'Exposition universelle de 1867, sur l'initiative de M. Gustave Roy, ont donné à la Société d'Encouragement une somme de 13 169 fr. 85 pour la fondation d'un prix qui sera délivré, tous les six ans, à celui qui aura contribué le plus efficacement au développement ou aux progrès de l'industrie cotonnière en France.

Ce prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1901.

PRIX POUR LE MATÉRIEL DU GÉNIE CIVIL ET DE L'ARCHITECTURE

Les *exposants de la classe* 65, à la même Exposition universelle, sur l'initiative de M. Elphège Baude, ont donné à la Société d'Encouragement pour l'in-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dustrie nationale une somme de 2 315 fr. 75 c. pour fonder un prix qui sera décerné, tous les cinq ans, *à l'auteur des perfectionnements les plus importants au matériel et aux procédés du génie civil, des travaux publics et de l'architecture.*

Ce prix consiste en une médaille d'or de 500 francs; il sera décerné, s'il y a lieu, en 1900.

PRIX FOURCADE, POUR LES OUVRIERS DES FABRIQUES DE PRODUITS CHIMIQUES

Les *exposants de la classe* 47, à l'Exposition universelle de 1878, sur l'initiative et avec la coopération de M. Fourcade, ont fondé, auprès de la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale, un prix de 1 000 fr. qui sera remis chaque année, en séance publique de cette Société, au simple ouvrier des exposants de la classe 47 ayant le plus grand nombre d'années consécutives de service dans la même maison.

Ce prix est décerné tous les ans; il est de 1 000 francs.

PRIX DE LA CLASSE 50 A L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1867

Les exposants de cette classe, sur l'initiative du baron Thénard, ont donné à la Société d'Encouragement une somme de 6 326 fr. 80 c. pour la fondation d'un prix qui sera accordé à l'auteur du perfectionnement le plus important apporté dans le matériel des usines agricoles et des industries alimentaires.

PRIX PARMENTIER

Les exposants de la classe 50 à l'Exposition universelle de 1889 ont donné à la Société d'Encouragement, sur l'initiative de M. Aimé Girard, une somme de 9 846 fr. 75 c. pour la fondation d'un prix triennal de 1 000 francs, destiné à récompenser les recherches scientifiques ou techniques susceptibles d'améliorer le matériel ou les procédés des usines agricoles et des industries alimentaires.

Ce prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1899.

Prix biennal Meynot *aîné père et fils, de Donzère (Drôme), de la valeur de 1 200 francs, provenant du don de M. Meynot aîné père et fils.*

Ce prix sera attribué s'il y a lieu comme l'indique le tableau p. 555.

1° A celui qui aura inventé ou perfectionné un instrument ou une machine propre à la moyenne ou à la petite culture.

L'invention ou le perfectionnement devra avoir pour résultat de réaliser une amélioration notable et avantageuse soit dans la préparation des terres, soit

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans le traitement des plantes et des animaux, soit encore dans les manipulations des produits de l'exploitation.

Ce prix pourra être encore attribué à celui qui aura introduit soit un procédé perfectionné de culture, soit un végétal ou un animal nouveau propres à accroître les profits de la petite ou de la moyenne culture.

2° Au cultivateur, viticulteur ou maraîcher qui, cultivant son bien ou le bien d'autrui en qualité de colon à mi-fruits ou à prix d'argent, avec les bras de sa famille, soit seul, soit avec un ouvrier *au plus*, donnera le meilleur exemple par sa conduite, son assiduité au travail, par l'ordre dans son ménage et qui, par l'application des meilleures méthodes de culture et de l'outillage le plus perfectionné, aura réalisé les meilleurs résultats dans sa petite exploitation.

Ce prix aura une certaine importance, il constituera une petite fortune pour celui qui l'obtiendra, et fera bénir le bienfaiteur par les familles laborieuses du pays.

La Société joindra à la récompense pécuniaire une médaille d'argent qui en perpétuera le souvenir dans les familles.

Pour atteindre le but et empêcher le prix d'aller à de gros cultivateurs, il faudra tenir la main à ce que les concurrents soient ceux qui cultiveront leur bien avec leurs bras, *seuls ou avec l'aide d'un ouvrier au plus* (homme ou femme).

SUCCESSION DES PRIX

Prix en 1899, pour petite culture : dans la Drôme.
— 1901, — petite culture : dans l'Isère.
— 1903, — invention agricole : dans toute la France.

Au cas où aucun concurrent ne serait jugé digne de la récompense aux époques fixées, le concours sera remis d'année en année, jusqu'à ce qu'un mérite suffisant se soit produit.

En cas de non-attribution, le montant du prix fera retour au capital pour accroître la valeur du prix à distribuer ultérieurement.

Les concurrents devront se faire inscrire avant le 1er janvier de l'année du concours.

PRIX MELSENS

(ARTS ÉCONOMIQUES)

Mme veuve Melsens, voulant perpétuer la mémoire de M. Melsens, son mari, a donné à la Société une somme de 5 000 francs, pour fonder un prix destiné à récompenser l'auteur d'une application de la physique ou de la chimie à l'électricité, à la balistique ou à l'hygiène.

Ce prix, de la valeur de 500 francs, est triennal. Il sera décerné en 1899.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

PRIX SPÉCIAUX PROPOSÉS ET MIS AU CONCOURS

POUR ÊTRE DÉCERNÉS DANS LES ANNÉES 1898 ET SUIVANTES

ARTS MÉCANIQUES

1° **Prix de 2 000 francs** *pour l'application, à la mouture des grains, de procédés donnant des résultats meilleurs que le système habituel.*

Depuis quelques années, on applique des procédés de mouture qui donnent des résultats supérieurs à ceux que fournissent communément les meules.

La Société d'Encouragement pense qu'il est d'un grand intérêt, pour la prospérité de la meunerie en France, soit d'appliquer promptement les procédés perfectionnés connus actuellement ou d'autres meilleurs, soit d'améliorer l'ancien système, de façon à obtenir des résultats plus avantageux.

En conséquence, la Société met au concours un prix de 2 000 francs, qui sera décerné à l'industriel qui aura fait, en France, à la minoterie, l'application la plus considérable et la mieux entendue, soit de nouveaux procédés, soit de perfectionnements aux procédés actuels, et qui sera parvenu par là à produire des farines dans les conditions les plus avantageuses.

Le prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1898.

Deux Prix 2° et 3° **de 2 000 francs** *chacun relatifs à la navigation aérienne.*

Depuis quelques années, grâce aux travaux de MM. Krebs, Renard, Tissandier et autres savants aéronautes, la science de la navigation aérienne a fait des progrès considérables. Sans que le problème de la direction des navires aériens ait encore reçu une solution entièrement pratique, il semble que le moment ne soit plus bien éloigné où il sera possible à l'homme de se soutenir et de se diriger dans les airs : la question, on peut le dire, touche à sa maturité, car les études antérieures ont défini à la fois ce qu'il faut chercher et dans quel sens il faut chercher. On sait aujourd'hui que le problème rentrerait dans la catégorie de ceux que résolvent chaque jour les mécaniciens, si l'on était en possession à la fois d'un moteur très puissant et très léger, et de données et coefficients numériques permettant de calculer l'intensité des réactions qui s'exercent entre une surface mobile et l'air dans lequel elle est en mouvement.

Le Conseil de la Société a pensé que le moment était venu d'aborder enfin ces questions, et c'est pour en hâter la solution qu'il propose les deux prix ci-après :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Prix de 2000 francs *pour un moteur d'un poids de moins de 50 kilogrammes par cheval de puissance.* La puissance est effective et mesurée au frein sur l'arbre de couche.

Le poids est celui de l'appareil moteur complet, y compris, s'il y a lieu, la chaudière, les volants, la tuyauterie, les outils de service et autres accessoires, les approvisionnements pour une marche à pleine puissance pendant deux heures au moins, et les récipients contenant ces approvisionnements. Le moteur devra être produit tout prêt à fonctionner; il sera soumis à des essais sous le contrôle de la Société d'Encouragement; le fonctionnement devra être sûr et régulier. L'agent moteur pourra être quelconque : vapeur, gaz, électricité, etc.

Le prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1899.

Prix de 2000 francs *pour une étude des coefficients nécessaires au calcul mécanique d'une machine aérienne.* Il s'agit de recherches ayant pour objet la détermination des réactions qui se produisent aux divers points d'une surface se mouvant dans l'air, dans les circonstances variées que peut offrir le problème de la navigation aérienne; les principales de ces circonstances sont : l'étendue de sa surface, sa nature, sa forme, sa vitesse, la nature de son mouvement, etc. L'étude aura un caractère essentiellement expérimental; les calculs théoriques ne seront pas exclus, mais en tant seulement qu'ils ne comporteront rien d'hypothétique.

Le prix sera délivré, s'il y a lieu, en 1899.

4° **Prix de 2000 francs** *pour un petit moteur destiné à un atelier de famille, fonctionnant isolément ou rattaché à une usine centrale.*

On a souvent signalé l'intérêt qu'il y aurait, pour le petit fabricant en chambre, à se procurer commodément et à bon marché, toutes les fois qu'il en aurait besoin, la petite quantité de travail pour laquelle il a ordinairement recours à l'assistance momentanée d'un tourneur de roue.

Un prix est proposé, dans ce but, pour un moteur à arbre rotatif, pouvant mettre à peu de frais, à la disposition de l'ouvrier en chambre, un travail de 6 à 20 kilogrammètres par seconde. Les dispositions proposées devront permettre de faire varier, entre ces limites, la puissance disponible, sans présenter de trop grands écarts dans le rendement; et, s'il est possible, elles devront se prêter aux vitesses les plus convenables, suivant la nature de l'opération à effectuer.

La solution de cette question aurait pour conséquence de favoriser le travail en famille.

La Société a décerné quatre fois ce prix : la première fois, à un moteur hydraulique utilisant l'eau des conduites d'une ville; la deuxième, à un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

moteur à vapeur; la troisième, à un moteur à gaz; et la quatrième, à un système de transmission de force à domicile. Elle désirerait voir varier la forme et le mode d'action des moteurs qui peuvent recevoir des applications du même genre, et elle a maintenu ce prix au concours pour 1899.

5° **Prix de 2 000 francs** *pour perfectionnements aux machines-outils.*

Les ateliers où l'on travaille le bois ou les métaux donnent souvent la préférence, pour l'installation ou le renouvellement de leur outillage, à des machines-outils de provenance étrangère ou d'invention étrangère.

Cependant l'esprit d'invention et l'ingéniosité mécanique ne manquent pas en France, et la construction y est, en général, consciencieuse et soignée. Le progrès des machines-outils devrait être plus rapide et plus marqué.

Pour favoriser ce progrès si désirable, la Société d'Encouragement propose un prix de 2 000 francs.

Ce prix sera attribué à une machine-outil pour le travail du bois ou pour le travail des métaux, d'invention et de construction françaises, et présentant quelque perfectionnement notable. Cette machine devra être en service et fournir de bons résultats d'emploi.

Le prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1899.

ARTS CHIMIQUES

1° **Prix de 1 000 francs** *pour l'utilisation des résidus de fabrique.*

Il fut un temps où les chimistes rejetaient, comme inutile et sans objet, le résidu, le *caput mortuum,* de leurs opérations. En tenir compte, fut une révélation qui, de proche en proche, conduisit de Glauber à Lavoisier, c'est-à-dire de la manipulation indécise à la théorie la plus sûre.

Beaucoup d'industries en sont encore à cette période où les résidus de leurs travaux demeurent sans emploi et deviennent, par leur importance, l'occasion de troubles pour l'hygiène publique, ou de lourdes dépenses et de grandes gênes.

Tout emploi utile de ces matériaux dégrèverait d'une charge les industries qui les produisent, et réduirait d'autant le prix de revient de leurs produits, au profit du consommateur.

Le prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1899.

2° **Prix de 2 000 francs** *pour une publication utile à l'industrie chimique ou métallurgique (traités, mémoires).*

Les progrès rapides de l'industrie font que les traités technologiques cessent, peu de temps après leur publication, d'être au courant des plus récents perfec-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tionnements. La publication de semblables traités présente un grand intérêt pour les industriels qui ne peuvent se tenir au courant des progrès réalisés que par la lecture de mémoires dispersés de tous côtés, et difficiles à se procurer.

A côté des traités purement descriptifs, où l'énumération des recettes et procédés particuliers à chaque industrie tient une place prépondérante, il est une catégorie d'ouvrages plus utiles encore au progrès de l'industrie, et dont la publication ne saurait être trop encouragée. Ce sont les traités qui font surtout connaître les principes et les méthodes scientifiques des divers procédés industriels, c'est-à-dire montrent comment ces procédés peuvent se déduire de quelques faits plus simples et plus généraux, susceptibles de mesures précises, tels que réactions chimiques, propriétés physiques, dont les expériences de laboratoire ont permis l'étude rationnelle. — La publication d'un traité de chimie métallurgique résumant les travaux parus sur ce sujet dans ces vingt dernières années rendrait les plus grands services à l'industrie française.

La Société d'Encouragement propose, pour de semblables publications, un prix de 2 000 francs, qu'elle se réserve de diviser. Il ne sera accordé de récompense qu'aux ouvrages d'un mérite réel, dont les auteurs auront fait preuve d'une compétence spéciale sur les sujets qu'ils traitent.

Ce prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1898.

3° **Prix de 2 000 francs** *pour une étude expérimentale des propriétés physiques ou mécaniques d'un ou plusieurs métaux ou alliages choisis parmi ceux qui sont d'un usage courant.*

La plupart des procédés industriels reposent sur l'utilisation de certaines propriétés des corps (coefficient de dilatation, ténacité, malléabilité, fusibilité, etc.) dont le rôle est généralement connu d'une façon purement qualitative. Il serait très important de posséder des mesures précises de ces diverses grandeurs, qui permettent d'apprécier exactement leur influence individuelle. Pour ne citer qu'un exemple, on sait que, dans le moulage de la fonte, l'une des plus grandes difficultés que l'on rencontre provient du retrait du métal; or, aujourd'hui, l'on ne possède aucune donnée précise sur la loi de dilatation de la fonte et, même les expériences capitales de Gore, sur les changements brusques de volume que les fers, aciers ou fontes éprouvent au rouge, n'ont pas été reprises, et sont complètement tombées dans l'oubli.

La Société espère que la création d'un prix de 2 000 francs encouragera les recherches dans cette voie. Elle se réserve de partager le prix ou de n'en accorder qu'une partie suivant la valeur des travaux qui lui seront soumis.

Ce prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1898.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

4° **Prix de 2 000 francs** *pour un nouveau procédé de fabrication de l'acide sulfurique fumant et de l'acide sulfurique anhydre.*

La fabrication de l'acide sulfurique de Nordhausen a été, jusqu'ici, le monopole de quelques fabriques de l'Allemagne. La consommation était d'ailleurs limitée à l'emploi qu'on en faisait pour dissoudre l'indigo. Aujourd'hui que l'acide fumant est, pour ainsi dire, indispensable à la production de corps importants, tels que l'alizarine artificielle, il serait utile que nos industriels, au lieu de faire venir de loin et à grands frais un produit dont l'usage s'étend déjà beaucoup et s'étendra certainement encore plus dans l'avenir, puissent avoir à leur disposition un nouveau procédé de fabrication.

La Société d'Encouragement a décidé qu'un prix de 2 000 francs serait décerné pour un nouveau procédé de fabrication de l'acide sulfurique fumant, ou de l'acide anhydre, plus économique que ceux qui ont été appliqués jusqu'ici.

Ce prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1901.

5° **Prix de 2 000 francs** *pour de nouveaux progrès réalisés dans la fabrication du chlore.*

La fabrication de la soude suit, en ce moment, une grave transformation. Au procédé de Le Blanc, tend à se substituer, de tous côtés, le procédé de fabrication qui repose sur la décomposition à froid du chlorure de sodium par le bicarbonate d'ammoniaque.

L'exploitation de ce procédé, tentée déjà à plusieurs reprises, et notamment en 1855, par MM. Schlœsing et Rolland, a, depuis quelques années, pris rang définitivement parmi les grandes industries chimiques, et, dès à présent, elle livre au commerce des quantités de sel de soude dont le prix de revient est, dans une large mesure, inférieur au prix de revient de la soude fabriquée par le procédé Le Blanc.

Cependant, le développement de cette nouvelle industrie se trouve forcément limité par la nécessité, pour la fabrication des produits chimiques, de fournir aux arts non seulement le sodium, mais encore le chlore que le sel contient. En effet, tandis que, dans le procédé Le Blanc, le manufacturier, par la production du sulfate de soude et de l'acide chlorhydrique, utilise ces deux éléments, on voit, dans les procédés à l'ammoniaque, tout le chlore évacué à l'état de résidus, et généralement sous la forme de chlorure de calcium. D'où résulte, d'une façon nécessaire, et dans une mesure fixée par les besoins du blanchiment, de la papeterie, etc.. la conservation actuelle du procédé ancien en face du procédé nouveau.

Il en serait autrement si, résolvant un problème jusqu'ici considéré comme insoluble, la fabrication des produits chimiques parvenait à retirer, des résidus laissés par la fabrication de la soude à l'ammoniaque, le chlore que ceux-ci

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

emportent à l'état inutile. Complétés par cette découverte, les procédés à l'ammoniaque exerceraient une influence de premier ordre sur la valeur des produits chimiques de grosse fabrication, qui, pour nombre d'industries, sont de véritables matières premières, en même temps que la salubrité publique trouverait tout avantage à la suppression de résidus, que, jusqu'ici, les manufacturiers sont obligés d'évacuer dans les cours d'eau.

La Société d'Encouragement, préoccupée des conséquences importantes qu'entraînerait l'utilisation de ces résidus, propose un prix de 1 000 francs pour celui qui parviendra à en retirer industriellement le chlore qu'ils contiennent.

Ce prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1899.

6° **Prix de 1000 francs** *pour la découverte d'un nouvel alliage utile aux arts.*

La plupart des alliages employés dans l'industrie sont connus depuis longtemps. Cependant, de nouveaux métaux ont été découverts, et l'un d'eux, l'aluminium, a fourni un bronze doué de qualités extraordinaires, dont les arts et les beaux-arts tireront un parti considérable, lorsque son prix de revient le rendra accessible aux emplois communs de la vie.

Le bronze d'aluminium, éminemment malléable et ductile, partage avec le fer et l'acier la propriété de se laisser forger à chaud et de pouvoir être soudé. Fusible à une température élevée, il se prête à tous les travaux de moulage. Il résiste mieux à l'air et aux agents d'oxydation que les bronzes ou laitons anciennement connus.

Pourquoi les métaux nouvellement connus ne seraient-ils pas susceptibles de fournir aussi des alliages doués de qualités spéciales dignes de l'attention de l'industrie? Ce sont des études à entreprendre et des essais à tenter : la Société, en les provoquant, tiendra compte, du reste, de tout travail exact, faisant connaître les propriétés des alliages anciens ou nouveaux, lors même que leurs auteurs n'auraient pas trouvé l'occasion de faire sortir de leurs recherches de nouvelles applications industrielles.

Le prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1899.

7° **Prix de 2 000 francs** *pour une étude scientifique de la combustion dans les fours chauffés par gazogènes.*

Depuis les travaux classiques d'Ebelmen sur l'emploi des combustibles gazeux, il n'a été fait en France aucune recherche d'ensemble sur un sujet si important. Ce mode de chauffage, actuellement appliqué dans les industries les plus variées, est appelé à prendre un développement de jour en jour plus grand, et à se substituer complètement au chauffage direct par grille. Les analyses de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

gaz qui ont été faites, quoique très nombreuses, présentent généralement peu d'intérêt. Elles sont toujours incomplètes, un des éléments importants, l'eau, n'étant jamais dosé; elles se rapportent à des gaz dont les conditions de production ne sont pas spécifiées, et un grand nombre d'entre elles ne présentent aucune garantie d'exactitude.

Il serait très important d'avoir une série d'analyses *complètes*, se rapportant à des gaz obtenus dans des conditions parfaitement déterminées, comme composition chimique du combustible solide, poids d'eau vaporisée sous la grille, durée de séjour des gaz au contact du charbon, température du gazogène. Des analyses des produits de la combustion devraient être faites parallèlement, en les rapprochant de la durée de séjour des flammes dans les fours, de la température de ce dernier, de la vitesse relative d'arrivée des gaz et des sections et positions relatives des carneaux d'émission.

De semblables données numériques seraient très utiles à l'industrie, en faisant connaître par avance les résultats que l'on peut attendre d'un combustible donné, et plus encore en faisant ressortir la nécessité absolue des analyses fréquentes de gaz pour la conduite des gazogènes, — analyses dont l'utilité pratique est loin d'être admise comme elle devrait l'être.

La Société d'Encouragement propose, pour une semblable étude, un prix qui pourra s'élever à 2 000 francs. On attachera moins d'importance au nombre des résultats d'expérience obtenus qu'à la précision des analyses, et au soin avec lequel les conditions déterminantes des phénomènes auront été mises en évidence.

Ce prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1899.

8° **Prix de 2000 francs** *pour une étude sur la dilatation, l'élasticité et la ténacité des pâtes et couvertes céramiques.*

Les différents produits céramiques présentent, au point de vue de la solidité, des qualités bien différentes. Les porcelaines et les grès peuvent être environ dix fois plus résistants que les terres cuites et faïences communes; l'addition de fondants à la pâte des faïences fines leur donne, à ce point de vue, une situation intermédiaire entre les produits extrêmes. Des mesures précises de résistance à l'écrasement, à l'arrachement ou à la flexion de ces divers produits seraient évidemment très utiles, si elles étaient rapprochées de la nature et de la proportion des éléments constitutifs des pâtes, et de leur température de cuisson.

L'accord des pâtes et des couvertures est un des problèmes les plus délicats de la céramique; ce n'est actuellement que par des tâtonnements indéfiniment prolongés, et partant très coûteux, que l'on arrive à quelques solutions particulières plus ou moins satisfaisantes. Ainsi, pour arriver à reconstituer la véritable porcelaine chinoise, il n'a pas fallu moins de trente années de travail. Il semble que la connaissance exacte des coefficients de dilatation et des limites d'élasticité

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de pâtes et de couvertes de nature déterminée, en permettant de réduire le nombre des essais analogues, serait d'un grand secours pour le perfectionnement de notre industrie céramique.

Enfin, la mesure de la dureté des couvertes présente également un intérêt incontestable.

La Société d'Encouragement propose, pour une semblable étude, un prix qui pourra s'élever à 2 000 francs, et qui sera décerné, s'il y a lieu, en 1899.

9° **Prix de 2 000 francs** *pour une étude scientifique des propriétés physiques et mécaniques des verres.*

La composition chimique des verres varie avec les usages auxquels ils sont destinés. Ce ne sont pas seulement la considération de l'abaissement du prix de revient d'une part, et celle de l'éclat, de la transparence, d'autre part, qui motivent ces variations de composition. Les conditions variées de travail et d'emploi du verre exigent des qualités également variées. D'une façon générale, le verre doit prendre une fluidité telle que l'affinage soit complet, le dégagement des bulles gazeuses parfaitement assuré. En outre, pour la gobeleterie, il faudra un verre restant longtemps malléable, et pouvant se travailler jusqu'à une température relativement assez basse ; pour les bouteilles à champagne, il faut un verre résistant et peu altérable; pour les émaux, il faudra des verres ayant une élasticité considérable, leur permettant de se prêter aux dilatations inégales des corps qui les supportent.

Ces diverses qualités sont susceptibles, les unes de mesures rigoureuses, les autres de mesures approchées, dont la connaissance présenterait un intérêt incontestable. On peut déterminer la température à laquelle un verre commence à plier sans rompre, puis à se déformer sous son propre poids, à couler comme un liquide, et enfin à laisser monter à la surface les bulles gazeuses. On peut également mesurer la ténacité à des températures croissantes. Le coefficient d'élasticité et celui de dilatation peuvent aussi faire l'objet de mesures précises.

De semblables mesures, bien entendu, ne peuvent avoir d'utilité qu'à condition d'être rapprochées de la composition chimique du verre, des conditions de refroidissement lent ou rapide, en un mot, de toutes les circonstances dont ces grandeurs peuvent être fonctions. Des expériences faites sur des matières insuffisamment déterminées seraient totalement dénuées de valeur.

La Société d'Encouragement propose, pour une semblable étude, un prix qui pourra s'élever à 2 000 francs, suivant l'importance du travail et des résultats obtenus.

Ce prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1901.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

10° **Prix de 2 000 francs** *pour la découverte de procédés capables de fournir, par des transformations chimiques quelconques, des espèces organiques utiles, telles que la quinine, le sucre de canne, etc.*

La chimie organique est en possession de doctrines et de méthodes pratiques au moyen desquelles on peut prévoir et réaliser la production, par voie de transformation, d'un grand nombre de substances. L'urée, l'huile d'amandes amères, l'huile volatile de reine-des-prés, l'alcool, l'acide des fourmis, les essences à odeur de fruit, etc., ont été reproduits au moyen de procédés certains, en partant de substances qui semblaient très éloignées de la composition de ces corps, et quelquefois avec autant d'économie que de facilité.

Il n'y a pas de limites à ces sortes de créations, ou plutôt de ces nouveaux arrangements. Aux yeux de la théorie, il n'y a pas de différence entre la production de l'urée et celle de l'indigo ou de la quinine, entre celle de l'acide formique ou de l'alcool et celle du sucre de canne.

Aux yeux de la pratique, il n'en est pas de même, et, tandis que les alcaloïdes artificiels connus demeurent presque tous d'un faible intérêt à ses yeux, la découverte de la quinine artificielle aurait un retentissement immense, et rajeunirait la gloire de Pelletier et de Caventou.

La Société d'Encouragement, convaincue que les progrès de la chimie organique permettent d'aborder ces sortes de problèmes, ne craint pas d'engager les chimistes à s'en occuper; s'ils n'atteignent pas le but, ils seront du moins récompensés de leurs efforts par des résultats scientifiques nouveaux.

Elle fait remarquer, d'ailleurs, qu'il ne s'agit point de la découverte de procédés exploitables au point de vue commercial, mais de la découverte pure et absolue d'un moyen quelconque pour la formation artificielle d'une substance éminemment utile, de l'ordre de celles qui sont citées plus haut.

Le prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1899.

11° **Prix de 2 000 francs** *pour une étude scientifique d'un procédé industriel dont la théorie est encore imparfaitement connue.*

Un grand nombre d'industries se développent d'une façon purement empirique; les procédés permettant d'obtenir un résultat donné sont connus souvent bien longtemps avant qu'on ne soupçonne la nature ou l'enchaînement des phénomènes mis en jeu. Leur connaissance exacte présenterait pourtant un grand intérêt au point de vue industriel, en réduisant le nombre des tâtonnements nécessaires pour arriver à réaliser de nouveaux perfectionnements.

La Société propose un prix de 2 000 francs pour le meilleur travail qui lui sera soumis; elle se réserve de partager le prix, ou même d'en différer l'attribu-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tion. Les mémoires les plus intéressants pourront être publiés en entier, ou par extrait, dans les bulletins de la Société.

Ce prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1899:

12° **Prix de 2 000 francs** *pour la fabrication courante d'un acier ou fer fondu doué de propriétés spéciales utiles, par l'incorporation d'un corps étranger.*

On sait, par les recherches de Faraday, que plusieurs métaux : le platine, le palladium, le chrome, etc., modifient les propriétés de l'acier d'une façon notable, dans le cas où ces métaux ne sont alliés au fer qu'en minime proportion.

Plus récemment, il a été constaté que les aciers sont rendus d'autant plus durs qu'ils renferment plus de tungstène. Leur ténacité statique s'accroît aussi; mais le métal devient plus aigre; il s'allonge moins. Les effets utiles ou nuisibles du manganèse sur l'acier ont été signalés également dans ces derniers temps, Mais il y a loin encore de ces indications plus ou moins vagues à une fabrication régulière et courante.

Cependant aujourd'hui que, grâce aux procédés Bessemer et Martin Siemens, l'emploi de l'acier et des fers fondus s'est considérablement élargi, l'attention se reporte de nouveau sur les travaux de Faraday. Il importe de connaître l'influence spéciale des métaux étrangers sur les propriétés du fer et de l'acier.

La Société d'Encouragement, désirant favoriser ces études, décernera un prix de 2 000 francs à celui qui fabriquera sur une large échelle, et qui aura fait accepter par les arts ou les ateliers de construction, un fer fondu doué de propriétés spéciales par l'incorporation d'un corps étranger.

Le prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1901.

13° **Prix de 1 000 francs** *pour une étude sur les matières albuminoïdes des grains.*

L'état de nos connaissances, en ce qui regarde la composition des matières albuminoïdes contenues dans les grains des céréales, comme aussi le rôle de ces matières dans la panification, semble sur le point de se modifier profondément.

On sait bien, en effet, que ces matières albuminoïdes, suivant les céréales dont elles proviennent, se présentent avec des caractères physiques différents, si bien que les unes peuvent rendre panifiables les farines qui les contiennent, tandis que les farines des autres céréales sont impropres à la fabrication du pain, mais on ne sait pas encore à quelle cause il convient d'attribuer ces différences.

On sait également que la matière albuminoïde principale du froment, le gluten, longtemps considéré comme une espèce chimique définie, est formée par le mélange de plusieurs substances à propriétés différentes aussi, mais on ne sait ni caractériser les propriétés personnelles de ces substances, ni fixer leur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rôle au cours des opérations de la boulangerie, ni dire quelles proportions en renferment les différents glutens.

C'est dans l'espoir de voir élucider ces questions si intéressantes pour l'art de la boulangerie que la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale a institué un prix de 1 000 francs, qui sera, s'il y a lieu, décerné en 1898.

14° **Prix de 1 000 francs** *pour la fabrication de nouveaux émaux pour la décoration des poteries d'art, ce prix sera décerné, s'il y a lieu, en* 1898.

Les faïenciers possèdent déjà un grand nombre d'émaux dont ils se servent pour la décoration des poteries d'art; il y aurait intérêt à préparer et à appliquer des émaux produisant des effets nouveaux : colorations, émaux cristallisés.

15° **Prix de 1 200 francs** *pour des progrès réalisés dans la fabrication de la mosaïque de verre en France, ce prix sera décerné, s'il y a lieu, en* 1898.

La mosaïque a pris, depuis quelques années, une place importante dans la décoration architecturale. Pendant longtemps on a fait venir de l'étranger les matières premières employées dans la fabrication des mosaïques. Des tentatives importantes sont faites, en ce moment, pour la fabrication de la mosaïque en France. La Société pense qu'il y a grand intérêt à encourager cette fabrication.

ARTS ÉCONOMIQUES

1° **Prix de 2000 francs** *pour l'invention de procédés nouveaux permettant d'utiliser le pétrole pesant au moins* 0^{k},800 *avantageusement et sans danger, soit dans l'industrie, soit dans l'économie domestique.*

Le pétrole, dont la production augmente de jour en jour et dont l'usage sous des formes diverses tend à se développer, fournit une source précieuse de chaleur et de lumière. Il importe de perfectionner les appareils à l'aide desquels on l'emploie, et cela non seulement au point de vue de l'utilité que l'on peut en retirer, mais aussi pour éviter complètement, ou du moins pour diminuer autant que possible les accidents auxquels donne trop fréquemment lieu l'usage du pétrole. La Société d'Encouragement accordera le prix à l'inventeur qui, dans ce double ordre d'idées, aura réalisé les plus grands progrès.

Ce prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1898.

2° **Prix de 2000 francs** *pour la construction d'une essoreuse à effet continu.*

L'industrie des produits chimiques utilise avec grand profit les essoreuses à force centrifuge. Mais dans certains cas, notamment lorsqu'il s'agit d'opérer la séparation et le lavage de précipités, de cristaux, etc., des substances vola-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tiles, l'alcool, la benzine, le chloroforme, etc., avec lesquels ces corps sont mélangés, l'emploi des appareils ordinaires devient très onéreux par suite des pertes occasionnées par la manipulation nécessaire pour retirer les matières solides du panier de l'appareil, ces matières conservant toujours une petite quantité du liquide volatil qu'il s'agissait d'extraire.

Une essoreuse dans laquelle les matières à séparer s'introduiraient d'une manière continue et qui permettrait de recueillir sans arrêt, d'une part les substances essorées, et de l'autre les liquides, réaliserait un grand progrès dans la séparation des matières industrielles.

Le prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1898.

3° **Prix de 3 000 francs** *relatif à la fabrication des aimants permanents.*

Les aimants permanents, en fournissant des champs magnétiques indépendants, gratuits et relativement puissants, sont susceptibles de rendre de grands services dans le domaine des applications électriques; ils se prêtent notamment d'une manière fort avantageuse à la construction de toute une catégorie d'instruments de mesure, et concourent ainsi efficacement à la solution des problèmes généraux.

Les qualités qu'on attend d'eux sont la force et la stabilité. Ces qualités sont évidemment liées à la nature du métal qui les constitue et au traitement que ce métal a pu subir.

Les études à faire sur la question peuvent donc porter, d'une part, sur la composition de l'acier à aimants et le rôle des éléments, autres que le fer, qui peuvent y être introduits, et, d'autre part, sur les procédés et températures de trempe, les recuits et opérations accessoires de nature à améliorer les résultats obtenus.

Le prix sera décerné en 1898 à l'auteur d'une méthode réalisant des perfectionnements importants sur les méthodes actuelles.

4° **Prix de 3 000 francs** *pour la purification des eaux potables.*

Le prix sera décerné à l'auteur de recherches d'ordre physique chimique ou autre qui l'auront amené à découvrir et appliquer dans la pratique générale et domestique le meilleur procédé de purification des eaux potables. Ce prix sera décerné s'il y a lieu en 1898.

AGRICULTURE

1° **Prix de 2 000 francs** *pour la meilleure étude sur l'agriculture et l'économie rurale d'une province ou d'un département.*

L'agriculture et l'économie rurale des diverses parties de la France présentent des différences dignes de remarque, provenant de causes locales encore peu con-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nues. Il serait très utile de pouvoir comparer entre elles les méthodes ou systèmes qui y sont mis en pratique. Une série de monographies faisant connaître ce qui se passe dans chaque région agricole permettrait de faire ces rapprochements, et contribuerait ainsi puissamment aux progrès de l'agriculture.

Quelques études de ce genre, qui avaient été tentées, ont engagé la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale à proposer un prix pour ce genre de recherches, et elle a pu décerner déjà des prix et des mentions honorables aux auteurs de remarquables monographies de ce genre. Ce succès l'a décidée à maintenir la question au concours. Elle propose donc de nouveau un prix de 2 000 francs pour la meilleure description de l'agriculture et de l'économie rurale d'une *région agricole*. L'étendue de cette région pourra embrasser une province entière ou se borner à un département; mais les investigations dont cette contrée sera l'objet devront être précises et détaillées, et faire connaître, aussi complètement que possible, les pratiques agricoles et surtout les méthodes d'économie rurale qui y sont employées. La valeur du prix ne sera délivrée qu'après que l'auteur aura fait imprimer le mémoire couronné.

Le prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1898.

2° **Prix de 3 000 francs** *pour l'étude des ferments alcooliques qui interviennent dans la production des boissons.*

L'étude de ces ferments a pris, depuis les travaux de Pasteur, une importance considérable. Les diverses levures entrent en jeu, non seulement pour produire de l'alcool, mais encore pour développer le goût et le bouquet qui établissent de si grandes différences dans la valeur de ces produits.

L'étude de ces levures n'est pas, à l'heure qu'il est, suffisamment avancée, leur rôle dans la qualité des boissons fermentées n'est pas bien défini. La Société désire provoquer de nouvelles recherches sur ce sujet.

En outre, à côté de ces levures qui sont les agents de la production du vin, du cidre, de la bière, se trouvent d'autres organismes, dont le rôle est bien différent, et qui agissent sur les boissons fermentées d'une manière défavorable, occasionnant ce qu'on appelle les maladies des vins, du cidre, de la bière. L'étude de ces organismes et des moyens propres à soustraire à leur action les boissons fermentées présente également le plus haut intérêt. La Société a pensé qu'elle devait encourager ceux qui, dans ces questions délicates, auront fourni des documents nouveaux pouvant s'appliquer à la pratique.

Les concurrents à ce prix devront apporter des données précises, obtenues avec une rigueur scientifique. Ils devront indiquer en outre l'application de ces données à l'amélioration de la qualité et à la conservation des boissons fermentées.

Ce prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1899.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

3° **Prix de 2000 francs** *pour la meilleure étude sur la constitution physique et la composition chimique comparées des terrains d'une des régions naturelles ou agricoles de la France, par exemple, de la Brie, de la Beauce, du pays de Caux, etc., etc.*

Les cartes géologiques de détail, que publie l'administration des mines, indiquent non seulement les divers étages géologiques qui ont formé les terrains superficiels, mais les dépôts de limon quaternaire qui les recouvrent en certains points, sur une épaisseur plus ou moins grande, les dépôts meubles qui, provenant des précédents, sont venus s'accumuler sur les pentes ou former des alluvions au fond des vallées.

Ce sont de véritables cartes agronomiques, qu'on pourrait rendre encore plus utiles aux agriculteurs en étudiant chacun de ces étages, d'un côté, par l'analyse dans le laboratoire, et, de l'autre, par des essais méthodiques d'engrais chimiques (engrais analyseurs, analyse du sol par les plantes) dans les champs.

Un petit nombre d'analyses faites sur des échantillons assez bien choisis, d'après les indications des cartes, pour représenter le type de chacun de ces terrains, pourrait ainsi servir pour tous les champs désignés sur des cartes par la même teinte. Il faudrait employer, pour ces analyses, des méthodes qui permettent de donner aux agriculteurs des conseils pratiques sur l'emploi de l'acide phosphorique, de la potasse, etc., pour telle culture ou telle autre (par exemple, les méthodes indiquées par M. P. de Gasparin dans son *Traité de la détermination des terres arables dans le laboratoire*).

Dans les cas où il serait d'usage, dans le pays, d'employer de la marne ou de la chaux, il faudrait étudier aussi la composition chimique de ces amendements, leur action sur le sol, etc.

Les concurrents devront également donner des indications sur les cultures pratiquées dans ces divers terrains.

Le prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1898.

4° **Prix de 1 500 francs** *pour les meilleures variétés d'orges de brasserie.*

Il est ouvert, par la Société nationale d'Encouragement pour l'Industrie nationale, un concours pour la culture des variétés d'orges d'hiver et de printemps, en vue de la brasserie.

Les conditions du concours sont les suivantes :

1° Nul ne peut être admis au concours si la culture, pour chaque variété, n'est pas de deux hectares au moins.

2° Le poids de l'hectolitre devra être de 68 kilos au minimum.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les caractères qui serviront à l'appréciation du jury sont ceux d'une bonne orge de brasserie, savoir :

1° Couleur jaune clair de paille, ou serin ou blanc jaunâtre, uniformément répartie sur tout le grain.

2° Cassure blanche, farineuse et de bon goût.

3° Odeur franche.

4° Bonne conformation des grains (forme bombée, courte, ronde, grains bien nourris et finement ridés).

5° Propreté et homogénéité des grains.

6° Grande faculté et énergie germinatives (92 à 96 p. 100 de grains germés dans un délai de 3 jours).

La pureté, la faculté germinative et la composition chimique seront examinées au laboratoire de l'Institut national agronomique.

Les échantillons exposés devront être de 20 litres; ils seront envoyés en sac scellé, et seront accompagnés d'une gerbe.

La Société aura le droit de disposer de ces échantillons.

La Société se réserve le droit de faire inspecter, par des délégués, les champs ensemencés et d'assister à la récolte.

Les concurrents, dans leur déclaration, devront faire connaître :

1° Leur nom et domicile.

2° L'étendue de leur culture.

3° L'étendue consacrée à la culture de l'orge.

4° La variété d'orge cultivée.

5° L'origine ou la provenance des semences d'orge qu'ils emploient.

6° La nature du sol et du sous-sol où se fait leur culture d'orge.

7° Les façons données au sol et l'assolement suivi.

8° Les fumures, — fumiers, — engrais complémentaires ou chimiques, — quantité, — époque des applications.

9° Époque des semailles, — mode de semailles : en lignes ou à la volée, — quantité de semences employée à l'hectare.

10° Sarclage, binage.

11° Date de la floraison.

12° Date de la moisson.

13° Conditions climatériques dans lesquelles elle s'est faite : beau temps, temps froid, pluvieux, etc., et température.

14° État de maturité du grain au moment de la moisson.

15° Mode et durée de la dessiccation des gerbes.

16° Mode et époque du battage.

17° Mode de conservation des grains.

18° Rendement total en grains.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Rendement en paille.

19° Rendement par hectare en grains.

Rendement par hectare en paille.

20° Poids de l'hectolitre du grain au moment du battage et au moment de la vente.

21° Quantité d'orge vendue en 1896 et en 1897.

Prix obtenu par hectolitre.

Prix obtenu par quintal.

Le prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1898.

5° **Prix de 3 000 francs** *pour la reconstitution des vignobles sur les terrains calcaires-crayeux.*

Le phylloxera, depuis son apparition en France, a causé de grands dommages dans les vignobles des régions du Sud et du Sud-Ouest. Dans beaucoup de localités appartenant à ces régions, les vignes ont été complètement anéanties; mais grâce à divers cépages américains cultivés soit comme producteurs directs, soit comme porte-greffes pour les anciennes vignes françaises, on est parvenu, depuis quinze années, sur un assez grand nombre de points, à reconstituer des vignobles remarquables par leur vigueur et leur productivité. Toutefois, ces excellents résultats n'ont pu être obtenus que sur des terrains argilo-siliceux, silico-argileux ou silico-calcaires, profonds et de bonne fertilité. Jusqu'à ce jour, c'est en vain qu'on a tenté de créer des vignobles sur les sols *calcaires crayeux à sous-sol crayeux*, à la place des vignes détruites par le phylloxera. C'est aussi sans succès qu'on a cherché à reconstituer les vignobles qui ont fait la richesse de la *Champagne* dans l'Angoumois, parce que leurs produits servaient à la fabrication de l'*eau-de-vie dite fine-Champagne*.

La Société d'Encouragement espère qu'un prix de 3 000 francs encouragera les tentatives dans cette voie. Elle se réserve de partager le prix ou de n'en accorder qu'une partie, suivant les mémoires qui lui seront adressés.

Les concurrents devront fournir, avec la dénomination exacte du cépage cultivé, un échantillon du terrain, une description du sol, l'étendue plantée, l âge et le mode de direction des plants, et un échantillon du produit avant et après la distillation. Tous ces détails devront être certifiés exacts par le professeur départemental d'agriculture et les agents des contributions indirectes.

Le prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1898.

6° **Prix de 2000 francs** *pour les meilleures études sur la culture de la vigne dans les diverses régions de la France, et sur l'influence des fumures et des procédés de vinification sur la qualité des vins.*

Les conditions économiques de la production du vin se sont considérablement modifiées à la suite de l'invasion phylloxérique et de la reconstitution des vigno-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

bles par les plants américains. Cependant, dans les diverses régions viticoles, les procédés de culture anciennement employés sont encore aujourd'hui en usage. Il y a un grand intérêt à les étudier pour voir s'ils répondent aux besoins actuels, ou s'il serait avantageux de remplacer quelques-unes des pratiques usuelles par d'autres s'adaptant mieux à la nouvelle situation.

L'intervention des fumures paraît appelée à jouer dans l'avenir un rôle de plus en plus grand dans l'exploitation des vignobles. Il importe de savoir dans quelle mesure les fumures influent sur l'augmentation de la récolte et sur la qua lité des vins. Ce n'est pas seulement la quantité d'engrais à employer dans les divers cas qu'il s'agit de déterminer, mais aussi leur nature, en distinguant nettement les engrais naturels, généralement volumineux et encombrants, des engrais commerciaux ou chimiques, ordinairement concentrés.

Autant que le mode de culture et que la fumure, les procédés de vinification influent sur la qualité des vins et sur les prix auxquels ils se vendent. Dans diverses régions de la France, ces procédés sont encore très défectueux. Les concurrents devront étudier les améliorations pratiques à y apporter.

Souvent aussi, le climat ou la nature des cépages s'opposent à une bonne fermentation; il y aurait lieu de déterminer quelles sont les influences fâcheuses qui s'exercent dans le cours de la vinification, et d'indiquer quels remèdes on peut y apporter pratiquement.

Le prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1898

7° **Prix de 2000 francs** *pour la meilleure étude sur les maladies du cidre et les moyens de les prévenir et de les arrêter dans leur développement.*

Le cidre bien fabriqué et convenablement conservé est une boisson à la fois très hygiénique et très alimentaire. Malheureusement, dans diverses circonstances, il est exposé à des maladies ou altérations qui nuisent beaucoup à sa qualité, et qui même le rendent souvent imbuvable. Ainsi tantôt, quelque temps après avoir été fabriqué et même soutiré, il prend le *gras*, maladie qu'on attribue à diverses causes, tantôt il passe à l'*état acide* ou *aigre*, sans qu'on puisse souvent bien déterminer les causes de cette acétification; enfin, parfois, quelques instants après avoir été tiré d'une barrique pleine ou en vidange, le cidre perd sa couleur native jaune rougeâtre, et prend une nuance plus ou moins brune. On dit alors que *le cidre se tue*. Les cidres qui subissent en vingt ou quarante minutes un tel changement de coloration ou un tel *noircissement* ne sont pas agréables, et ils sont d'une vente difficile. Jusqu'à ce jour, on ignore les vraies causes de cette dernière maladie et les moyens pratiques et efficaces de l'empêcher de prendre naissance et de noircir les cidres.

Ces diverses altérations ou maladies ont une grande importance en ce qu'elles nuisent à la propagation du cidre comme boisson en altérant sa qua-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lité et son bouquet. Ces faits, bien connus en Normandie, dans le Maine, la Bretagne, etc., ont engagé la Société d'Encouragement à provoquer de nouvelles recherches et études sur la *graisse*, l'*acétification*, le *noircissement*, les *fleurs*, etc., des cidres et les moyens de les prévenir et de les arrêter dans leur développement.

Les concurrents à ce prix devront s'appuyer sur des données très exactes, indiquer l'application réelle et pratique de ces mêmes données à la conservation des cidres sains et malades, et en produire la justification.

La valeur du prix ne sera délivrée qu'après que les faits avancés auront été vérifiés, et que l'auteur aura fait imprimer le mémoire couronné.

Ce prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1899.

8° **Prix de 1 000 francs** *fondé par les exposants de la classe* 75 (Exposition de 1889) pour être décerné à celui qui indiquera un *moyen pratique de se débarrasser de l'un des insectes ennemis de la vigne :* l'altise ou la cochilis.

Ce prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1898.

CONSTRUCTIONS ET BEAUX-ARTS

1° **Prix de 3 000 francs** *pour la fabrication industrielle en France des trames ou réseaux employés pour la production des photogravures typographiques, ou pour la divulgation et la vulgarisation de méthodes permettant d'obtenir le même résultat. Ce prix sera décerné, s'il y a lieu, en* 1898.

L'illustration des livres par l'insertion de gravures typographiques dans le texte est devenue une nécessité pour tous les ouvrages de sciences, d'art, même d'imagination, pour les publications périodiques et journalières. Pour répondre à ce besoin il fallait la vérité de la reproduction, la rapidité et le bon marché relatif de l'exécution. Seule la photographie pouvait remplir ces conditions, et, depuis plus de vingt ans, elle a marché dans cette voie en progressant sans cesse, mais en se heurtant à des difficultés pratiques augmentées souvent par des partis pris industriels qui ralentissaient son essor.

On retrouvera un résumé de ces premières applications dans le rapport présenté par nous à la Société d'Encouragement, et publié en 1886 dans le *Bulletin* de la Société (1).

Dans ce rapport, après avoir expliqué que, pour obtenir la gravure photographique, la première condition est de transformer les teintes continues du phototype (ou cliché) en teintes brisées, les premières donnant leur effet et leur modelé par l'épaisseur de la matière colorante, tandis que les secondes rendent leur effet par la proportion des écarts entre les blancs et les noirs, l'auteur rap-

(1) *Bulletin* de la Société d'Encouragement, octobre 1886, page 510 et suivantes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pelait que ce principe avait été formulé dès 1859 par Berchtold (1), qui indiquait l'emploi de la glace striée et les diverses manières de l'utiliser.

L'idée fit lentement son chemin. Néanmoins, en 1882, M. Monge, collaborateur de la maison Boussod et Valadon, réalisait de remarquables résultats par ce procédé et, en 1884, montra à la Société d'Encouragement de très belles gravures en relief et en creux que M. Mauzé obtenait par cette méthode des clichés striés; quelques-unes étaient de très grande dimension, un spécimen fut même inséré au Bulletin. Nous n'avions alors qu'à constater les résultats sans avoir à demander à l'exécutant qu'il nous initiât à ses procédés.

Aujourd'hui la transformation de l'image photographique en planche gravée en relief pour la typographie est devenue courante; et, devant les spécimens remarquables qui revenaient de l'étranger, les éditeurs et les imprimeurs français ont compris qu'il devenait nécessaire d'améliorer leur matériel, qu'il fallait adapter leurs presses, leurs papiers, leurs encres, aux nécessités de cette gravure nouvelle dont la beauté réside surtout dans la délicatesse des traits et qui exige la même délicatesse dans les procédés d'emploi.

Les clichés striés qui servent pour la photogravure typographique s'obtiennent actuellement par l'intermédiaire d'une glace couverte de rayures très fines tracées avec une régularité qui demande la perfection. Cette glace striée est l'outil employé par le photograveur; et si nous nous servons de ce mot outil, c'est, qu'en effet, le photograveur n'en fait pas une simple application, une simple interposition, il l'utilise de manières très diverses en l'éloignant plus ou moins de son épreuve par fractions de millimètre, en croisant les stries, en modifiant l'action et l'arrivée de la lumière par des diaphragmes de formes très variées. Les résultats obtenus dépendent de l'emploi raisonné de ces réseaux, bien que la théorie de l'action lumineuse qui en résulte soit encore assez vague.

La fabrication des glaces striées présente de grandes difficultés qui vont croissant avec les dimensions; souvent ces glaces portent six à huit rayures au millimètre, et ces rayures doivent présenter la plus parfaite régularité dans leur tracé, les moindres défauts s'apercevraient surtout dans les demi-teintes de la gravure, s'ils détruisaient la pureté des modelés.

Quelques essais faits en France pour la fabrication de ces glaces n'ont pas encore donné les résultats désirés; nos photograveurs sont obligés de demander en Amérique ou en Allemagne et de payer fort cher les réseaux qui leur sont nécessaires. Ainsi l'invention et les premières applications sont françaises, mais, comme il arrive trop souvent, nous les avons laissées s'expatrier, elles sont allées grandir et se développer à l'étranger après avoir reçu une nouvelle nationalité.

Le Comité des Constructions et des Beaux-Arts a pensé qu'il y avait lieu de chercher à rendre à la France une fabrication qui aurait dû y rester, il a proposé

(1) *Bulletin* de la Société française de photographie. Avril 1859.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

au Conseil, qui a adopté cette proposition, de fonder un prix de 3 000 francs pour encourager en France soit la fabrication industrielle des glaces striées, soit la vulgarisation de toute autre méthode de photogravure typographique, à la condition que les résultats obtenus seront aussi bons, sinon meilleurs, que ceux réalisés à ce jour.

2° **Prix de 1 000 francs** *pour la découverte d'un procédé empêchant les bois de menuiserie et d'ébénisterie de jouer ou de se déformer sous les influences atmosphériques.*

Ce prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1898.

PRIX

OFFERT PAR LA SOCIÉTÉ DES CIMENTS FRANÇAIS DE BOULOGNE-SUR-MER

(Anciens établissements DEMARLE, LONQUÉTY et Cie et FAMCHON et Cie réunis.)

Un prix de 1 000 francs sera décerné à l'auteur du meilleur mémoire sur le procédé pratique, en dehors des procédés chimiques, applicable sur les chantiers, pour reconnaître les adultérations du ciment Portland artificiel.

COMMERCE

Les mémoires présentés au concours devront être manuscrits, et porter une devise qui sera répétée sur un pli cacheté renfermant le nom de l'auteur. Messieurs les candidats sont priés de se conformer le plus possible aux programmes ci-dessous et de n'envoyer que des communications qui, par leur développement, soient en rapport avec l'importance des prix.

1° **Prix de 2000 francs** *pour une étude économique d'un centre industriel en France.*

I. — Acclimatation de l'industrie dans la contrée. — Ses transformations successives. — Ses progrès. — Ses crises. — Situation actuelle.

II. — Organisation des ateliers. — Recrutement du personnel. — Situation et habitudes générales de la famille ouvrière. — Institutions de prévoyance. — Salaires. — Grèves. — Chômages. — Rapports entre le capital et le travail.

III. — Organisation commerciale. — Comptoirs. — Dépôts. — Approvisionnements des matières premières. — Vente des produits fixés. — Transports. — Action de la concurrence. — Législation douanière. — Débouchés.

Ce prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1897.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

2° **Prix de 1 500 francs** *pour un Mémoire relatif à l'industrie et au commerce des vélocipèdes.*

La vélocipédie est de date récente, et, déjà, elle crée, dans l'industrie et dans le commerce, un mouvement d'affaires très considérable.

La question mise au concours a pour objet :

1° D'indiquer les conditions dans lesquelles s'est établie tout d'abord et s'exerce actuellement la construction des vélocipèdes, notamment en France, en Angleterre, en Allemagne, en Belgique et aux États-Unis; l'importance approximative des capitaux employés par cette industrie, le nombre des usines, l'effectif des ouvriers, les salaires et autres conditions du travail;

2° De rechercher, d'après les statistiques, le mouvement commercial auquel donnent lieu la vente et l'achat des vélocipèdes dans les principaux pays, l'importance des capitaux et du personnel employés, les usages actuels et les usages à prévoir du vélocipède, les prix de vente et les causes qui font varier ces prix entre les différents pays, les tarifs de douane, les importations et les exportations, les taxes et impôts intérieurs, les règlements administratifs sur la circulation, en un mot tout ce qui peut, en l'état actuel, aider ou nuire au développement de l'industrie et du commerce vélocipédique.

L'examen et la description des perfectionnements mécaniques ne sont point compris dans cette étude, pour laquelle les concurrents doivent s'attacher principalement à faire ressortir aussi exactement que possible les nouveaux emplois que la vélocipédie procure dès à présent au capital et à la main-d'œuvre.

Ce prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1899.

3° **Prix de 1 500 francs** *pour une étude sur les syndicats industriels de production et de vente*[1].

Après une introduction sur le rôle, la légalité, les effets, et les diverses variétés des syndicats industriels de production et de vente, on s'attachera à l'étude précise des syndicats d'une même industrie dans un pays, ou, mieux encore, à celle d'un syndicat déterminé, dont on présentera l'histoire et l'organisation et dont on fera ressortir l'influence sur la production, la consommation, les débouchés, les salaires et les prix.

Ce prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1899.

(1) On entend sous ce titre les syndicats (distincts des associations professionnelles de la loi du 21 mars 1884), qui se donnent pour objet de régler la production ou la vente de manière à prévenir les crises que la concurrence ou la reproduction pourraient avoir sur les prix de vente et sur les salaires. Ils portent des noms très variés (*Trust, Pools, Cartels, Rings, Corners...*), suivant leur organisation et leur mode d'action et suivant les pays.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

FONDATIONS ET BONS SPÉCIAUX

Legs Bapst.

Cette fondation se compose de deux parties. L'une d'elles, destinée à donner des secours aux inventeurs malheureux, possède un titre de 1 565 fr. 20 de rente 3 p. 100.

La seconde partie du legs, qui doit servir à aider les inventeurs dans leurs travaux, possède un titre de 3 480 de rente 3 p. 100.

Fondation Christofle et Bouilhet pour la délivrance des premières annuités de brevets.

Cette fondation possède un revenu annuel de 1 036 francs de rente.

Fondation Fauler (Industrie des cuirs).

Cette fondation a pour but de secourir des ouvriers ou contremaîtres malheureux, ayant rendu des services appréciés dans l'industrie des cuirs.

Son revenu annuel est de 621 fr. 30 de rente.

Fondation Legrand (Industrie de la savonnerie).

Cette fondation est destinée à venir en aide aux ouvriers ou contremaîtres malheureux de l'industrie de la savonnerie, ayant rendu des services appréciés.

Son revenu annuel est actuellement de 892 fr. 80 de rente.

Fondation de Milly (Industrie de la stéarine).

Cette fondation a pour but de venir en aide à des ouvriers et contremaîtres malheureux, ou ayant contracté quelque infirmité dans l'exercice de leur profession.

Son revenu annuel est actuellement de 561 fr. 60 de rente.

Fondation de Baccarat (Industrie de la cristallerie).

Cette fondation, destinée à secourir des ouvriers et contremaîtres malheureux ou infirmes, possède un revenu annuel de 115 fr. 20.

Fondation Ménier (Industrie des arts chimiques).

Cette fondation a pour but de venir en aide à des ouvriers et contremaîtres appartenant à l'industrie des arts chimiques.

La fondation possède un revenu annuel de 177 fr. 60.

Legs Giffard.

Une partie du revenu du capital de 50 000 francs, légué à la Société par Henri Giffard, a été destinée à distribuer des secours dans des conditions qu'il appartient au Conseil d'administration de la Société de fixer. — La somme disponible pour les secours est de 974 fr. 50.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Fondation Christofle et Bouilhet (Artistes industriels).

Cette fondation, destinée à venir en aide à des artistes industriels malheureux, possède un revenu annuel de 417 fr. 60.

MÉDAILLES

A DÉCERNER AUX CONTREMAITRES ET AUX OUVRIERS DES ÉTABLISSEMENTS INDUSTRIELS ET DES EXPLOITATIONS AGRICOLES.

La Société d'Encouragement, dans le but d'exciter les contremaîtres et les ouvriers à se distinguer dans leur profession et à encourager ceux qui se font remarquer par leur bonne conduite et les services qu'ils rendent aux chefs qui les emploient, a pensé que le moyen le plus propre à amener ce résultat était d'accorder des récompenses à ceux qu'une longue expérience aurait fait reconnaître comme ayant servi avec zèle, activité et intelligence; en conséquence, elle a pris l'arrêté suivant :

1° Il sera décerné chaque année, dans la séance générale, des médailles de bronze aux contremaîtres et ouvriers des grands établissements industriels et des exploitations agricoles de France.

2° Chaque médaille, à laquelle seront joints des livres pour une valeur de 50 francs, portera gravés le nom du contremaître ou de l'ouvrier et la désignation soit de l'atelier, soit de l'exploitation agricole à laquelle il est attaché.

3° Les contremaîtres ou ouvriers qui voudront obtenir ces médailles devront se munir de certificats dûment légalisés, attestant leur moralité et les services qu'ils ont rendus, depuis cinq ans au moins, à l'établissement auquel ils sont attachés. Ces certificats devront être appuyés tant par le chef de la maison, par le maire et les autorités locales, que par les ingénieurs civils ou militaires, en activité ou en retraite, et par les membres de la Société d'Encouragement qui résident sur les lieux.

4° Le contremaître ou l'ouvrier ne pourra être ni le parent, ni l'allié, ni l'associé, par acte, des propriétaires de l'établissement. Il devra savoir *lire* et *écrire*, et s'être distingué par son assiduité à ses travaux, son intelligence et les services qu'il aura rendus à l'atelier ou à l'exploitation agricole ; à mérite égal, la préférence sera accordée à celui qui saura dessiner et qui aura fait faire des progrès à la profession qu'il exerce. Enfin, les certificats, en attestant que ces conditions sont remplies, donneront sur le candidat tous les détails propres à faire apprécier ses qualités.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CONDITIONS GÉNÉRALES

A REMPLIR PAR LES CONCURRENTS AUX PRIX ET RÉCOMPENSES DÉCERNÉS PAR LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

1° Les modèles, mémoires, descriptions, renseignements, échantillons et pièces destinés à constater les droits des concurrents seront adressés franco de port au *Secrétariat de la Société d'Encouragement* pour l'industrie nationale, *44, rue de Rennes*. Ils devront être *remis avant le 31 décembre de l'année précédant la distribution des prix :* ce terme est de rigueur.

2° Les procédés ou machines seront examinés par les Comités compétents.

3° Les membres du Conseil d'Administration sont exclus du concours.

4° Les autres membres de la Société sont admis à concourir ainsi que toutes autres personnes de nationalités française ou étrangères. Les mémoires, notes, descriptions et légendes doivent être rédigés en langue française.

5° La Société se réserve le droit de publier en tout ou en partie les documents récompensés.

6° La Société ne rendra pas les mémoires descriptifs, les pièces écrites et les dessins qui n'auront point été récompensés ; mais elle permettra aux auteurs d'en prendre copie, et elle leur rendra les modèles s'il y a lieu.

7° Les concurrents qui auraient traité plusieurs des questions mises au concours sont invités à envoyer des mémoires séparés sur chacune d'elles.

8° La Société remettra le montant des récompenses ou les médailles aux titulaires ou à leurs fondés de pouvoir.

N.-B. La communication des mémoires ou procédés soumis aux concours ne saurait engager en aucune façon la responsabilité de la Société quant à l'application des lois et règlements qui régissent les brevets d'invention.

LES PIÈCES DÉPOSÉES RESTENT LA PROPRIÉTÉ DE LA SOCIÉTÉ.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

BIBLIOGRAPHIE

TRAITÉ PRATIQUE DES CHAUDIÈRES MARINES, par **M. J.-B. Girard**, *mécanicien inspecteur de la marine*, (1 vol. in-18, 585 p. et 20 pl. Paris, Baudry).

L'ouvrage de M. Girard n'est ni un traité ni un cours de chaudières marines ; il s'adresse principalement au personnel des mécaniciens de la marine, et son but est d'enseigner à ceux mêmes qui se servent chaque jour des chaudières marines la conduite rationnelle, économique et sûre de ces appareils. Cette conduite n'est pas toujours facile, la salle de chauffe est souvent encombrée d'appareils accessoires fort simples en eux-mêmes, mais parfois confus par leur multiplicité, et la nécessité de faire produire aux chaudières le plus de vapeur possible, au risque de les surmener, exige une attention constante, surtout avec les chaudières à tubes d'eau, notamment celles du type express, à très faible volume d'eau. Le livre de M. Girard donne, de presque tous les types de chaudières actuellement employés dans la marine, des descriptions complètes, très claires, largement illustrées de dessins, non pas quelconques, mais exécutés en vue de la démonstration même de leur sujet. Chaque type de chaudière a ainsi sa monographie (construction, disposition générale, conduite, exécution), facile à retrouver et à consulter immédiatement. Les principaux accessoires des chaudières : éjecteurs, détendeurs, monte-escarbille, réchauffeurs, purgeurs, alimentateurs, bouilleurs, tuyauterie, etc., sont décrits avec une grande abondance de détails presque toujours inédits. Le chauffage des chaudières de torpilleurs au pétrole est décrit d'une façon complète, en plusieurs applications très intéressantes, qui démontrent sa supériorité pour le service des chaudières express. Le livre de M. Girard nous paraît parfaitement atteindre son but ; il a le rare mérite d'être entièrement original et écrit par un homme qui, ayant longtemps pratiqué ce dont il parle, connaît à la fois les difficultés de son sujet, la manière de les résoudre et d'enseigner aux autres ces solutions. — Nous le croyons appelé à rendre de grands services, non seulement aux professionnels, mais aussi à tous ceux qui s'occupent de près ou de loin des chaudières marines, dont les développements actuels intéressent à juste titre tous les mécaniciens.

LE CARBURE DE CALCIUM ET L'ACÉTYLÈNE, par **M. de Perrodel**, (1 vol. in-16. Paris, P. Vicq, Dunod et Cie) et L'ECLAIRAGE A L'ACÉTYLÈNE, par **M. C. Pélissier**, (1 vol. in-8° de la bibliothèque de la *Revue générale des sciences*. Paris, Carré et Naud).

Ces deux volumes viennent, bien à leur heure, traiter d'une question des plus intéressantes et dont la technologie complète ne pourra se faire que dans quelques années, après la période de tâtonnements dans laquelle on se trouve encore aujourd'hui au milieu du progrès réalisé chaque jour, soit par de nouvelles découvertes scientifiques, soit par l'obligation de satisfaire aux desiderata que la pratique signale à mesure que les applications s'étendent et se diversifient.

Les deux ouvrages exposent presque dans le même ordre l'historique de la production du carbure de calcium et de l'acétylène, les propriétés de ce corps à l'état

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

gazeux, relativement inoffensif, et à l'état plus dangereux et coûteux de liquéfaction, la fabrication du carbure, la préparation de l'acétylène, sa manipulation, ses applications à l'éclairage seulement, sans s'occuper de celles possibles à diverses industries chimiques et métallurgiques, telles que la fabrication de l'alcool et des couleurs d'aniline, la cémentation des fers...

Il résulte de la lecture de ces deux ouvrages que la question des applications véritablement pratiques de l'éclairage à l'acétylène est encore presque dans l'enfance; enfance difficile, en partie parce que les industriels qui se sont, dès l'origine, occupés de cette question ont prétendu imposer immédiatement l'éclairage à l'acétylène comme infiniment supérieur à tous les autres. C'est là une erreur manifeste, dont la constatation a eu pour effet, comme il fallait s'y attendre, de susciter contre l'acétylène une défiance peut-être exagérée. La lecture des ouvrages de MM. de Perrodel et Pélissier, écrits avec compétence et bonne foi, et qui présentent l'état actuel de cette question sous son jour véritable, sera donc des plus utiles à tous ceux qui s'y intéressent.

Manuel du fondeur mouleur en fer (2e édition), par *E. Molerat*, chef fondeur-mouleur.

L'ouvrage de M. E. Molerat mérite une attention particulière en raison de la compétence toute particulière de son auteur. Après avoir débuté comme ouvrier fondeur, il s'est progressivement élevé aux fonctions de chef ouvrier mouleur, puis de contremaître et enfin de chef fondeur; il était du reste fils et petit-fils de chef ouvrier mouleur. Son ouvrage, comme il est dit dans la préface, donne les résultats de l'expérience accumulée d'un siècle de travaux de fonderie. Bien peu de publications techniques pourraient revendiquer de semblables titres à la bienveillance de leurs lecteurs.

M. Molerat n'a pas la prétention d'apprendre aux fondeurs de métier ce qu'ils savent déjà par leur longue expérience; il s'adresse exclusivement aux industriels novices dans cette partie de la métallurgie et met à leur disposition les données nécessaires pour établir à coup sûr et sans crainte de mécomptes toutes les parties du matériel d'une fonderie de moyenne importance. L'art du mouleur se compose presque exclusivement d'expérience pratique et de tours de main qui nécessitent un pénible apprentissage, quand on n'est pas guidé par un praticien expérimenté. M. Molerat se charge d'être un guide pour les personnes qui voudront bien consulter son ouvrage.

Une place prépondérante est attribuée à la question *matériel;* dans une fonderie un outillage bien compris constitue le principal élément pour la réussite des pièces et leur fabrication à bon compte. Tous les types et dessins d'appareils ont été relevés sur des pièces exécutées, étudiées et modifiées dans toutes les parties où l'expérience en a indiqué le besoin, aucun détail n'a été laissé de côté; les divers éléments de la fabrication sont successivement passées en revue : les sables, les noirs, les fontes et leur composition, classements et mélanges, les appareils de séchage, les divers cubilots, poches de coulée et creusets, les trousseaux de toute sorte et appareils de levage.

Cette seconde édition, qui a suivi la première à un an d'intervalle a été complétée par des chapitres relatifs à certaines fabrications spéciales, le moulage des hélices, la fabrication des turbines hydrauliques, le tracé simple des engrenages, le moulage des obus et quelques cas particuliers de moulage d'acier coulé.

En résumé le livre de M. Molerat sera le *vade mecum* indispensable de tout débutant dans l'art de la fonderie et ne sera peut-être pas inutile à plus d'un fondeur de profession.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

De l'Encyclopédie LÉAUTÉ (Paris, Gauthier-Villars).

Les gaz de l'atmosphère, par M. HENRIET (H.), ancien Élève de l'École de Physique et de Chimie industrielles de la Ville de Paris, Chimiste à l'Observatoire de Montsouris. Petit in-8.

Dans ce Livre, M. Henriet résume l'étude des phénomènes physiques de l'atmosphère et donne les formules nécessaires à la réduction des volumes gazeux.

Une seconde partie, qui comprend l'étude chimique de tous les gaz de l'air, fournit, outre les meilleurs procédés de dosage, des détails sur les gaz peu connus et principalement sur l'argon.

De nombreux tableaux, contenant les résultats des analyses faites en divers points du globe, complètent les utiles et intéressants documents que l'auteur a réunis dans son ouvrage.

Projectiles de campagne, de siège et de place. Fusées, par M. VALLIER (E.), Chef d'escadron d'Artillerie, correspondant de l'Institut. Petit in-8.

L'auteur établit d'abord les principes balistiques qui doivent régler le tracé des projectiles et leurs conditions de stabilité, pour assurer la régularité de leur mouvement dans l'air.

Le chapitre II, *Matériel de campagne*, traite des conditions d'efficacité de l'obus de campagne et donne les dimensions des principaux projectiles en service.

La deuxième partie traite des projectiles de siège et de place. Après avoir résumé dans les tableaux les données concernant les projectiles ordinaires, l'auteur fait la théorie de l'obus-torpille, puis traite de l'emploi de ces projectiles et des conditions dans lesquelles ils sont adoptés par les différentes puissances.

Le chapitre suivant expose les effets des projectiles contre les obstacles et donne les formules servant à évaluer et à prévoir ces effets dans une certaine limite.

Le chapitre V revient en détail sur la question du tracé des projectiles, sur le calcul de leurs éléments, sur les diverses formules à employer dans ces études.

Le chapitre VI traite sommairement de la fabrication.

Enfin, une troisième partie : *Fusées*, traite des principes relatifs à ces artifices et donne la description des fusées les plus intéressantes de chaque système.

Les succédanés du chiffon en papeterie, par M. URBAIN (V.), Ingénieur des Arts et Manufactures, Répétiteurs à l'École Centrale.

Dans un premier chapitre, se trouve décrite la constitution physique et chimique des végétaux, avec des détails sur les propriétés des principes immédiats qui les constituent, suffisantes pour comprendre la théorie des différents modes de traitement employés.

Après l'indication de la composition des principaux succédanés utilisés, ce chapitre renferme une description très complète de la fabrication des pâtes qu'ils sont susceptibles de fournir, par les divers procédés en usage ou en expérience : par la soude, par les bisulfites, par les corps oxydants et par l'électrolyse.

La première partie se termine par des indications sur les moyens employés pour apprécier la qualité des pâtes livrées par le commerce.

La seconde partie est consacrée au blanchiment des pâtes par le chlore gazeux, par le chlorure de chaux, par le permanganate de potasse et enfin par l'électrolyse.

ERRATUM

Bulletin de mars, p. 421. Compléter le renvoi (1) **Accidents de chaudières**, par la mention : *Engineering News*, 11 février 1897, et p. 436 : **Emboutissage des raccords de vélocipèdes**, ajouter : *American machinist*, 25 février et 4 mars 1897.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LIVRES ET OUVRAGES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE

EN AVRIL 1897

La peinture du matériel de grande vitesse à panneaux en tôle du chemin de fer de l'Est. Une broch. 90 p. Extrait de la *Revue générale des chemins de fer*, décembre 1896 et janvier 1897.

Aide-mémoire de l'architecte, par M. C. SÉE, 1 vol. in-18, 221 p. Paris, Tignol.

Annuaire de la Société Philotechnique. Année 1896, 1 vol. in-8, 286 p. Paris, Delagrave.

Comité de conservation des monuments de l'art arabe. Exercice 1895, 1 vol. in-8, 120 p. Le Caire, Imprimerie Nationale.

Du ministère de l'Instruction publique **Bulletin de Géographie historique et descriptive.** Année 1896, n° 3, et **Catalogue raisonné des plantes cellulaires de la Tunisie**, par M. N. PATOUILLARD. Imprimerie Nationale.

Money and Pieces in foreign countries, publié par le Bureau de statistique de Washington, 1 vol. in-8, 160 pages.

Rapport sur le concours de réglage des chronomètres de l'année 1896 de la Société des Arts de Genève, par M. R. GAUTIER. 1 broch. in-18, 19 pages.

Les Transports par câbles aériens, par MM. THIERRY et DEMONET (extrait des publications de la *Société industrielle de l'Est*).

De l'*Institution of Civil Engineers*. London, **Proceedings**, vol. CXXXVII (1897). Principaux mémoires : *G. Cruttwell*, « The Tower Bridge »; *P. Frankland*, « The Bacterial Purification of Water », *J. Rigg;* « Tipping and Screening. Coal »; *T. Gillott*, « The Surface Plant. at Kirkby Colliery », *Drummond;* « An Investigation of the Use of Progressive High. Pressure in Non. Compound, Locomotives »; *Kraft;* « Conical Covers and Pistons » *Holgate*, « The Enrichment of Gas », *Bellamy;* « The Victoria Bridge. Columbo » *Nichols*, « The Brooklyn, Elevated Railroad ».

Du ministère du Commerce : **Description des machines et procédés brevetés** (1893), vol. LXXXVII. Moteurs hydrauliques. Appareils hydrauliques. Articles de ménage. Serrurerie. Coutellerie. Ameublement. Briques et tuiles. Faïences. Porcelaines. Poteries. Verrerie. Articles de Paris. Horlogerie. Appareils de physique et de chimie. Appareils frigorifiques. Médecine. Chirurgie. Hygiène. Télégraphie. Téléphonie. Pesage. Mathématiques. Électricité. Éclairage et chauffage. Gaz. Combustibles. Arts industriels. Lithographie. Typographie. Imprimerie. Photographie. Musique.

De la collection Leauté : **Transformateurs de tension à courants alternatifs**, par F. Loppé. Paris, Gauthier-Villars.

De la *Smithsonian Institution :* **Smithsonian Report for 1894**, 1 vol. in-8, 770 p. Washington, Government Printing Office.

De MM. *B. Lawes* et *H. Gilbert :* **The Depression of Corn Prices and the Production of Wheat. Field and other Experiments conducted on the farm and in the Laboratory** et **The Rothamsted Field Experiments.** Plans and Summary. Tables.

Lehrbuch der Mechanisch Metallurgischen Technologie, par A. LEDEBUR, 3e fascicule, chez F. Wieweg, Brunswick.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LITTÉRATURE

DES

PÉRIODIQUES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE DE LA SOCIÉTÉ

Du 15 Mars au 15 Avril 1897

DÉSIGNATIONS ABRÉGÉES DES PUBLICATIONS CITÉES

Ag. . . . Journal de l'Agriculture.
Ac. . . . Annales de la Construction.
Acp. . . . Annales de Chimie et de Physique.
AM. . . . Annales des Mines.
Ap. . . . Journal d'Agriculture pratique.
APC. . . . Annales des Ponts et Chaussées.
At. . . . Annales télégraphiques.
Bam. . . . Bulletin technologique des anciens élèves des écoles des arts et métiers.
Btp. . . . Bulletin du ministère des Travaux publics (statistiques).
BMA . . . Bull. du ministère de l'Agriculture.
Ci. . . . Chronique industrielle.
Co. . . . Cosmos.
CN. . . . Chimical News (London).
Cs. . . . Journal of the Society of Chemical Industry (London).
CR. . . . Comptes rendus de l'Académie des Sciences.
DoL. . . . Bulletin of the Department of Labor des États-Unis.
Dp. . . . Dingler's Polytechnisches Journal.
E. . . . Engineering.
E'. . . . The Engineer.
Eam. . . . Engineering and Mining Journal.
EE. . . . Eclairage Électrique.
El. . . . Electrician (London).
Elé. . . . L'Électricien.
Ef. . . . Économiste français.
Es. . . . Engineers and Shipbuilders in Scotland (Proceedings).
Fi . . . . Journal of the Franklin Institute (Philadelphie).
Gc. . . . Génie civil.
Gm. . . . Revue du Génie militaire.
IC. . . . Ingénieurs civils de France (Bull.).
Ie. . . . Industrie électrique.
Im . . . . Industrie minérale de St-Étienne.
IME. . . . Institution of Mechanical Engineers (Proceedings).
IoB. . . . Institution of Brewing (Journal).
La . . . . La Locomotion automobile.
Ln. . . . La Nature.
Ms. . . . Moniteur scientifique.
N. . . . Nature (anglais).
Pc. . . . Journal de Pharmacie et de Chimie.
Pm. . . . *Portefeuille* économ. des *machines*.
Rgc. . . . Revue générale des chemins de fer.
Rgds. . . . Revue générale des Sciences.
Ri . . . . Revue industrielle.
RM. . . . Revue de mécanique.
Rmc. . . . Revue maritime et coloniale.
Rs. . . . Revue Scientifique.
Rso. . . . Réforme Sociale.
RSL. . . . Royal Society London (Proceedings).
Rt. . . . Revue technique.
Ru. . . . Revue universelle des mines et de la métallurgie.
SA. . . . Society of Arts (Journal of the).
ScP. . . . Société chimique de Paris (Bull.).
Sfp. . . . Société française de photographie (Bulletin).
Sg. . . . Bulletin de la Société de géographie.
Sgc. . . . Bulletin de la Société de géographie commerciale.
Sie. . . . Société internationale des Électriciens (Bulletin).
SiM. . . . Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse.
SiN. . . . Société industrielle du Nord de la France (Bulletin).
SL. . . . Bull. de statistique et de législation.
SNA. . . . Société nationale d'agriculture de France (Bulletin).
SuE. . . . Stahl und Eisen.
USR. . . . Consular Reports to the United States Government.
VDI. . . . Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure.
ZOI. . . . Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieure und Architekten-Vereins.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

AGRICULTURE

Assolement triennal, *Ap.* 18 *Mars*, 388.
Bétail. Emploi des mélasses pour l'alimentation du cheval. *Ap.* 8 *Avril*, 489.
— Emploi des résidus industriels pour l'alimentation du aux colonies. *Ap.* 18 *Mars*, 383.
— (Hygiène du). *Ap.* 1 *Avril*, 473.
— Alimentation des vaches laitières. *Ag.* 27 *Mars*, 491; 3 *Avril*, 537.
— Appréciation du poids du bétail par la taille. *Ag.* 27 *Mars*, 498.
Betterave à sucre (La) (Dehérain). *Revue des Deux Mondes*, 15 *Mars*, 317; *Ap.* 25 *Mars*, 422.
— (Variétés de). *Ap.* 1 *Avril*, 466.
Céréales. Dosage des matières fermentescibles dans les) (Effront). *Ms. Fév.* 270.
Engrais à employer au printemps. *Ag.* 20 *Mars*, 454.
— Achat des scories de déphosphoration. *Ap.* 18 *Mars*, 382.
— Ordures ménagères de Paris (Grandeau). *Ap.* 1 *Avril*, 453.
— Tubercules et nodosités des légumineuses, leurs rapports avec ces plantes, *Ap.* 8 *Avril*, 491.
— pour navets (Hendrick). *Cr.* 31 *Mars*, 213.
Lait. Petites beurreries centrifuges. *Ag.* 27. *Mars*, 503.
— Industries laitières des Charente et du Poitou. (Martin). *BMA. Mars*, 52.
— pour l'Angleterre. *SA.* 9 *Avril*, 459.
— Barateur centrifuge Garin. *Ag.* 10 *Avril*, 579.
— (Congélation du)(Winter). *CR.* 5 *Avril*. 774.
Machines agricoles. Semences diverses. *Dp.* 19 *Mars*, 265.
— Presses à fourrages diverses. *Ri.* 27 *Mars*. 122.
— Semoirs divers. *Dp.* 19 *Mars*, 265.
— Pulpomètre Simon. *Ag.* 10 *Avril*, 587.
Orges (Les). *Ag.* 20 *Mars*, 457.
Pisciculture dans le Cantal (Broché). *BMA. Mars*, 76.
Plantes (Présence et rôle de l'acide cyanhydrique dans les). *Rs.* 20 *Mars*, 379.
Pommes de terre. Expériences de Capelle. *Ap.* 18 *Mars*. 389; 3 *Avril*, 544.
Ramie (Culture de la) (Barraclough). *SA.* 2 *Avril*, 424.
Vignes japonaises précoces Caplat. *Ap.* 8 *Avril*, 500.
— Chinoises acclimatées à Damigny. *Ag.* 27 *Mars*, 488; *Ap.* 25 *Mars*, 427.
— Black Root (Le). *Ag.* 3 *Avril*, 547.
— Noircissement des vins blancs. *Ap.* 1 *Avril*, 456.
— Casse des vins (Ferment de la) (Cazeneuve). *CR.* 5 *Avril*, 781.

CHEMINS DE FER

Chemins de fer autrichiens (1894). *Rgc. Mars*, 239.
— américains. *Rgc. Mars*, 249.
— métropolitain de Paris. *Gc.* 27 *Mars*, 327.
— de Londres. *E.* 9 *Avril*, 480.
— de l'Afrique Allemande. *Bull. Société d'Encouragement de Berlin. Mars*, 89.
— transmandchourien. *Rs.* 10 *Avril*, 474.
— funiculaire de Brighton. 2 *Avril*, 359.
Frein électro-pneumatique Chapsal. Ln. 27 *Mars*, 259.
Gares (Emploi de l'électricité pour les engrais des). *Gc.* 20, 27 *Mars*, 306, 424; 3, 10 *Avril*, 339, 358.
Locomotives construites au Japon *E'.* 19 *Mars*, 283, 322.
— (américaines fonctionnement des) *E'.* 2 *Avril*, 348, 352.
— *Compound* de l'État bavarois. *Rgc. Mars*, 251. Nord, Webb, Midi, P.-L.-M., Gothard, Mallet (Sauvage). *RM. Mars*, 228.
— Distribution à 4 tiroirs Dunlop. *E.* 19 *Mars*, 384.
— Essieux coudés en plusieurs pièces. de la C^ie^ de l'Est. *Rgc. Mars*, 185.
— Expériences sur la locomotive Shenectady à l'Université de Purdue. *Rgc. Mars*, 212.
Rails (joints des). *Rt.* 10 *Avril*, 149.
Signaux. Commande électro-pneumatique Westinghouse. *Ri*, 20, 27 *Mars*, 114, 128.
— Pédale électrique Tyer. *E.* 9 *Avril*, 498.
Trains (vitesse des). *E.* 19 *Mars*, 298.
Transbordeurs pour voie étroite. *E.* 19 *Mars*, 367.
Wagons. (Ventilation des). *Cc.* 10 *Avril*, 369.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TRANSPORTS DIVERS

Automobiles. Avant-train automoteur Pretot. *La.* 1er *Avril*, 146.
— électriques Krieger. *La.* 18 *Mars*, 122.
— *à pétrole* Rose. *E.* 19 *Mars*, 390. Mors. *E'.* 19 *Mars*, 328. Gautier Wehrlé. *La.* 25 *Mars*, 134. Bergman et Wollmer. *La.* 1er *Avril*, 151.
— *à vapeur* Serpollet, pour les chemins wurtembergeois. *Rgc. Mars*, 205.
— Train différentiel Clubbe. *E.* 19 *Mars*, 390.
Chariots. Démarreur Becton. *E'.* 2 *Avril*, 352.
Électricité. Locomotive Heilmann. *Élé.* 2. *Mars*, 177.
— *Tramways* de Buda-Pesth. *EE.* 20 *Mars*, 329. Paris, Romainville. *Pm. Avril*, 50.
— — d'Angers. *Gc.* 27 *Mars*, 321.
— — à contact aérien Bochet. *EE.* 27 *Mars*, 21.
— — Calcul des réseaux de (Pélissier). *EE.* 3 *Avril*, 68.
— — A trolley. Passage des ponts à bascule, *EE.* 10 *Avril*, 109.
Tramways à vapeur. Lavage des fumées. *Ci.* 27 *Mars*, 128.
— dans Paris. *Sie. Mars*, 201.
— à gazoline Hoskins. *Gc.* 10 *Avril*, 367.
Vélocipédie. Divers. *Rs.* 27 *Mars*, 412.
— Pédale planétaire Barker. *E'.* 9 *Avril*, 374.
— Commerce des vélocipèdes en Italie. *UsR. Mars*, 324.

CHIMIE ET PHYSIQUE

Alcaloïdes. Divers. *Cs.* 31 *Mars*, 256.
Alcalins (Sels). obtenus des gaz du haut fourneau. *E.* 9 *Avril*, 497.
Alcool éthylique et eau. Distillation des mélanges très dilués (Nicloux et Banduer). *ScP.* 5 *Avril*, 424.
Aldéhyde formique et ses applications (Freudler). *Actualités chimiques. Janv.*, 16.
Alumine cristallisée (Synthèse de l') (Loyer). *ScP.* 20 *Mars*, 343.
Analyse spectrale. Appareil pour son application à l'analyse des gaz (Berthelot). *CR.* 15 *Mars*, 525.
Antimoine (Peroxyde d'). Action des hautes températures (Baubigny). *CR.* 15 *Mars*, 560.
— Dosage dans les minerais et métaux. *Ms. Fév.*, 305.
Brasserie. La fermentation (Brown). *IOB. Fév.*, 99.
— Coloration et valeur du malt. *Cs.* 31 *Mars*, 189.
— Divers. *Cs.* 31 *Mars*, 252.
Carbure de fer. Préparation directe (Moissan). *CR.* 5 *Avril*, 716.
Chaux et ciments. Divers. *Cs.* 31 *Mars*, 240.
— Pavage en ciment (*le Ciment*). 25 *Mars*, 75.
— Ciment armé (Travaux en). *Id.*, 71.
— Essais officiels des ciments allemands. (*Id.*), 75.
— à l'eau chaude (Le Chatelier). (*Id.*), 77.
— Ciments dans l'eau de mer (Michaelis). *E.* 2, 9 *Avril*, 457, 495.
— Briques réfractaires. (Fabrication des). *Cs.* 31 *Mars*, 240.
Chaleur latente de vaporisation et la loi de Van der Vaals. *CR.* 22 *Mars*, 610.
Combinaisons gazeuses (Les) (Hélier). *Acp.*
Combustion spontanée. *E.* 2 *Avril*, 431.
Cryoscopie. Mesures cryoscopiques (Ponsot). *ScP.* 5 *Avril*, 395.
Diamant. Transformation en graphite dans le tube de Crookes. *CR.* 29 *Mars*, 653.
— Emplois et propriétés. *Bull. Société d'Encouragement de Berlin. Mars*, 66.
Diffusion (Mesure de la) (Berkes). *American Journal of Science. Avril*, 280.
Essence de lavande d'Espagne (Chabarot). *ScP.* 20 *Mars*, 378.
États correspondants (Lois des) (Amagat). *CR.* 15 *Mars*, 547.
Explosifs. Appareil Maxim pour essayer les poudres sans fumée. *E.* 2 *Avril*, 451.
Fusion (Détermination des points de). *CN.* 9 *Avril*, 176.
Gaz et vapeur. Ecoulement dans les tuyaux (Martin). *E.* 19 *Mars*, 361.
Gaz d'éclairage. Divers. *Cs.* 31 *Mars*, 227.
— Prix de revient de l'éclairage (Delahaye). *Ri.* 10 *Avril*, 149.
— Dosage de l'azote libre dans le gaz épuré (Arth). *ScP.* 5 *Avril*, 427.
— Becs incandescents et terres rares (Merle). *Ms. Avril*, 257.
— Enfourneur mécanique Kemmerling. *Ru. Mars*, 290.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Acétylène. Divers. *Cs.* 31 *Mars*, 230.
— Réglementation en Angleterre. *Ri.* 20 *Mars*, 117.
— Divers. *Dp.* 19, 26 *Mars*, 275, 297.
— Emmagasinement par l'acétone. *EE.* 20 *Mars*, 548. *CR.* 22 *Mars*, 626; *Ie.* 25 *Mars*, 105.
— *Carbure de calcium* (Le). *E.* 19 *Mars*, 412. Procédés Heibling (Marx). *Ms. Fév.*, 276. Haviland. *E.* 9 *Avril*, 497.
— Gazogène Holyday. *E.* 9 *Avril*, 497.
— Explosivité (Clowes). *Cs.* 30 *Mars*, 209.

Graisses. Suif végétal de Chine. Analyse des corps gras : Dosage de la matière insaponifiable dans les graisses et huiles. *Ms. Fév.*, 282, 284, 285.

Huiles. Essai au brome de Hebner. *Cs.* 31 *Mars*, 193.

Industrie chimique. L'enseignement chimique et les Universités (Haller). *Rgds.* 30 Mars, 226.

Iode. Fixation par les amidons de blé et de riz (Rouvier). *CR.* 15 *Mars*, 565.

Laboratoires. Divers. *Cs.* 31 *Mars*, 260.
— Appareils gradués (Hemot). *ScP.* 20 *Mars*, 343.
— A fractionnement (Tixier). *ScP.* 5 *Avril*, 392.
— De Lord Kelvin. *N.* 25 *Mars*, 486.
— Dosage de l'oxyde de zinc. *CN.* 19 *Mars*, 133.
— — de l'acide titanique. *Id.*, 134.
— Chimie analytique appliquée. Divers. *Ms. Fév.*, 294.
— Porphyriseur Surman. *Eam.* 3 *Avril*, 333.
— Collecteur des gaz dissous dans les liquides (Clowes). *Cs.* 31 *Mars*, 210.
— *Analyseur* organique. *Cs.* 31 *Mars*, 261. Des gaz des explosifs. *Id.*, 261.

Lipases (Non-identité des) d'origine différente. *CR.* 5 *Avril*, 778.

Micro-organismes. Influence sur les industries du cuir, du vin et de la bière. *Cs.* 31 *Mars*, 196.

Nitrate d'ammoniaque. Fabrication par double décomposition (Fairley). *Cs.* 31 *Mars*, 211.

Optique. Lampe à cadmium pour la production des franges (Hamy). *CR.* 5 *Avril*, 749.

Rayons de Röntgen. *N.* 18, 27 *Mars*, 460, 472, 498; *Rs.* 20 *Mars*, 362; *EE.* 27 *Mars*, 34, 37, 39; *CR.* 22 *Mars*, 613; 5 *Avril*, 755.

Oxyde de carbone (Réaction de l') (Mermet). *CR.* 22 *Mars*, 621.
— *de phosphore* Ph^2O (Besson). *CR.* 5 *Avril*, 763.

Ozone. Ses applications (Andreoli). *Elé.* 27 *Mars*, 194; 3, 10 *Avril*, 216, 228.

Papeterie (L'électricité dans la). *Elé.* 27 *Mars*, 205.

Parfums. Divers. *Cs.* 31 *Mars*, 256.
— *des fleurs.* Nouveau mode d'obtention (Passy). *CR.* 5 *Avril*, 788.

Pegamoïd de Crefeld. *UsR. Mars*, 341.

Pétrole (Le). *Gc.* 3, 10 *Avril*, 345, 365.

Plomb. Titrage volumétrique. *Ms. Fév.*, 308.

Poids atomiques du magnésium. *CR.* 26 *Mars*, 148; 2, 9 *Avril*, 158, 172.
— du tellurium. *CN.* 9 *Avril*, 172.

Pression osmotique (Larmor). *N.* 8 *Avril*, 545.

Pyromètre actinométrique (Latarche). *Rt.* 10 *Avril*, 155.

Résinates des métaux lourds (Amsel). *Ms. Fév.*, 290.

Résines. Divers. *Cs.* 31 *Mars*, 247.

Sels haloïdes doubles de plomb et d'ammonium. *ScP.* 20 *Mars*, 346.
— alcalins. Action exercée par leurs acides ou leurs bases (Ditte). *Acp. Avril*, 556.

Soie (Conditionnement des). *Cs.* 31 *Mars*, 234.

Soufre. Combinaison directe avec l'hydrogène (Pelabon). *CR.* 29 *Mars*, 686.

Sucres. Divers. *Cs.* 31 *Mars*, 250.
— et boissons. Documents statistiques. *BMA. Mars*, 76.
— Progrès de la sucrerie. *Dp.* 19 *Mars*, 286.
— Transformations des sucres et l'acide lévurique. *CR.* 29 *Mars*, 645.

Sulfures des *Cu. Bi. Ag. Sn. Ni. Cu.* Action des hautes températures (Moullot). *CR.* 5 *Avril*, 768.

Tannerie. Divers. *Cs.* 31 *Mars*, 248.
— Machine à dégraisser les cuirs Wright et Monk. *E.* 26 *Mars*, 400.

Teinturerie. Divers. *Cs.* 31 *Mars*, 231, 237.
— Matière colorante jaune dérivée de la dinitrofluorescine (Reverdin). *ScP.* 5 *Avril*, 416.
— Couleurs de goudron. Emploi de l'alcool. *Cs.* 31 *Mars*, 223.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

— Action de la lumière sur le sel d'indigo de Kalle. *SiM. Fév.*, 87.
— Réserves et conversions colorées sous noir d'aniline. *Id.*, 98.
— Réduction des matières colorantes du type de la fuchsine et du vert malachite (Prudhomme). *ScP.* 20 *Mars*, 376.
— Débourrage à l'échauff. *Ms. Fév.*, 312.
— Bains de pelanage. *Id.*, 317.
— Aniline, dosage de l'humidité. *Ms. Fév.*, 297.
— Réaction de Schiff appliquée à la fuchsine. *SiM. Fév.*, 84.

Tension de surface. Mesure par équilibre entre des disques flottants (Mayer). *American Journal of Science. Avril*, 253.

Thermomètre électrique (Burstell). *EE.* 3 *Avril*, 76.

Thorium. Analyse des sables de monazite. *CN.* 26 *Mars*, 145; 2 *Avril*, 157.

Tungstène (Dosage du). *Ms. Fév.*, 298.

Verrerie. Four à verre (Radcliffe). *E.* 19 *Mars*, 426.

COMMERCE ET ÉCONOMIE POLITIQUE

Allumettes. Exploitation du monopole en France en 1895. *SL. Mars*, 311.

Banques populaires italiennes. *DOL. Mars*, 113.

Caisses de secours et de retraites des ouvriers mineurs. *Ef.* 20 *Mars*, 359.

Capitaux français à l'étranger. (R. G. Lévy.) *Revue des Deux Mondes*, 15 *Mars*, 415.

Criminalité en France. *Rso.* 1er *Avril*, 531.

Coopération de production. La mine aux mineurs, de Rive-de-Gier. *Ef.* 10 *Avril*, 470.

Diamant (Industrie du) à Kimberley. *Ef.* 3 *Avril*, 433.

Dépopulation de la France. Ef. 20-27 *Mars*, 358, 363; 10 *Avril*, 475.

Dette foncière. Son extinction. *Ef.* 3 *Avril*, 432.

Étalon d'or. Adoption au Japon. *Ef.* 3 *Avril*, 425.

Famine de l'Inde. *SA.* 19-26 *Mars*, 345-415.

Grèves et Lock-outs en Angleterre (1895). *DOL. Mars*, 160.

Salaires minimum en Belgique. *Rso.* 16 *Mars*, 481; 1er *Avril*, 539.

Socialisme. Le *Vooruit* de Gand. *Rso.* 1er *Avril*, 505.

Société charitable de Hollande. DOL. Mars, 130.

Successions (Réforme des droits de). *Rso.* 16 *Mars*, 460.

Tabacs. Exploitation du monopole en France en 1895. *SL. Mars*, 308.

Unions professionnelles. Projet de loi. *Musée Social*, 28 *Fév.*

CONSTRUCTIONS ET TRAVAUX PUBLICS

Abattoir de la rive gauche. Gc. 20 *Mars*, 305.

Constructions en acier. Es. 33 *Fév.*, 25.

Exposition de Nijni. E'. 19 *Mars*, 293.

Remblais argileux (Consolidation des). *Ac. Avril*, 56.

Ponts tournants du canal de Kiehl. *Gc.* 20 *Mars*, 309.
— de campagne à Madagascar. *Gm. Mars*, 193.
— de Rock-Island. *E.* 2 *Avril*, 437.
— Viaduc du Myli Kalamata. *Ac. Avril*, 50.
— américains nouveaux. *SuE*, 1er *Avril*, 271.
— en béton d'Enzighofen. *Gc.* 3 *Avril*, 337.

Théâtres (Scènes de). *E. Mars*, 392; 9 *Avril*, 461.

ÉLECTRICITÉ

Accumulateur Mouterbe. *Elé.* 20 *Mars*, 188.
— à charge rapide. *Sie. Mars*, 180.

Canalisations alternatives en fortes sections. Impédence et chute de tension. *Ie.* 25 *Mars*, 105.
— dans les maisons. *Sie. Mars*, 215.

Chauffage électrique des maisons. *Elé.* 27 *Mars*, 200.

Constantes diélectriques de l'eau et de l'alcool aux basses températures (Dewar). *RSL.* 26 *Mars*, 2.

Courants polyphasés. E'. 19 *Mars*, 284.

Couvre-joints Felten-Guillaume. EE. 3 *Avril*, 76.

Dispositifs de sûreté pour les canalisations. Stine. *Elé.* 10 *Avril*, 236.

Distributions à trois conducteurs (Capacité des). *Ie.* 10 *Avril*, 131.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dynamos continues (Rendement des). *Élé.* 27 *Mars*, 203.
— Hystérésis des dents de l'induit. (Energie dissipée par). *Ie.* 27 *Mars*, 116.
— Alternateur auto-excitateur. Théorie. (Brillouin.) *EE.* 3 *Avril*, 49.
— *Moteurs* asynchrones. (Propriétés des) (Potier). *CR.* 15 *Mars*, 538.
— — Synchrones surexcités en courants alternatifs. *EE.* 27 *Mars*, 22.
Éclairage de Malte. *E'.* 2 *Avril*, 337.
— *Arc* en globe clos. *EE.* 20 *Mars*, 551.
— — Lampes Bagnol, Fisher, Mensing, Smith, Hill, Allin, Thornycroft, Davy. *EE.* 27 *Mars*, 12.
— — Jandus. *Ri.* 10 *Avril*, 143.
— *Incandescence*. Durée des lampes. *Elé.* 20 *Mars*, 184.
— — Lampe de mineur Sussmann. *EE.* 27 *Mars*, 19.
Électro-chimie. Fabrication de la soude. *Elé.* 20 *Mars*, 186.
— Divers. *Cs.* 31 *Mars*, 245.
Electro-métallurgie. Four Haviland. *E.* 19 *Mars*, 389.
Gaz. Température et résistance pendant la décharge électrique. *American Journal of Science*. *Avril*, 327.
Installations électriques. Précautions à prendre. *Elé.* 10 *Avril*, 231.
Magnétisme. Propriété magnétique des échantillons de fer. *Ie.* 27 *Mars*, 108.
Mesures des résistances (Armagnat). *EE.* 3-10 *Avril*, 59-103.
— Compteur Hoockham. *Elé.* 27 *Mars*, 193.
— (Méthodes de) (Armagnat). *EE.* 27 *Mars*, 15.
— Voltmètre et pile étalon Minet. *L'Electrochimie*, *Mars*, 29.
— Ampèremètres et voltmètres Chauvin-Arnoux. *Ie.* 27 *Mars*, 111.
— Rapport des unités électrostatiques et électromagnétiques (Hurmuzescu). *Acp. Avril*, 433.
— Ampèremètre Kelvin. *EE.* 3 *Avril*, 75.
— Électrodynamomètre Helmoltz. *EE.* 3 *Avril*, 82.
Pile étalon au Cadmium. *EE.* 3 *Avril*, 82.
— Application du principe de Carnot à la théorie de la pile (Raveau). *EE.* 10 *Avril*, 97.
Télégraphie. Sans fil. *Rt.* 10 *Avril*, 151.
— sous-marine. Réparation des câbles (Benest). *E.* 19 *Mars*, 387.
— — Câble Preece. *Elé.* 3 *Avril*, 213.
Téléphonie. Permutation verticale entre les fils d'un cornet téléphonique. *Elé.* 10 *Avril*, 233.
Transformateurs. Fatigue magnétique des tôles. *Elé.* 10 *Avril*, 230.
Transmission de force au chemin de fer du Nord. *Ln.* 20 *Mars*, 247.
— A grande distance par courants alternatifs (Esson). *SA.* 26 *Mars*, 399.
— Dans les ateliers. *EE.* 10 *Avril*, 111.

GÉOGRAPHIE

Algérie. Situation en 1896. *Cf.* 10 *Avril*, 465.
Australie. Progrès des colonies anglaises depuis 60 ans (Bonwick). *SA.* 26 *Mars*, 390.
Hongrie (Blondel). *Sgc.* XIX, n° 3, 161.
Japon (Population du). *Sgc.* XIX, n° 3, 200.
Madagascar. L'or, les pâturages, la terre (Mager). *Sgc.* XIX, n° 3, 207.
Pôle Nord. Nansen. *Rs.* 3 *Avril*, 417.
Si-Kiang (Le fleuve). *Sgc.* XIX, n° 3, 177.

GUERRE

Artillerie anglaise. *E'.* 19 *Mars*, 298.
Canons Krupp à tir rapide. *Ln.* 27 *Mars*, 257.
Obus. Mefford. *E.* 19 *Mars*, 389.
— Firth. Essais. *E.* 19 *Mars*, 301.
Transformation du matériel de guerre. *Rt.* 25 *Mars*, 136.

HYDRAULIQUE

Alimentation d'eau de Nussdorf. *ZOI.* 9 *Avril*, 230.
Bélier Bertola. *Industria*, 21 *Mars*, 188.
Hydromètre Frantz. *Dp.* 2 *Avril*, 10.
Pompes. Régulateur Wortington. *E'.* 2 *Avril*, 359.
— Holst, à bielles triangulaires. *Ri.* 3 *Avril*, 133.
— *à main* Jacob et Barker, Amos et Smith, Fosberg, Durozoi, Rycke, Baillet et Gronier, Ward, Montrichard, Audemar, Guyon, Delpeyron (Masse). *RM. Mars*, 248.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

HYGIÈNE

Chauffage et ventilation aux États-Unis. *E.* 19 *Mars*, 369.
— à air humidifié pour filatures. *Ri.* 10 *Avril*, 142.
— Accidents par les calorifères en cave (Grehant). *CR.* 5 *Avril*, 729.
Bactériologie. *E.* 2 *Avril*, 454.
Eaux de Londres. *E.* 19 *Mars*, 377; *Cs.* 31 *Mars*, 183.
Égouts de Worcester. *Cs.* 31 *Mars*, 225.
Glace pour l'alimentation. Analyse. *Gc.* 3 *Avril*, 347.
Stérilisateur à haute pression Kuhn. *Rt.* 10 *Avril*, 156.

MARINE, NAVIGATION

Bateau rouleur Bazin. *Ln.* 20 *Mars*, 243; *sous-marins*, forme de moindre résistance (Chaudey). *IC. Fév.*, 193.
Bouée de sauvetage Archibald. *E'.* 19 *Mars*, 301.
Canal *de Chicago*. *E.* 19 *Mars*, 366. 2 *Avril*, 433.
Canaux du Middland à la mer. *E'.* 19 *Mars*, 311.
— Baltique-mer Noire. *E.* 9 *Avril*, 360.
— du Danube à Vienne. *ZOI.* 2 *Avril*, 209-226.
Descente de canots Hamly. *E.* 19 *Mars*, 373.
Gouvernail du cuirassé japonais *Fugy*. *E.* 9 *Avril*, 363.
Hélices diverses. *Dp.* 26 *Mars*, 299.
Machines marines. Triple expansion du croiseur anglais *Pelorus*. *E.* 19 *Mars*, 365.
— Essais du *Powerfiell* et du *Terrible*. *E.* 9 *Avril*, 492.
— Contre-torpilleur *Swordfish* et *Spitfire*. (Triple expansion.) *RM. Mars*, 289.
Marine de guerre. Angleterre. *Rm. Fév.*, 342, 378; *E.* 19 *Mars*, 378; *Prince George* et *Alabama*. *E'.* 2 *Avril*, 335.
— allemande. *SuE. Avril*, 249. *VDI.* 27 *Mars*, 377; croiseur *Augusta*. *Rmc. Fév.*, 363.
— américaine. Monitor *Puritan*. *E'.* 19 *Mars*, 285. Cuirassé *Alabama*. *E.* 26 *Mars*, 403. Batterie Stevens. *E.* 19 *Mars*, 417.
— japonaise. Cuirassé *Fugi*. *E'* 19 *Mars*, 317. *E.* 2 *Avril*, 431.
— chilienne. Croiseur *Esmeralda*. *E'.* 19 *Mars*, 320.
— Plaques de blindage, nouveaux essais (Baclé). *Gc.* 20 *Mars*, 311; à Witkowitz. (id.) 1er *Avril*, 261.
— Torpilleurs (Construction des) (Brillié). *Rgds.* 30 *Mars*, 234.
— — Donaldson. *E.* 9 *Avril*, 498.
Marine marchande. *L'Oceanic*. *E'.* 19 *Mars*, 312.
— paquebot de la ligne hambourgeoise. 30000 tonneaux. *E'.* 2 *Avril*, 359.
Pêcheries du Volga. *Rs.* 20-27, *Mars*, 361, 397.
Point. Détermination sans sextant. *Rs.* 27 *Mars*, 394.
Port de Constanza. *Gc.* 10 *Avril*, 361.
Régularisation du Wessel. *VDI.* 27 *Mars*, 369.
Stabilimètre. Ramage. *E.* 9 *Avril*, 475.
Voiles trouées. *Co.* 19 *Avril*, 454.

MÉCANIQUE

Air comprimé. Compresseur Koster. *VDI.* 10 *Avril*, 425.
Calcul. Machine à résoudre les équations de Grant. *Rt.* 10 *Avril*, 161.
Chaudières à réchauffeur d'air Fraser. *E.* 9 *Avril*, 474.
— *Tubulées* Normand *E.* 19 *Mars*, 385; Hudson. *E.* 10 *Mars*, 389; Lagosse. *Pm. Avril*, 58. (Circulation dans les). *E.* 9 *Avril*, 464. A bord des cuirassés. *E.* 9 *Avril*, 489.
— *express* alimentées à l'eau salée. *E.* 19 *Mars*, 379. *E'.* 19 *Mars*, 297.
— Alimentateurs automatiques Almy et Peterseen. *RM. Mars*, 269. Filtre Alley et Risk. *Ri.* 10 *Avril*, 145.
— Explosion de Dukinfield. *E.* 9 *Avril*, 491.
Foyers. Utilisation des combustibles. *Gc.* 20-27 *Mars*, 316, 333.
— à bagasse Price Abell. *Ri.* 10 *Avril*, 141.
— Tirage par aspiration. *Es.* 23 *Fév.*, 1.
— Niveau d'eau Shaeffer Budenberg. *Ri.* 27 *Mars*, 126.
— Purgeur Midget. *E'.* 19 *Mars*, 305.
— Retour des eaux de condensation Schauer. *Ri.* 20 *Mars*, 113.
— Soupape de prise de vapeur Ranoe. *E.* 2 *Avril*, 454.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

— Surchauffe. Application aux machines à vapeur (*Sinigaglia*). *RM. Mars*, 215,
— Tubes ondulés Row. *Pm. Avril*, 62.
Courroies (Notes sur les) (W. Taylor). *E'.* 19 *Mars*, 302.
Drague hydro-électrique Bates. *E'.* 19 *Mars*, 314.
Froid. Machines frigorifiques. Condenseurs Frick, Yorck, Mac Vicar, Réfrigérants Hercule, Puplett, Mendès, Tuyauterie Frick Schmaltz Case, Block (G. Richard) *RM. Mars*, 273.
— Compresseur Douane. *RM. Mars*, 298.
Graissage. Graisseur pour cylindres Ottewell. *Ri.* 20 *Mars*, 116. Détroit. *RM. Mars*, 300.
Levage. Grue à pivot de 30 tonnes Ransome. *E'.* 19 *Mars*, 321.
— Ascenseur Dumarchey. *Ln.* 10 *Avril*, 301 ; à pompe Snow. *Rt.* 10 *Avril*, 146. Électro-magnétique Smith. *Elé.* 10 *Avril*, 225.
— Manutention du charbon aux Clybourne Ave Docks. *RM. Mars*, 286.
— Multiplicateur Morgan. *RM. Mars*, 302.
— Transporteurs pneumatiques Farcot. *Gc.* 10 *Avril*, 362.
Machines-outils à courber les tubes Wilkes. *E.* 19 *Mars*, 389.
— à étirer. Platt. *E.* 19 *Mars*, 389.
— à mouler les engrenages. *E.* 26 *Mars*, 396 ; 2 *Avril*, 439.
— à tailler les pignons, Gibson. *E.* 19 *Mars*, 403 ; 2 *Avril*, 439.
— actionnées par l'électricité, Rowan. *Es.* 23 *Fév.*, 33.
— à trier les perles. *Dp.* 2-9 *Avril*, 11, 28.
— à faire les tubes Mannesman. *E.* 19 *Mars*, 425.
— Alésoir Buckton. *E.* 2 *Avril*, 427.
— Coupe-tubes Richmond. *E'.* 9 *Avril*, 375.
— Perceuses radiales Clifton. *Ri.* 10 *Avril*, 149.
— *à bois* Mortaiseuse Kirchner. *E'.* 19 *Mars*, 318.
— — Scies diverses. *Dp.* 2 *Avril*, 1.
Machines à vapeur diverses. *Dp.* 2-9 *Avril*, 5, 25. Expériences de Donkin. *E.* 9 *Mars*, 464.
— à grandes vitesses (Les) Robinson. *E.* 19 *Mars*, 421. Carels. *Rt.* 27 *Mars*, 127. Raworth, *Ie.* 10 *Avril*, 133.
— à l'Exposition de Nurenberg. *VDI.* 27 *Mars*, 363.
— Des aciéries de la Bresme. *RM. Mars*, 290.
— Calcul des irrégularités (Kohn), ZOI, 12 *Mars*, 161.
— Domestique Schmitt. *RM. Mars*, 292.
— Diagramme de distribution Bux. *VDI.* 10 *Avril*, 431.
— Essais des (données fondamentales). Dwelshauwers. *RM. Mars*, 218.
— Condenseurs aériens (Les). *E'.* 9 *Avril*, 396. Rhodes. *E.* 19 *Mars*, 390. Fraser. *E'.* 9 *Avril*, 372.
— Mise en train Sankey pour machines compound. *RM. Mars*, 296.
— Pompe à air Blake. *Gc.* 27 *Mars* 329.
— *Régulateurs* Mertz et De Laval. *RM. Mars*, 297.
— Stuffing box Ogden. *E'.* 19 *Mars*, 304. Harbinger. *E.* 19 *Mars*, 426. Lawson. *E'.* 20 *Avril*, 342.
— *Turbines à vapeur* (Les). *E.* 2. *Avril*, 445.
— **à gaz** (Combustion dans les). *Cs.* 31 *Mars*, 227.
— — à l'Exposition de Buda-Pesth. *VDI.* 27 *Mars*, 10 *Avril*, 357-418.
— — Burt, Farmer. Dawson, Otto, Southall, Atkinson-Crossley, Saltar, White, Campbell, Doughill et Marks, Baker, Lanchester, Crouan, Brunler, Pétréano, Lair-Delay, Garnett, Gautier et Wherlé, Borsig. (G. Richard), *RM. Mars*, 208.
— *à pétrole*. Briggs. *Ri.* 20 *Mars*, 113.
— — Divers. *Dp.* 18 *Mars*, 269 ; 26 *Mars*, 289.
Meunerie (La) à Buda-Pest. *VDI.* 27 *Mars*, 372.
Palier Bradbury. *E.* 19 *Mars*, 425.
Résistance des matériaux. Propagation des déformations dans les métaux soumis à des efforts (Mengin). *CR.* 29 *Mars*, 681.
— Action d'un effort permanent sur les métaux doux. *E.* 9 *Avril*, 468.
— Machine pour essayer à l'écrasement Richter. *Rt.* 10 *Avril*, 159.
— *Servo-moteur* Sauter Harlé. *EE.* 10 *Avril*, 101.
Textiles. Application de l'électricité. *Rt.* 25 *Mars*, 121.
— Garde-navettes Arlen. *SiM. Fév.*, 82.
— Carde double Bourcart. *Industria.* 11 *Avril*, 231.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Thermostat. Brookes. *E'.* 19 *Mars*, 290.
Pesage automatique des charbons, Tingey. *E.* 9 *Avril*, 473.

MÉTALLURGIE

Aluminium. Son présent et son avenir. *E'.* 2 *Avril*, 335.
— (Application de l'électricité à la fonte de l'). *Élé.* 10 *Avril*, 234.
— (Composés binaires de l') (Blackmore). *Cs.* 31 *Mars*, 219.
Alliages. Plomb-antimoine, étain-arsenic. Examen microscopique (Stead). *Cs.* 31 *Mars*, 200.
Fer et acier. Industrie en Angleterre. *SuE.* 1er *Avril*, 264.
— Aciers au nickel, propriétés métrologiques (Guillaume). *CR.* 5 *Avril*, 752.
— Marteaux et presse à forger. *SuE.* 1er *Avril*, 257.
— Poche de coulée. Châtillon-Commentry. *E.* 2 *Avril*, 459.
— Hauts fournaux. Conduite et construction *Eam.* 13 *Mars*, 258.
— Des Duquesne Works. *Eam.* 27 *Mars*, 305. *E.* 9 *Avril*, 469. *Gc.* 10 *Avril*, 353.
Or. Traitement des minerais pauvres à Ouro Preto. *Cs.* 31 *Mars*, 241.

MINES

Ardoisières en Irlande. *USR.* *Mars*, 422.
Coups de Mines. Service de l'armée allemande. *Gm.* *Mars*, 262.
Diamant. Mines de Kimberley. *N.* 1er *Avril*, 319.
Extraction, machine Nordberg. *Eam.*, 20 *Mars*, 284.
Fer. Gisements de limonite du comté de Cherokee, Caroline du Nord. *Eam.* 3 *Avril*, 330.
Filons (Murs des) (Rickard). *Eam.* 20-27 *Mars*, 282, 307.
Fonçages par congélation. Rt. 27 *Mars*, 127.
Grisou (Coup de) à Reschitza. *Ru.* *Mars*, 314.
Houillères. Bassin du Donetz. *Ru.* *Mars*, 227;
— du Cap. *E.* 9 *Avril*, 465.
Haveuse électrique Thomson-Houston. *Ri.* 3 *Avril*, 135.
Industrie minérale. Statistique. France 1895-96; Autriche, 1895; Italie, 1895; Russie, 1894. *AM. Fév.*, 263, 375, 376, 377.
Or. Mines d'Altar, Mexique. *Eam.* 13 *Mars*, 257.
— de Lydenberg, Kaap et Charterland, Afrique du Sud (Bordeaux). *AM.* *Mars*, 273.
— Lavage des sables en Sibérie. *Eam.* 3 *Avril*, 329.
Préparation mécanique. Broyeur-briseur Johnson, *E.* 19 *Mars*, 371.

PHOTOGRAPHIE

Cinématographe Greem. *E.* 2 *Avril*, 460.
Divers. Rs. 10 *Avril*, 476; *Cs.* 31 *Mars*, 259.
Papier pelliculaire Balagny. *Sfp.* 15 *Mars*, 151,
Photographie (Progrès de la). *Dp.* 2 *Avril*, 19; en couleurs. *Cs.* 31 *Mars*, 259; Céleste (appareil à mesurer les); Kapteyn. E. 9 *Avril*, 487; sur blocs de bois. Pretzl. *Sfp.* 1er *Avril*, 174.
Photogravure à grains, Braun. *Sfp.* 15 *Mars*, 154.
Pupitre-Support pour châssis-presse. Faller. *Sfp.* 15 *Mars*, 153.
Renforcement (Le) (Raphaël). *Sfp.* 1er *Avril*, 177.
Utilisation de la lumière qui a traversé la couche sensible dans la chambre noire (Colson). *Sfp.* 1er *Avril*, 169.
Virage au platine. Sfp. 1er *Avril*, 179.

Le Gérant : Gustave Richard.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

96e ANNÉE. Sixième Série, Tome II. MAI 1897

BULLETIN

DE

LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT

POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

ARTS MÉCANIQUES

RAPPORT présenté, au nom du *Comité des Arts mécaniques*, sur l'*Auto-indicateur* de la Compagnie des chemins de fer de l'Ouest, par **M. J. Hirsch**, membre du Comité.

Dans sa séance du 23 octobre 1896, la Société d'Encouragement a entendu avec un vif intérêt une communication présentée par *M. Brillié*, inspecteur du matériel et de la traction à la Compagnie des chemins de fer de l'Ouest, sur la construction et le fonctionnement d'un appareil mis en service par cette Compagnie sous le nom d'*auto-indicateur*.

Cet appareil a pour but de permettre, sur un train en marche, de relever les diagrammes des pressions qui s'exercent sur les pistons de la locomotive.

Le problème de la traction sur les grandes lignes de chemin de fer devient chaque jour plus difficile à mesure que deviennent plus sévères les exigences de l'exploitation, plus considérables la charge et la vitesse des trains. Pour être en état de résoudre ces questions épineuses, les services de traction s'efforcent de préciser les données numériques qui doivent servir de base aux constructions nouvelles. Ces données sont, pour la plupart, restées longtemps assez vagues; c'est par la voie de l'expérience qu'on cherche à leur assurer l'exactitude et surtout la certitude qui leur font défaut.

Mais ces expériences, appliquées aux trains en marche, sont fort difficiles, à cause des perturbations dues à la vitesse, des mouvements irrégu-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

liers des véhicules, et de la gêne des observateurs, qui ont à manier des appareils délicats dans des positions incommodes et même dangereuses.

Plusieurs compagnies de chemins de fer se sont décidées à installer à grands frais des laboratoires ambulants, dits wagons-dynamomètres, que l'on intercale dans les trains à expérimenter, et dans lesquels les observateurs sont relativement à leur aise. Citons, entre beaucoup d'autres, l'appareil de la Compagnie de l'Est, construit en 1875, sous la direction du regretté M. Regray et les plans de M. Marcel Deprez, par M. Napoli; les Compagnies du Nord, de P.-L.-M. ont également leurs wagons d'expérience; rappelons enfin le wagon dynamomètre, construit par M. Digeon pour la Compagnie de l'Ouest, sur les données fournies par le service de la traction de cette Compagnie, appareil remarquable, éminemment ingénieux et pratique, qui est utilisé de manière courante, et dont la description a été donnée dans notre *Bulletin* de septembre 1894.

Dans la plupart de ces wagons d'expérience, la donnée essentielle fournie est celle de l'effort de traction mesuré sur le crochet d'attelage en fonction du mouvement du train. Cette mesure est d'une haute importance; mais elle est insuffisante, en ce sens, qu'elle ne procure que des indications incertaines et éloignées sur le travail effectué par la vapeur : les résistances de la machine et du tender et surtout la résistance de l'air sur le front du train échappent à ce mode de mesure; or ces résistances absorbent, surtout dans les trains rapides, une part considérable du travail de la locomotive.

Il faudrait, pour compléter les renseignements fournis par les wagons-dynamomètres, pouvoir relever le travail des pressions de la vapeur sur les faces des pistons, autrement dit, des diagrammes d'indicateur. Mais le problème est hérissé de difficultés.

Dans le wagon de la Compagnie de l'Est dont nous avons parlé plus haut, on avait appliqué une solution fort élégante : un indicateur du système Déprez était monté sur le cylindre, et une transmission électrique des plus ingénieuses en renvoyait les indications dans le laboratoire ambulant, où elles s'enregistraient sur une bande de papier.

De son côté, M. Mallet proposait, en 1876, un dispositif se rapprochant par certains points de celui que nous allons étudier. D'autres solutions ont été également expérimentées.

Mais, en application, on se borne le plus souvent à monter directement l'indicateur sur le cylindre de la machine, et on le manœuvre comme si l'on expérimentait une machine fixe. Ces observations sont fort pénibles :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'expérimentateur travaille en plein air, installé sur une plate-forme étroite à l'avant de la locomotive, mal garanti contre des chutes mortelles par un garde-corps de fortune, subissant les secousses, les violences du vent, la pluie, les intempéries. On conçoit combien ces opérations sont difficiles, dangereuses même, et par suite incertaines.

M. Clérault, ingénieur en chef du matériel et de la traction à la Compagnie de l'Ouest, a tracé le programme d'un appareil permettant de relever les diagrammes avec exactitude, dans toutes circonstances, en aussi grand nombre qu'il est jugé utile, et avec pleine sécurité pour l'expérimentateur. Les études ont été faites par MM. Brillié, inspecteur du matériel et de la traction, et Dubois, ingénieur adjoint des études; sur les plans qu'ils avaient dressés, l'appareil a été construit par notre distingué collègue M. Digeon.

L'organe essentiel est un indicateur ordinaire, mais le montage est fait d'une façon spéciale; le papier enregistreur n'est pas, comme à l'ordinaire, animé d'un mouvement alternatif concordant avec celui du piston; c'est une longue bande qui se déroule d'une manière continue, ce qui offre de nombreux avantages : suppression des erreurs dues à l'inertie du tambour d'enroulement, développement des diagrammes aux points morts, etc.

Sur la même bande, se trouvent repérés les fins de course, à l'aide d'un signal envoyé électriquement. La bande de papier se déroule sur un tambour avec une vitesse proportionnelle à celle du train. La commande est faite par un petit moteur à vapeur alternatif, dont la distribution est donnée par le tiroir même de la machine expérimentée, de sorte qu'il y a concordance dans les mouvements; une transmission élastique transforme ce mouvement alternatif en rotation continue du tambour. Les diagrammes sont relevés, non seulement sur le cylindre, mais aussi dans la boîte à vapeur et sur la conduite d'échappement. L'appareil tout entier est renfermé dans une caisse en métal, qui se loge aisément sur la passerelle de la locomotive. Pour préparer une série de relevés, il suffit de renouveler l'approvisionnement de papier, de graisser les organes, de monter un ressort et de faire les raccords de tuyauterie.

L'opérateur est installé soit à côté du mécanicien, soit dans une voiture à la suite de la machine; une cordelette lui permet d'agir à distance sur l'appareil. Lorsque le moment d'opérer est venu, il suffit d'exercer une traction sur cette cordelette; immédiatement, l'appareil se met en mouvement, et les opérations successives qu'il a à exécuter se produisent automatiquement. Avec le mode de montage pratiqué dans les expériences

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

auxquelles j'ai assisté, ces opérations se succèdent dans l'ordre suivant :

Purge du cylindre d'indicateur, mise en route du tambour enregistreur, mise en contact des styles inscripteurs, diagramme sur l'un des fonds de cylindre, diagramme sur l'autre fond, diagramme sur la boîte à vapeur, diagramme sur la conduite d'échappement, remplacement du papier, fermeture automatique ; les positions des fonds de course s'inscrivent avec chaque diagramme.

A la fin de chaque série, l'appareil se trouve tout préparé pour un nouveau relevé, qu'une traction sur la cordelette suffira pour amorcer.

La série complète des opérations ci-dessus énumérées demande 160 tours de roue de la machine, mais le relevé de tous les diagrammes se fait sur moins de 60 tours, correspondant, avec des roues de 2 mètres, à un parcours d'environ 375 mètres.

J'ai été, dans les ateliers de Batignolles, examiner l'auto-indicateur; MM. Brillié et Dubois ont eu l'obligeance de m'accompagner dans cette visite; ils ont démonté l'appareil sous mes yeux et m'en ont démontré en détails le mécanisme et le fonctionnement. Comme conception et agencement, c'est une vraie merveille d'ingéniosité. L'exécution est irréprochable et fait le plus grand honneur au constructeur.

Le 6 mars dernier, j'ai assisté aux expériences qui ont été faites sur un train de voyageurs faisant le service régulier entre Paris et Mantes, tant à l'aller qu'au retour. Le train se composait de 12 voitures, y compris le wagon-dynamomètre attelé à la suite du tender, et pesait 100 tonnes ; le poids de la machine et du tender est de $68^{t}, 5$. La machine, numéro 978, est du dernier type établi par la Compagnie de l'Ouest pour les trains de vitesse : deux paires de roues accouplées de $2^{m}, 02$, bogie à l'avant, cylindres de 460×660, timbre 12 kilos, distribution Walschaërts avec tiroir Trick.

Un grand nombre de relevés ont été pris, tant à l'aller qu'au retour, les conditions de la marche étant variées de toutes les manières : ouverture plus ou moins grande du régulateur, distribution aux différents points de la coulisse, vitesse grande ou modérée, freins partiellement serrés, etc. L'appareil s'est toujours montré d'une manœuvre très facile, d'un fonctionnement sûr et fidèle.

De très nombreuses expériences ont été déjà exécutées avec cet appareil, tant à l'Ouest qu'au Nord, et jusqu'à des vitesses dépassant 125 kilomètres à l'heure. De nouvelles études sont actuellement en cours. Sans en attendre les résultats définitifs, on peut dès maintenant déduire de ces recherches quelques conséquences intéressantes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le travail absorbé par la locomotive et le tender (différence entre les travaux sur les pistons et sur le crochet d'attelage) est toujours très important; cette perte de travail augmente beaucoup avec la vitesse; elle s'explique d'ailleurs par deux causes principales : le poids considérable de l'appareil moteur (machine et tender) par rapport au poids brut du train, et la résistance de l'air.

Certains effets remarquables ont été révélés par les diagrammes : la pression de la vapeur dans la boîte de distribution subit des variations étendues, atteignant plusieurs kilogrammes par centimètre carré; et, fait absolument inattendu, cette pression, à certaines phases de la distribution, peut dépasser de beaucoup la pression à la chaudière; il est probable qu'il se produit dans la conduite d'amenée de vapeur de véritables coups de bélier.

On comprend combien l'usage d'appareils exacts de mesure peut jeter de clartés sur ces phénomènes inconnus, et, en général, sur toutes les questions obscures dont le fonctionnement des locomotives est entouré. En associant le wagon-dynamomètre, qui donne l'effort exercé sur le crochet d'attelage, avec l'indicateur, qui donne le travail sur les pistons, en complétant les données ainsi recueillies par différentes mesures et notamment par celle de l'eau vaporisée, en étudiant avec soin le tarage des appareils et les corrections à apporter aux indications qu'ils fournissent, en multipliant et variant les expériences, on parviendra, sans aucun doute, à asseoir sur des bases solides la théorie de la locomotive et les calculs qui s'y rapportent.

La Compagnie de l'Ouest est entrée résolument dans cette voie féconde; non seulement elle a construit des appareils d'observation précis et coûteux, mais encore elle a organisé tout un service pour la conduite des expériences et le dépouillement des chiffres et graphiques. Il faut l'en remercier au nom de l'industrie tout entière des chemins de fer.

Il convient aussi d'adresser des remerciements empressés aux ingénieurs distingués, qui ont mis si libéralement leur temps et les documents qu'ils ont établis à la disposition de la Société d'Encouragement.

Enfin, le Comité des Arts mécaniques a l'honneur de vous proposer d'insérer dans le Bulletin de la Société le présent rapport, ainsi que le texte de la communication présentée par M. Brillié, avec figures à l'appui.

Signé : J. HIRSCH, *rapporteur.*

Approuvé en séance le 12 mars 1897.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

DESCRIPTION DE L'AUTO-INDICATEUR DE LA COMPAGNIE DES CHEMINS DE FER DE L'OUEST

PAR **M. Brillié.**

Le seul moyen dont on dispose, quand on veut se rendre compte du mode d'action de la vapeur dans le cylindre d'une machine, consiste à relever des diagrammes sur ce cylindre au moyen de l'indicateur de Watt.

Cet appareil, dont nous rappellerons brièvement le principe, se compose (fig. 1) d'un petit piston qui se meut dans un cylindre en communication avec le cylindre de la machine en expérience.

Ce piston est muni d'un ressort et transmet son mouvement à un style qui se déplace verticalement d'une quantité proportionnelle à la pression.

D'autre part, le papier sur lequel se fait le tracé est animé d'un mouvement horizontal qui représente à une échelle réduite la course du piston de la machine.

Il résulte de ce double mouvement du style et du papier que le tracé est une courbe fermée dont les abscisses représentent à une échelle donnée le déplacement du piston de la machine, les ordonnées la pression dans le cylindre, et la surface le travail développé sur le piston.

Généralement, la tuyauterie établie entre le cylindre et l'indicateur permet d'opérer des relevés sur les deux faces du piston; enfin, il est souvent très intéressant de relever les courbes de pression dans la boîte à vapeur, quand on veut se rendre compte des laminages.

La figure 2 représente un diagramme complet relevé dans ces conditions.

Quant au mouvement du tambour, il est généralement commandé par la crosse du piston au moyen d'une corde et d'un réducteur de course par poulie (fig. 1) ou par leviers avec ressort de rappel logé dans le tambour même.

Un relevé complet de diagramme comporte la succession d'opérations suivante :

Le papier étant disposé sur le tambour, mettre celui-ci en mouvement en accrochant la ficelle du réducteur de course.

Établir la communication entre l'appareil et le cylindre de la machine (face avant par exemple) en ouvrant la purge pour évacuer l'eau de condensation.

Fermer la purge.

Mettre le style en contact avec le papier.

Établir la communication avec l'autre face du cylindre de la machine, purger, etc.

Tracer la ligne atmosphérique en mettant l'indicateur en communication avec l'atmosphère au moyen du robinet de purge.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'opération est très simple quand on a affaire à une machine à petite vitesse et quand on dispose d'un emplacement qui permette de s'installer commodément.

Mais, avec les machines à grande vitesse, interviennent des causes perturbatrices : inertie du tambour, allongement et fouettement de la ficelle, qui suppriment la proportionnalité entre le déplacement du piston et celui du papier.

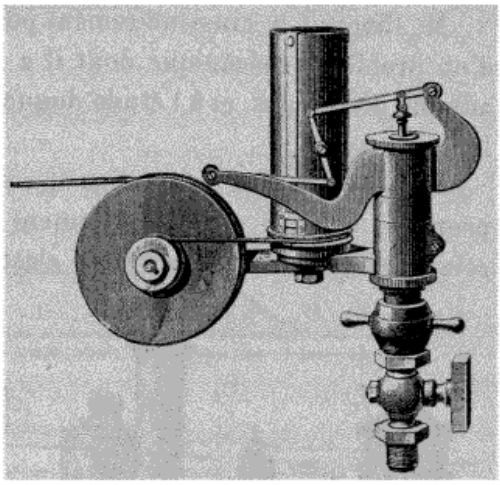


Fig. 1. — Indicateur de Watt, type *Richards*.

On est alors conduit à des transmissions plus compliquées entre la crosse du piston et le tambour de l'appareil, transmission par double corde, transmissions rigides, etc., souvent assez difficiles à établir.

C'est le cas qui se présente avec les locomotives dans lesquelles la vitesse de l'essieu moteur atteint 200 à 300 tours à la minute, soit 4 à 5 tours par seconde.

L'opérateur prend (fig. 3) place sur le tablier de la machine, à proximité des cylindres, c'est-à-dire à l'avant ; pour assurer sa sécurité, on est obligé d'établir des garde-corps coûteux ; quoi qu'on fasse, son installation est toujours défectueuse et peu commode.

D'autre part, il est mal placé pour juger, d'après le régime de fonctionnement de la machine, le moment opportun d'effectuer un relevé ; il ne peut opérer que sur un ordre qui lui est transmis de la plate-forme par un second opérateur. Enfin, les relevés sont impossibles la nuit et par le mauvais temps.

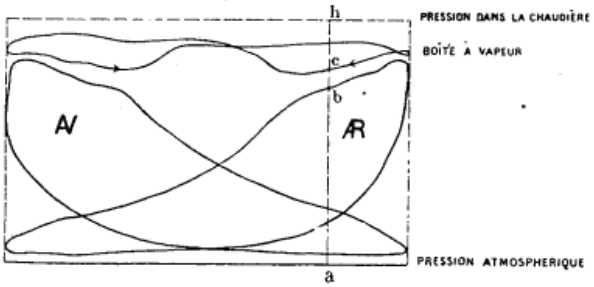


Fig. 2. — Diagramme complet d'indicateur.

Les figures 3 et 4 représentent ces sortes d'installations ; la figure 3 est relative à une transmission par simple corde, la figure 4 a une transmission par double corde (1).

C'est pour remédier à ces inconvénients que M. Clérault, ingénieur en chef du matériel et de la traction à la Compagnie des chemins de fer de l'Ouest, a songé à l'emploi d'un appareil manœuvrable à distance de manière à ne pas nécessiter la présence d'un opérateur à l'avant de la machine ; il s'est en outre

(1) Essais des machines express P.-L.-M. *Revue générale des chemins de fer*, n° de mars 1896.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

proposé de supprimer toute liaison mécanique avec la crosse du piston, quitte à opérer l'inscription sous une forme autre que la forme ordinaire, sous la forme sinusoïdale, par exemple.

M. Clérault a ainsi nettement posé le principe de l'appareil, sous la forme d'un problème mécanique dont il a confié la solution à M. Dubois, ingénieur adjoint des études, et à l'étude duquel l'auteur de cette note a été appelé à collaborer.

L'appareil qui a été réalisé (1), et qui répond entièrement au programme proposé, effectue automatiquement toutes les opérations qui constituent un relevé complet de diagrammes : c'est-à-dire qu'il établit successivement la communication entre l'indicateur et les différentes capacités sur lesquelles on veut faire les relevés (face avant du cylindre, face arrière, boîte à vapeur, etc.), chaque relevé étant précédé d'une purge; il met en temps voulu les styles en contact avec le papier; enfin, une fois l'inscription terminée, il opère le remplacement du papier.

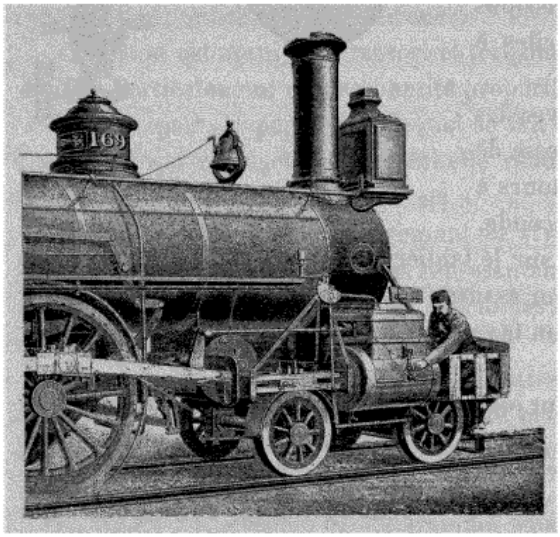


Fig. 3. — Installation d'indicateur avec transmission à une simple corde.

Comme tout appareil automatique, il comporte un moteur, et la seule fonction de l'opérateur, qui prend place sur la plate-forme de la machine à côté du mécanicien, consiste à mettre le moteur en marche. Cette mise en marche s'effectue par une simple corde.

Mais les diagrammes se traçant sous une forme sinusoïdale, leur interprétation, leur transcription en cycle fermé ordinaire nécessitent le repérage sur les courbes relevées d'un point qui corresponde à une position connue du piston, d'un fond de course, par exemple.

Ce repérage se fait très simplement au moyen d'un contact électrique établi par la crosse du piston; de sorte que l'installation complète sur une machine comporte :

L'appareil proprement dit, qui se dispose sur le tablier à proximité du cylindre auquel il est relié par les tuyaux de communication;

Une corde qui sert à commander l'appareil de la plate-forme de la machine;

Une boîte à contact qui se dispose à l'avant de la glissière, pour être com-

(1) L'appareil a été construit par la maison Digeon sur les plans remis par la Compagnie.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mandée par la crosse du piston. Une pile pour fournir le courant avec les fils de communications.

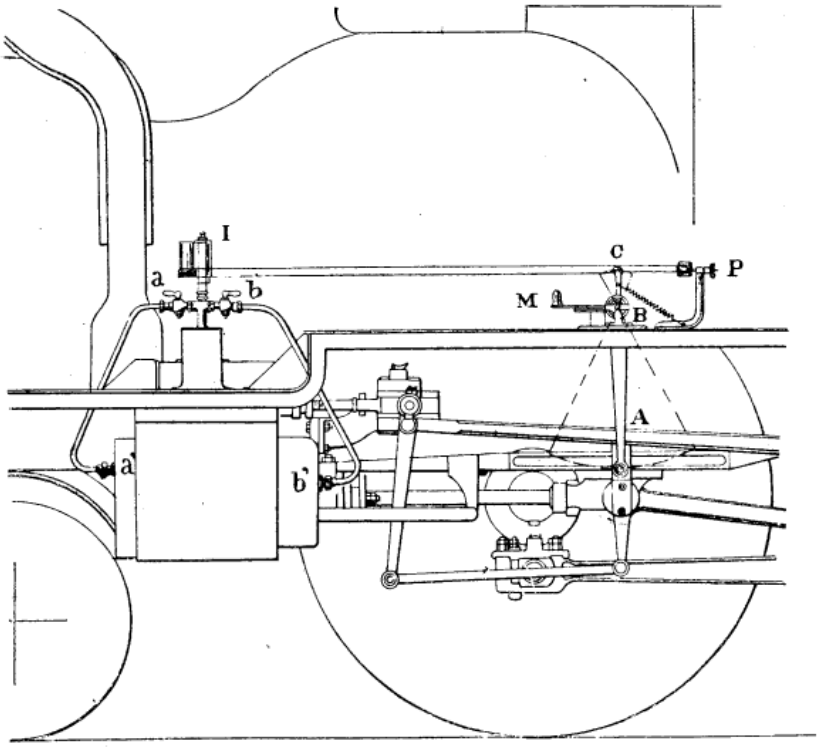


Fig. 4. — Installation d'indicateur avec transmission à double corde.

I, indicateur; *aa'* et *bb'*, tuyaux de communication avec le cylindre de la machine; ABC, levier réducteur de course commandé en A par la crosse du piston et commandant en C les cordes de transmission; P, poulie de renvoi avec tendeur; M, manette d'embrayage du levier C, destinée à commander le mouvement ou l'arrêt du tambour.

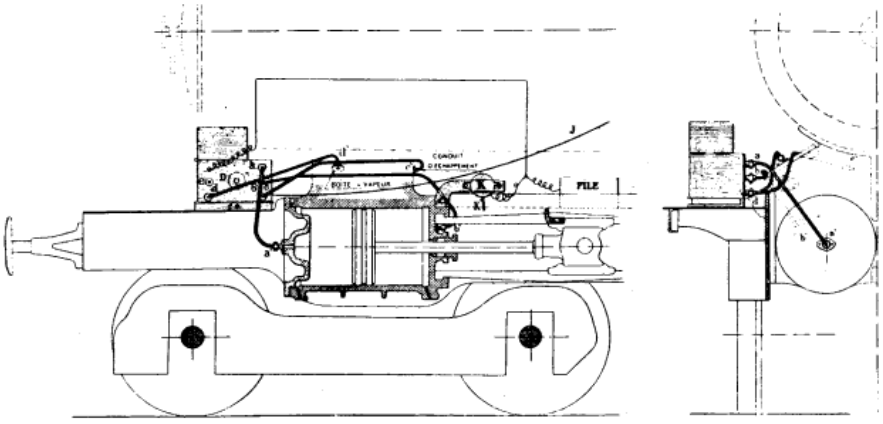


Fig. 5 et 6. — Installation de l'auto-indicateur sur une machine à cylindres intérieurs.

Les fig. 5 et 6 montrent l'installation sur une machine express de la Com-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pagnie de l'Ouest à mécanisme intérieur, la fig. 7 sur une machine à marchandises à mécanisme extérieur.

Les avantages de cette disposition sont nombreux : indépendamment de la simplicité de montage, on voit qu'il suffit d'un seul opérateur pour faire fonctionner l'appareil et pour noter toutes les circonstances de la marche ; cet opérateur se trouve à l'abri des intempéries ; enfin, les relevés peuvent se faire la nuit et par tous les temps.

Nous allons examiner maintenant les combinaisons mécaniques qui permettent la solution du problème.

Moteur. — Nous avons vu qu'un tel appareil doit forcément comporter un moteur ; ce moteur est ainsi constitué :

Sur l'une des tubulures de l'appareil en communication avec le cylindre de

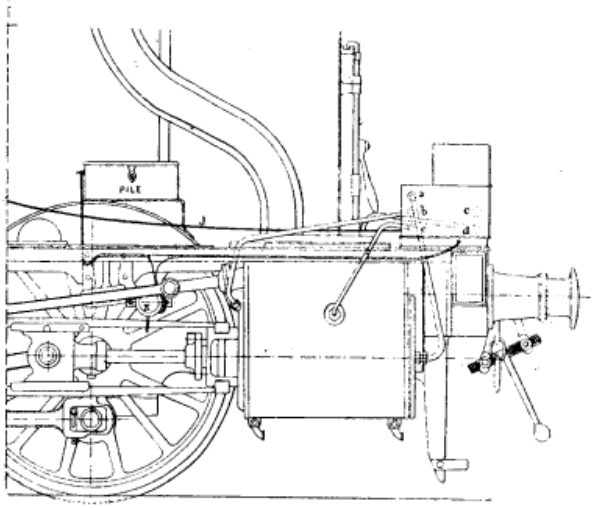


Fig. 7. — Installation de l'auto-indicateur sur une machine à cylindres extérieurs.

la machine, est établi un branchement aboutissant à un petit cylindre dont le piston comporte un ressort de rappel. Dans ce cylindre, se produiront par suite les mêmes successions de pression et de dépression que dans le cylindre même de la machine. Le piston du moteur se trouvera donc animé d'un mouvement alternatif qu'il sera facile de transmettre par cliquet à un arbre muni d'une roue à rochet, comme l'indique la fig. 8.

Si cette roue est disposée de façon à avancer d'une dent à chaque coup de piston du moteur, c'est-à-dire à chaque tour de roue motrice de la machine, la rotation saccadée de l'arbre sera uniformément saccadée et se fera avec une vitesse proportionnelle à celle de la machine.

Sur le branchement qui aboutit au cylindre moteur, est établi un robinet dont l'ouverture commande la mise en marche du moteur. Cette ouverture s'effectue

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

au moyen de corde de manœuvre à la disposition de l'opérateur; quant à la fermeture, elle est automatique et se produit sous l'action d'un ressort quand l'opération est terminée. La fermeture du robinet imprime à la corde de mise en marche une secousse qui prévient l'opérateur que le relevé est terminé.

Commande du tambour. — Le papier sur lequel se fait l'inscription est tendu sur un tambour tournant d'un mouvement continu.

Pour transmettre le mouvement de l'arbre moteur S, dont le mouvement est uniformément saccadé, au tambour dont la rotation doit être continue et uniforme il suffit d'établir entre ces deux mobiles un intermédiaire élastique et de régulariser par un volant le mouvement du tambour.

Cet intermédiaire doit, en outre, former limiteur de force et permettre un dé-

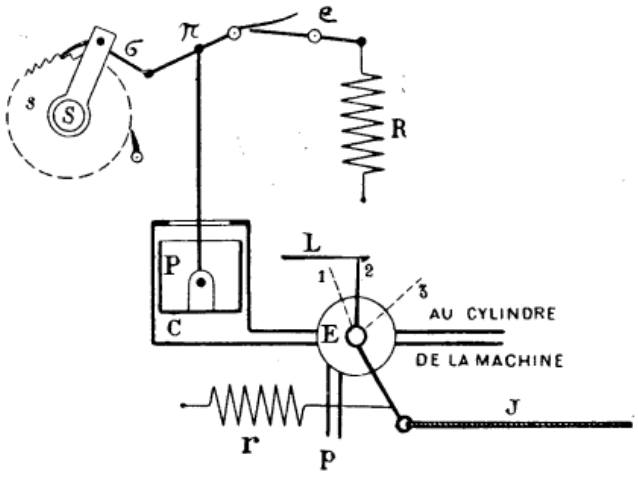


Fig. 8. — Schéma du moteur de l'auto-indicateur.

C, cylindre moteur de l'appareil; P, piston recevant une impulsion à chaque tour de roue de la machine, et commandant par cliquet le rochet *s* de l'arbre moteur S de l'appareil; R, ressort de rappel du piston P; ρ π σ, leviers disposés pour que l'avancement du rochet *s* soit bien d'une seule dent par coup de piston, et pour que l'action progressive du ressort R amortisse la vitesse du piston avant le fond de course; E, robinet de mise en marche s'ouvrant à distance au moyen de la corde J; il peut occuper trois positions. — 1° *Purge.* — Elle s'opère par l'orifice *p* quand on tire à refus sur la corde J. — 2° *Fonctionnement normal.* — Quand la corde est abandonnée à elle-même — 3° *Fermeture.* — Elle s'opère automatiquement sous l'action d'un déclic qui soulève le levier d'accrochage I.

calage entre l'arbre moteur et l'arbre du tambour au moment de la mise en marche, puisque le premier prend immédiatement sa vitesse de régime et que le tambour, en raison de son inertie, ne peut la prendre que graduellement; il doit de plus permettre au tambour de continuer sa rotation au moment où l'arbre moteur s'arrête, de manière que ce dernier ne se trouve pas entraîné par l'inertie du tambour.

Le dispositif qui remplit ce triple but est représenté figures 9 et 10. La commande du tambour est disposée pour que celui-ci fasse un tour pour deux tours de roue de la machine.

Distributeur. — Nous avons vu que l'indicateur était mis successivement en communication avec les différentes capacités sur lesquelles on veut opérer les relevés (cylindre face avant, face arrière, boîte à vapeur, etc.).

Cette communication est établie par un robinet à orifices multiples représenté figures 11, 12 et 13.

Il se compose en principe d'un boisseau, autour duquel rayonnent les tubu-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lures de communication (a, b, c,) et d'une clé dont l'orifice O se déplace devant ces tubulures. Cet orifice occupe en regard de chaque tubulure deux positions successives, la première est une position de purge (l'orifice f étant démasqué), la deuxième une position de relevé (l'orifice f étant obturé).

La rotation du robinet est saccadée, elle s'effectue au moyen d'un dispositif à déclic représenté figures 14 (§ I de la légende). Ce dispositif permet d'arrêter

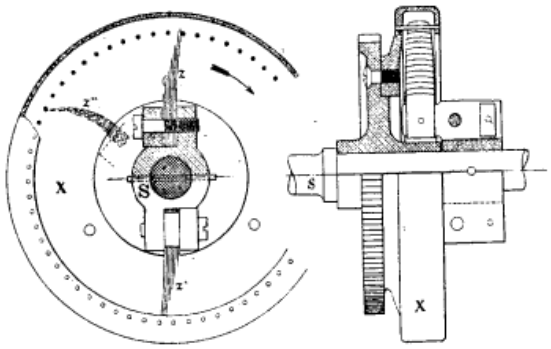


Fig. 9 et 10. — Entraîneur élastique du tambour.

S, arbre moteur de l'appareil (sa rotation est saccadée); X, manchon monté fou sur l'arbre S, et relié par engrenages au tambour à commander; sa rotation est rendue continue par l'action des ressorts $z\,z'$; à lames, solidaires de l'arbre S, et dont les extrémités agissent sur des chevilles disposées suivant le pourtour du manchon X. Ces ressorts peuvent s'infléchir suivant z'', et sauter d'une cheville à l'autre, lorsque la vitesse de l'arbre S est supérieure à celle du manchon X (lors de la mise en marche).

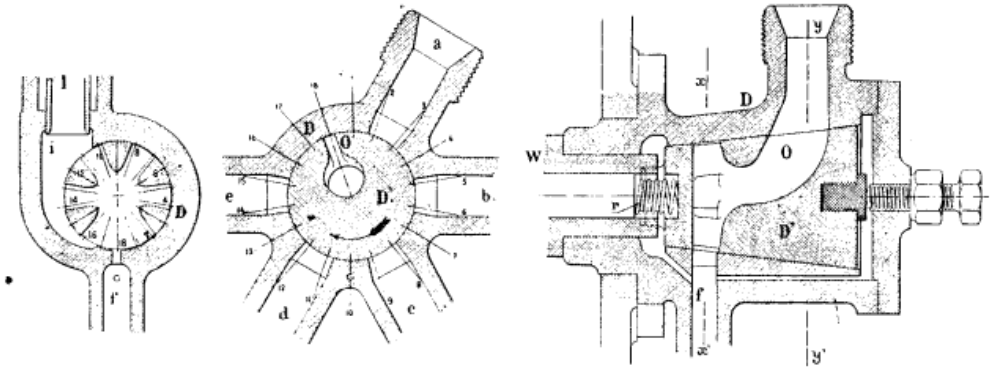


Fig. 11 à 13. — Robinet distributeur, coupes ($x.x$) (yy') et longitudinale.

D, boisseau du robinet; D', clé du robinet; $a\,b\,c\,d\,e$, tubulures auxquelles se raccordent les tuyaux de communication qui aboutissent aux deux faces du cylindre, à la boîte à vapeur, etc.; O, orifice de la clé, qui se présente successivement devant les tubulures $a\,b\,c\,d\,e$; I, tubulure de l'indicateur en communication permanente avec les canaux de la clé; f, orifice de purge qui se trouve ouvert quand l'orifice O de la clé occupe les positions 2, 5, 8, 11, 14, et fermé pour les positions de relevé 3, 6, 9, 12, 15; à la position 17, il fait communiquer l'indicateur I avec l'atmosphère (pour relever la ligne atmosphérique); W, arbre commandant la rotation de la clé au moyen d'une liaison par embrèvement; Y, ressort destiné à empêcher le coincement de la clé.

le robinet dans chaque position qu'il occupe pendant le temps nécessaire à l'opération correspondante : l'arrêt est plus court dans les positions de passage que dans celles qui correspondent à un relevé; il se prolonge pendant la première purge, afin de permettre à l'indicateur de se réchauffer et de laisser au tambour le temps de prendre sa vitesse.

Tambour. — Les figures 15 et 16 montrent la disposition du tambour; les deux extrémités de la bande de papier tendue sur un pourtour pénètrent à l'inté-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rieur par une fenêtre pratiquée suivant une génératrice pour venir s'enrouler sur deux bobines Bn et Bv :

En opérant la rotation de la bobine Bv et des rouleaux entraîneurs M et M', on provoque l'enroulement sur Bv du papier tendu sur le tambour, lequel se trouve remplacé par du papier neuf venant de Bn.

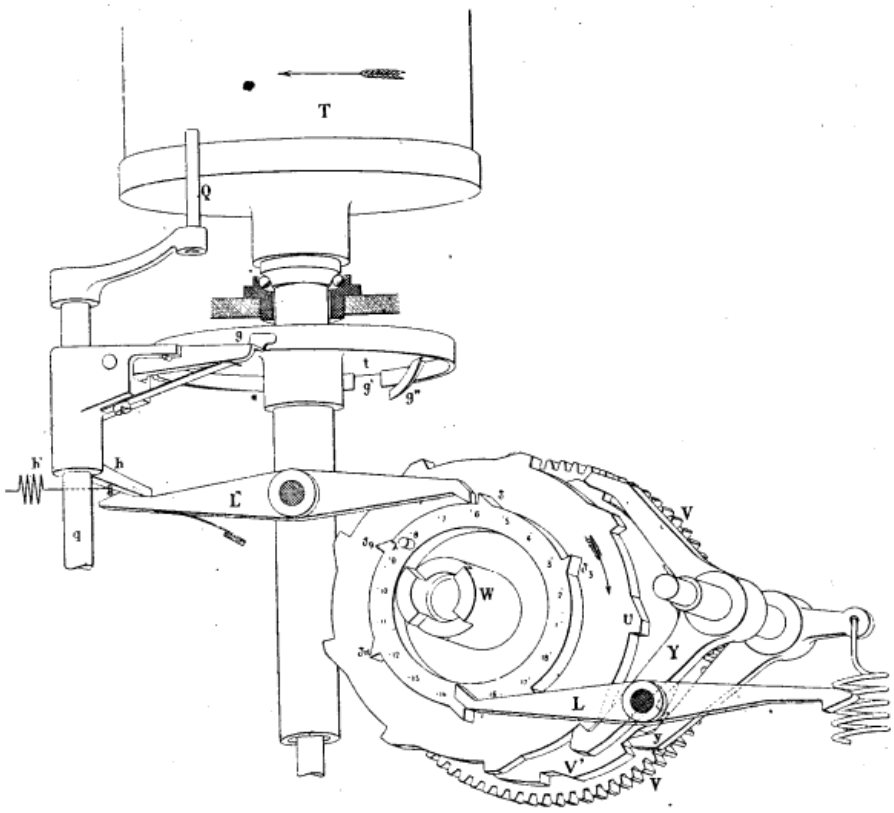


Fig. 14. — Commande du distributeur et des styles traceurs des diagrammes.

PARAGRAPHE I

V, roue montée folle sur l'arbre W, et commandée par l'arbre moteur de l'appareil (sa vitesse est donc uniformémen saccadée); W, arbre commandant par embrèvement le robinet distributeur D; U, roue d'échappement solidaire de l'arbre W et sollicitée dans le sens de la flèche par un ressort à spirale (non figuré) agrafé sur la roue V; Y, ancre de l'échappement qui laisse avancer la roue U d'une demi-dent à chaque demi-oscillation; V'. came solidaire de la roue V, dont les dents (en même nombre que celles de la roue U) agissent sur la touche y solidaire de l'ancre Y pour imprimer à celle-ci un mouvement d'oscillation. La longueur des creux et des saillies détermine la durée de l'arrêt de la roue U et, par suite, du robinet en chaque position. La roue V' fait un tour pour un tour de la roue V (correspondant au fonctionnement complet de l'appareil), ce qui assure une bande constante du ressort à spirale

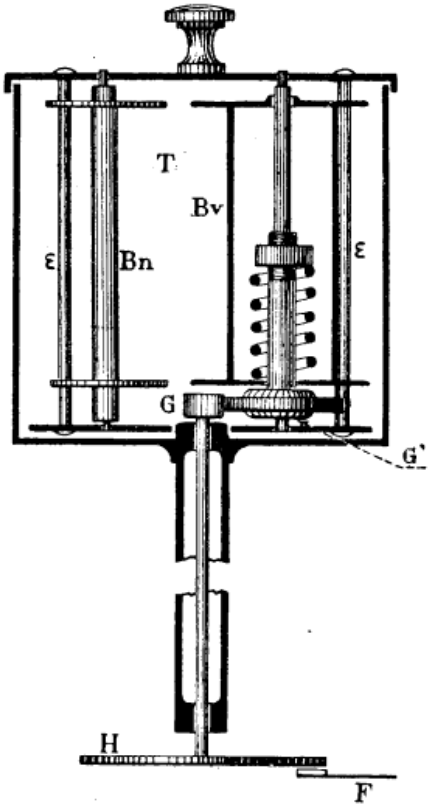
PARAGRAPHE II

Q. taquet commandant l'éloignement et le contact des styles; h, doigt solidaire du taquet Q, sollicité par un ressort h'. L', levier d'accrochage du doigt h, maintenant les styles dans leur position d'éloignement; δ, dents solidaires de la roue U, et qui agissent sur le levier L' pour provoquer le décrochage du doigt h quand le distributeur vient occuper les positions 3, 6, 9, 12, 15, 17 qui correspondent à des relevés; g, touche qui vient porter sur le rebord du disque t, solidaire du tambour T, et empêche le contact des styles tant que le tambour T n'occupe pas une position convenable; g', fenêtre qui laisse passage à la touche g au moment précis où doit commencer le tracé g'', rampe hélicoïdale qui détermine au moment voulu l'éloignement des styles, en rejetant la touche g dans sa première position, où elle reste immobilisée par l'accrochage du levier L': λ, taquet solidaire de la roue U, qu commande la fermeture du robinet du moteur, en agissant sur le levier L quand le distributeur passe de la position 17 à la position 18.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Cette rotation est donnée par un pignon G, monté sur un axe concentrique à l'arbre du tambour et qui se trouve immobilisé en temps voulu par un frein F agissant sur un disque H. Le tambour et tous les organes qu'il renferme tournant dans le sens de la flèche autour du pignon G immobile, tout se passe comme si le tambour était immobile et si le pignon G tournait en sens inverse.

Le frein F est commandé par une came montée sur l'axe du distributeur solidaire de la roue V (figure 14).



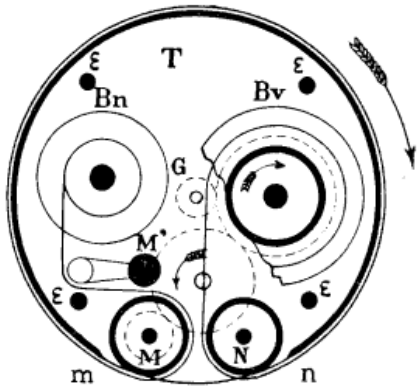


Fig. 15 et 16. — Détail du tambour. Coupes verticale et en plan.

Bn, bobine de papier neuf; *Bv*, bobine de papier utilisé, montée à friction sur la roue G'; M, M', N, rouleaux permettant le dévidement du papier; ε, entretoises reliant les deux platines entre esquelles sont montés les différents mobiles *Bn*, *Bv*, M, M' N de manière à former un ensemble amovible, qui rend faciles les manipulations de papier.

Enregistreur. — Les tracés se font sur du papier à l'oxyde de zinc au moyen de pointes en cuivre.

L'indicateur et l'enregistreur des fonds de course du piston opèrent leurs tracés sur la même génératrice du tambour; ils sont disposés de manière que leurs styles puissent en même temps s'éloigner ou se mettre en contact avec le papier.

La commande du mouvement des styles est établie de manière que le contact commence au moment où la fenêtre *m n* (fig. 16) du tambour vient de passer au droit des styles, et qu'il cesse quand la fenêtre est sur le point de se présenter de nouveau; on opère ainsi le tracé pendant un tour du tambour et un seul, l'origine du tracé étant en *n* et la fin en *m*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

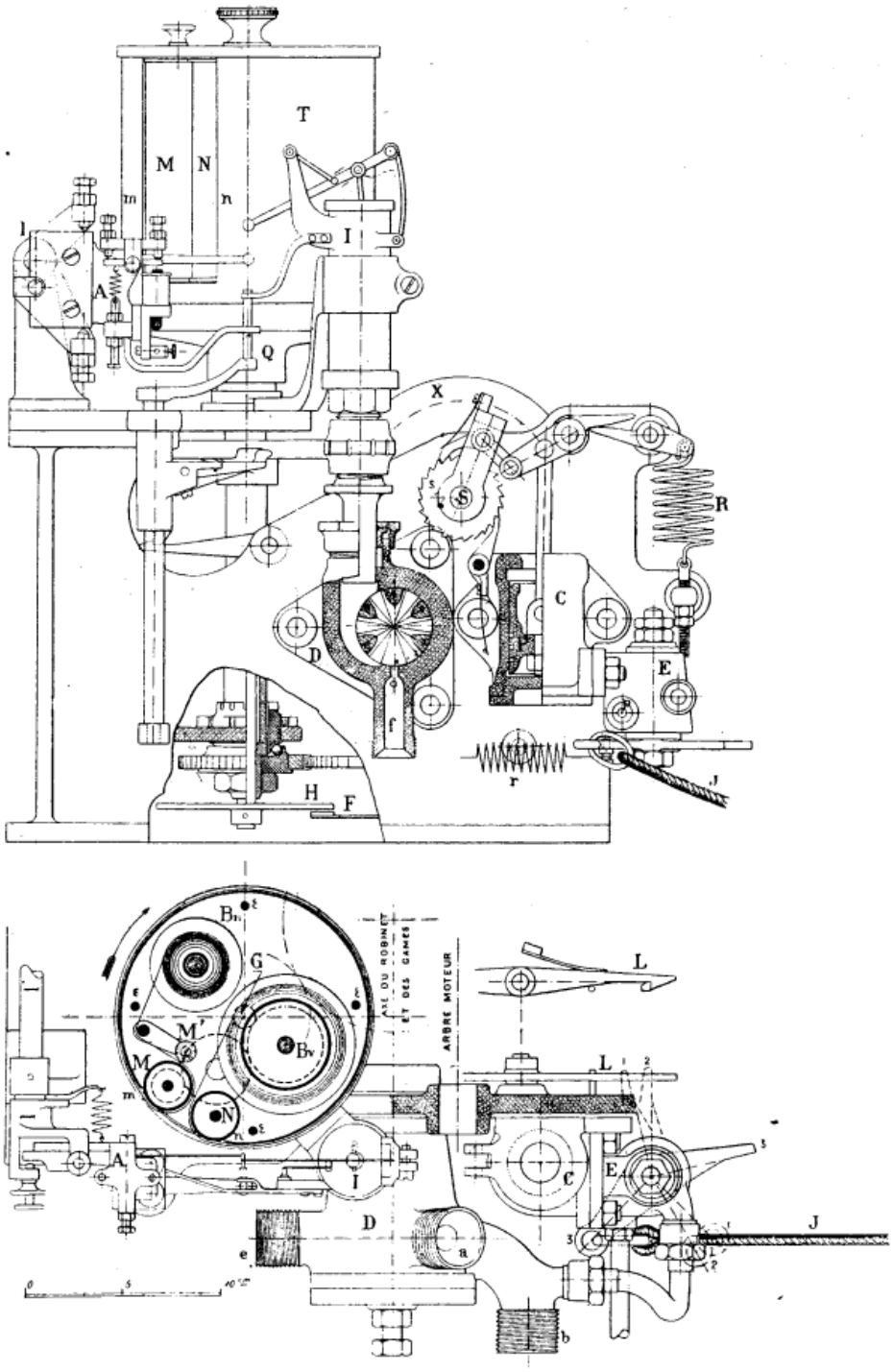


Fig. 17 et 18. — Ensemble de l'auto-indicateur.

T, tambour (légende fig. 15 et 16); I, indicateur; A, enregistreur électrique des fonds de course de piston, susceptible d'un léger mouvement d'oscillation autour de l'axe horizontal L; D, robinet distributeur (fig. 11 à 13); G, cylindre moteur (fig. 7); E, robinet de mise en marche (fig. 7).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ce résultat est obtenu au moyen d'un déclenchement double commandé d'une part par le distributeur, quand le robinet passe d'une position « purge » à une position « diagramme » et, d'autre part, par la rotation même du tambour. Ce dispositif est représenté figure 14 (§ II de la légende).

Le tracé de l'enregistreur des fonds de course consiste en une ligne droite qui présente des coches aux points repérés.

Mais, pour ne pas confondre les lignes de repérage qui se rapportent aux différentes courbes relevées, ces lignes s'enregistrent à des hauteurs différentes. A cet effet, le chronographe est susceptible d'un déplacement autour d'un axe *l l* (fig. 17 et 18) suffisamment éloigné du style pour que l'arc décrit par celui-ci

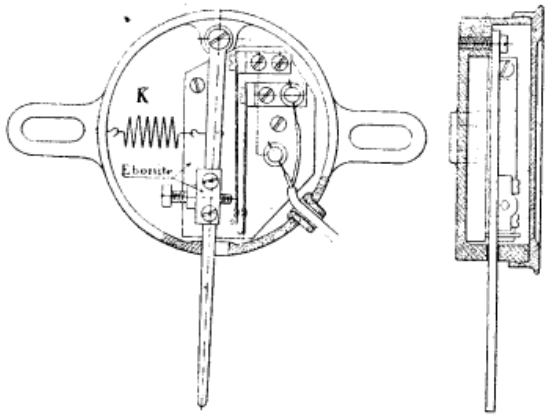


Fig. 19. — Repérage électrique des fonds de courses.

puisse se confondre avec sa corde. Ce mouvement est commandé par une came montée sur l'axe du distributeur, solidaire de la roue V.

Les tracés successifs sont représentés fig. 20, 21 et 22.

Pendant que l'indicateur trace la courbe (1) relative à la face N du cylindre (fig. 20) le chronographe enregistre les fonds de course avant *c* sur la ligne de repérage n° 1.

A la courbe (2) concernant la face R du cylindre (fig. 21) correspond la ligne de repérage n° 2.

Puis, successivement, viennent s'inscrire les courbes relatives à la boîte à vapeur (3), au conduit d'échappement (4), enfin la ligne atmosphérique. Le relevé complet est représenté fig. 22.

Les fonds de course ne sont repérés que pour les 3 premières courbes, ce repérage ne présentant pas d'intérêt pour la courbe d'échappement, qui n'est relevée qu'à titre de renseignement.

Phases du fonctionnement. — On peut résumer comme suit les phases du fonctionnement de l'appareil, en affectant à chaque phase un numéro qui correspond à la position du robinet.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nous supposerons que le relevé se fait sur une locomotive compound (1), à raison de 1 diagramme au cylindre H P ou de haute pression, et 1 au cylindre B P, la durée de chaque phase étant exprimée en nombre de tours de roue de la machine. (Les positions 1, 4, 7, 10, 13, 16, ne sont que des positions de passage, leur durée est de 3 ou 4 tours.)

N° O (ou 18). Arrêt de l'appareil. — L'opérateur exerce une traction à refus sur la corde J. Le moteur se met en marche et se purge. La corde étant abandonnée, la purge se ferme, le fonctionnement du moteur continue.

N° 2. Purge; cylindre H P. — Communication entre le cylindre HP de la

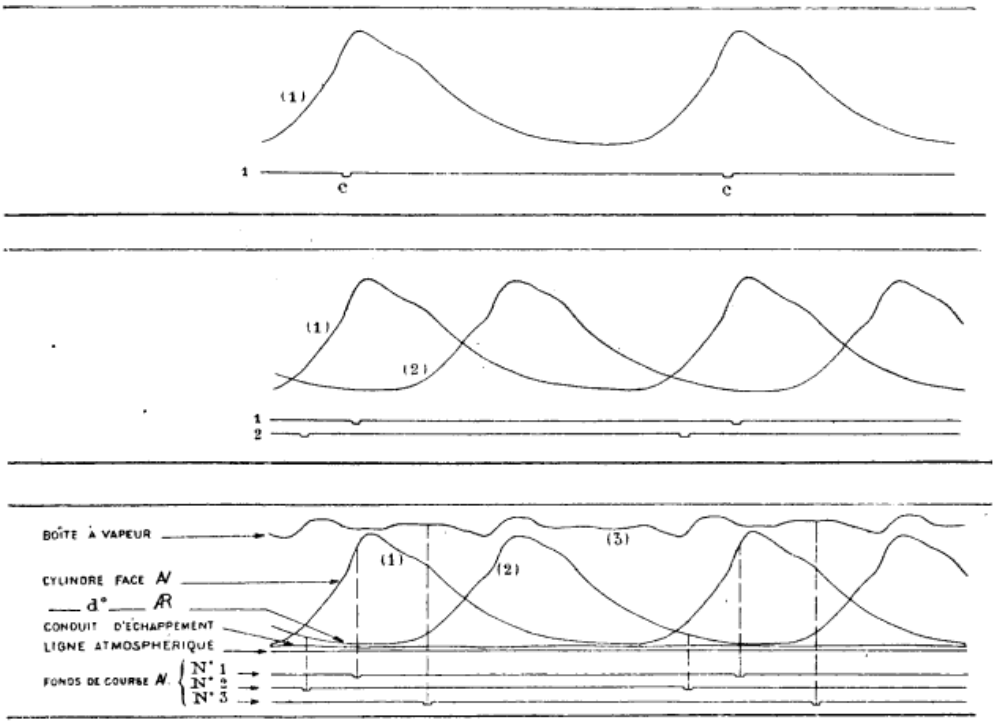


Fig. 20 à 22.

machine (par la tubulure *a* du robinet), l'indicateur I et la purge *f*. L'indicateur se réchauffe pendant que le tambour T prend sa vitesse (durée 42 tours).

N° 3. Diagramme; cylindre H P. — La purge est fermée, les styles entrent en contact avec le tambour pendant un tour de ce dernier (durée 7 tours).

N° 5. Purge; cylindre B P. — Communication entre le cylindre B P, la machine (tubulure 6), l'indicateur I et la purge *f* (durée 11 tours).

N° 6. Diagramme ; cylindre B P (durée 7 tours).

N° 8. Purge; conduit d'échappement (durée 4 tours).

(1) Dans le cas d'une « compound » le moteur de l'appareil fonctionne avec la vapeur du cylindre B P ou de basse pression.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

N° 9. Diagramme ; conduit d'échappement (durée 7 tours).
N° 11. Purge, boîte à vapeur (durée 5 tours).
N° 12. Diagramme ; boîte à vapeur (durée 7 tours).
N° 14. Purge ; réservoir intermédiaire (durée 5 tours).
N° 15. Diagramme ; réservoir intermédiaire (durée 7 tours).
N° 17. Ligne atmosphérique. — Communication de l'indicateur I avec l'at

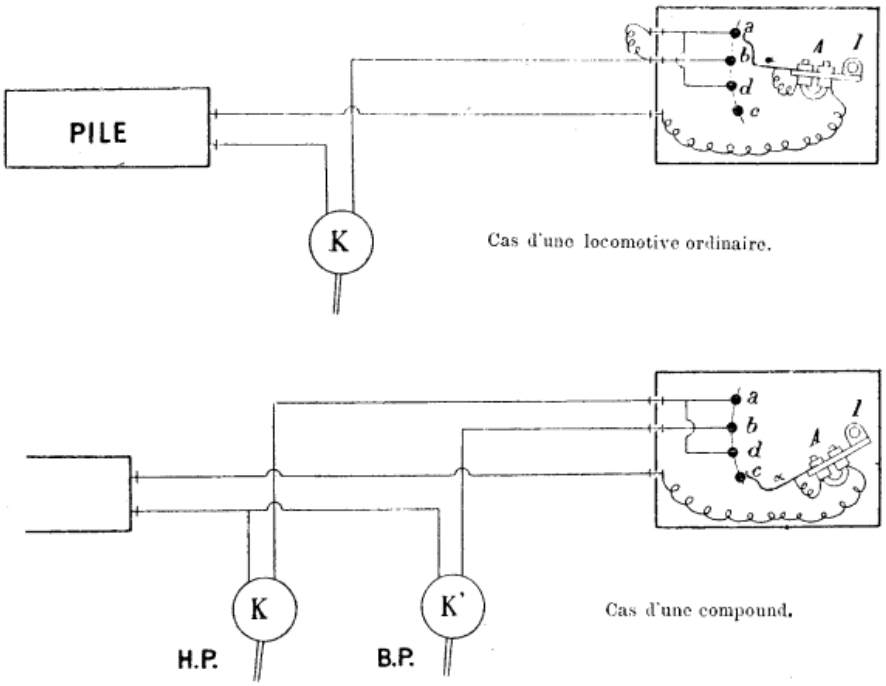


Fig. 23 et 24. — Schémas des circuits électriques.

K,K', boîtes à contact établies à l'avant des glissières: A, électro-aimant enregistrant les fonds de course de piston; *l*, axe d'oscillation de l'ensemble de l'enregistreur: α, lame du commutateur, en contact avec le plat *a* quand le distributeur occupe la position 3, en contact avec *b* pour la position 6, avec *d* pour la position 12, avec *c* (isolé pour les positions 9, 17, 18.

mosphère par la tubulure *f*. Le tracé étant fait, le frein F entre en fonction et provoque le *remplacement du papier* (durée 32 tours).

N° 18 Arrêt de l'appareil. — Le distributeur passant de la position 17 à la position 18, un taquet *f* (fig. 14) agit sur le levier λ, qui commande la fermeture du robinet. Le moteur s'arrête.

Un relevé complet nécessite 160 tours de roue de la machine, soit un parcours de 1 025 mètres avec une machine à roues de 2 mètres.

Mais tous les diagrammes sont relevés entre les positions 3 et 17, c'est-à-dire, en moins de 400 mètres de parcours.

Repérage des fonds de course. — Le contact électrique qui repère le fond de course avant du piston s'opère dans une boîte K (fig. 19 et 23), qui se monte vers

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'avant de la glissière. Ce contact est établi par l'oscillation d'une barette K', sur laquelle vient buter la crosse.

Dans l'appareil est disposé un commutateur électrique représenté schématiquement en A (fig. 23 et 24) qui opère la fermeture du circuit au moment seulement où un tracé doit s'opérer. Ce commutateur est monté sur l'axe $l\,l'$ d'oscillation du chronographe et se met en contact avec les plots a, b, c ou d, suivant la hauteur à laquelle s'inscrit la ligne de repérage.

La fig. 23 représente le schéma du circuit dans le cas d'une machine ordinaire.

La fig. 24 est relative à une compound à roues libres ou à calage spécia des manivelles, lorsqu'on relève les diagrammes sur deux groupes moteurs

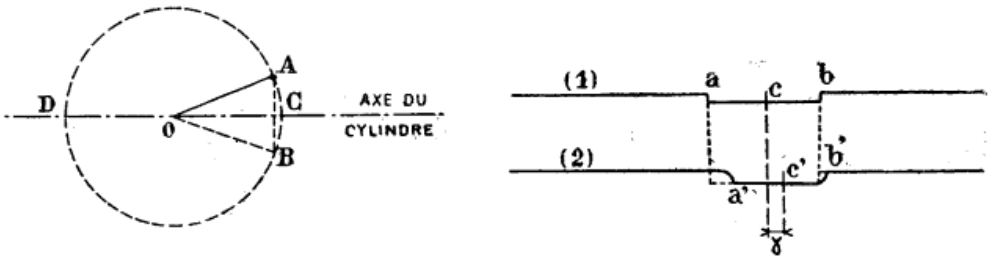


Fig. 25 et 26. — Correction du repérage des fonds de courses.

différents, comme dans l'exemple de fonctionnement exposé précédemment (page 14).

Le courant est fourni par une batterie de 10 ou 12 éléments Leclanché, qui se dispose sur le tablier de la machine.

Dans le but d'obtenir de l'électro-aimant une action aussi rapide que possible, on lui a donné des dimensions très petites, le noyau est constitué d'un faisceau de fils de fer recuit, l'armature est très légère.

Néanmoins l'enregistrement du contact n'est pas rigoureusement instantané, et il convient de procéder à une légère correction.

Correction du repérage (1). — Le contact qui doit repérer le fond de course avant s'établit en réalité un peu avant le fond de course (quand la manivelle motrice est en A) et se trouve rompu un peu après (manivelle en B) (fig. 25).

Le repérage sur le papier consiste en un redan ab (fig. 26) dont la longueur dépend de la durée du contact. Le point B étant symétrique du point A par rapport à la ligne des fonds de course CD, on devrait avoir sur le repérage la position rigoureuse du fond de course en prenant le milieu c de ab.

Mais les tracés s'enregistrent avec certains retards par rapport aux moments d'établissement et de rupture de courant; ces retards, qui proviennent de l'hystérésis du fer de l'électro-aimant et de l'inertie de l'armature donnent, au lieu du tracé théo-

(1) *Revue générale des chemins de fer*, n° de septembre 1896.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rique (1) un tracé (2) dans lequel aa' représente le retard au contact et bb' le retard à la rupture.

Le milieu c de ab qu'il importe de connaître diffère donc du milieu c' de $a'b'$; la détermination de la correction $\gamma = cc'$ à faire subir au tracé a fait l'objet de l'expérience ci-après :

Le chronographe de l'appareil a été disposé comme l'indique la fig. 27 pour enregistrer un contact établi par la rotation même du tambour, au moyen d'une baguette métallique B, qui vient frotter sur toute la largeur d'une lame fixe L. Il résulte de cette

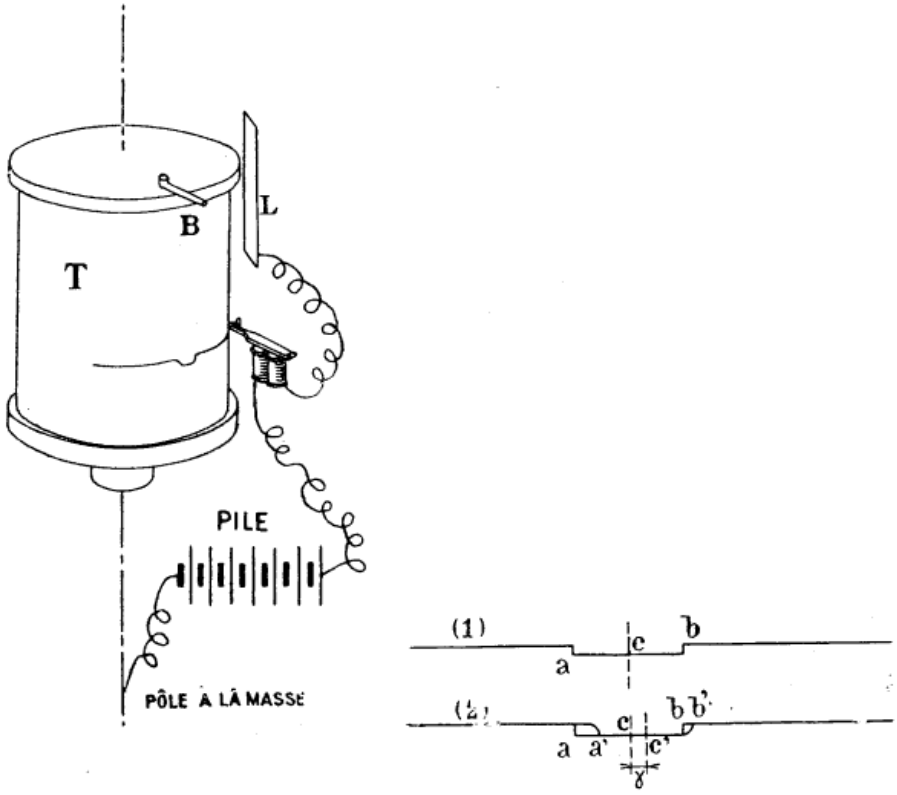


Fig. 27 et 28. — Disposition du chronographe de repérage.

disposition que les points d'établissement et de rupture du circuit se produiront lors de la rotation du tambour en des points précis, toujours les mêmes.

En faisant tourner le tambour à une vitesse extrêmement faible, on enregistrera le redan théorique ab (fig. 28) dont la longueur correspond à la largeur de la lame L.

Si, à ce premier tracé, on en superpose un autre obtenu en faisant tourner le tambour à une vitesse plus grande connue, le tracé double (2) ainsi obtenu comportera tous les éléments permettant de déterminer le retard au contact aa', le retard à la rupture bb', et le retard moyen $cc' = \gamma$.

Il résulte des expériences faites que la valeur γ est proportionnelle à la vitesse du papier; elle varie peu quand on fait varier le nombre des éléments de pile, la tension du ressort de rappel de l'armature ou la pression du style sur le papier. En un mot, ce retard est sensiblement une constante au point de vue « temps »; il correspond

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

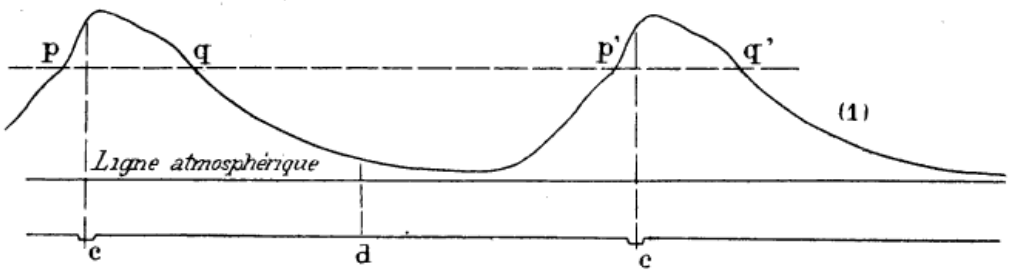
à 1/320 de seconde, les écarts extrêmes observés étant de 1/300 et 1/340 de seconde.

Si faible que soit ce retard, il n'est pas à négliger, ainsi qu'on peut s'en rendre compte par le tableau ci-après, qui donne la valeur de γ pour différentes vitesses de relevé, le développement du papier étant de 20 cent. pour un tour de roue de la machine.

CORRECTION.	VITESSE DE LA MACHINE AVEC ROUES DE	
	2 mètres de diamètre.	1m,40 de diamètre.
1 millimètre	36 km. à l'heure	25 km. à l'heure
2 —	72 —	50 —
3 —	108 —	75 —

INTERPRÉTATION DES DIAGRAMMES

Nous avons vu précédemment que le tambour tournait à raison de 1 tour pour 2 tours de roue de la machine. Chaque courbe relevée comporte donc plus d'un cycle



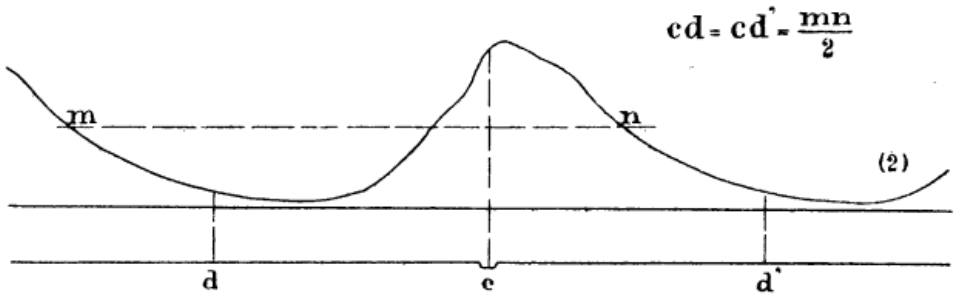


Fig. 29 et 30.

complet, mais pas deux, à cause de l'espace perdu par la fenêtre *mn*. La longueur moyenne de la courbe qui correspond à un cycle complet est de 20 centim. : elle peut varier de 18 à 21 en raison des variations de vitesses du tambour.

On s'assure que la vitesse du tambour est suffisamment uniforme pendant un relevé en vérifiant que la longueur horizontale de la partie courbe qui correspond à un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cycle complet est constante quel que soit le point que l'on prenne comme origine.

En prenant l'origine en p (fig. 29), on mesurera la longueur pp' du cycle sur une parallèle à la ligne atmosphérique. Si l'on considère l'origine en q, on doit trouver $pp' = qq'$ ou bien $pq = p'q'$; c'est d'ailleurs ce que l'expérience montre.

Pour reconnaître l'une de l'autre les deux courbes relevées *face avant* et *face arrière* du cylindre, il convient d'observer les indications des lignes de repérage (fig. 22).

Il résulte des conditions de montage de l'appareil que la ligne de repérage n° 1 donne les fonds de course *avant* pour la courbe relevée *face avant* du cylindre et la ligne n° 2 pour celle relevée *face arrière*.

La courbe relative à la face *avant* est celle qui présente les parties hautes sur l'ordonnée des points de repère de la ligne n° 1, puisque ces points sont repérés au moment de l'admission; la courbe relative à la face *arrière* est celle qui présente des parties basses sur l'ordonnée des points de repère de la ligne n° 2, puisque ces points sont repérés au moment de l'échappement.

Connaissant le milieu c' du redan $a'b'$ tracé par l'appareil (fig. 26) on détermine le point c de fond de course avant en portant à gauche de c' une longueur $cc' = \gamma$ (qu peut varier de 1 à 3 millimètres suivant la vitesse au moment du relevé ainsi qu'il a été indiqué dans le tableau précédent.

On détermine le fond de course *arrière* en prenant le milieu de deux fonds de course *avant* successifs (fig. 29).

Il peut arriver, puisque les courbes ne correspondent pas à deux cycles complets qu'un seul fond de course c se trouve repéré (fig. 30). On mesure alors la longueur mn qui correspond à un cycle sur une parallèle à la ligne atmosphérique et l'on porte à droite et à gauche du point c la demi-longueur mesurée.

Les diagrammes, sous la forme sinusoïdale, tels qu'ils sont relevés par l'appareil, comportent toutes les indications nécessaires pour leur interprétation, le travail indiqué pouvant être déterminé par la méthode des ordonnées moyennes.

A cet effet, la distance entre deux fonds de course successifs sera divisée en un certain nombre de parties inégales correspondant à des fractions égales de la course du piston.

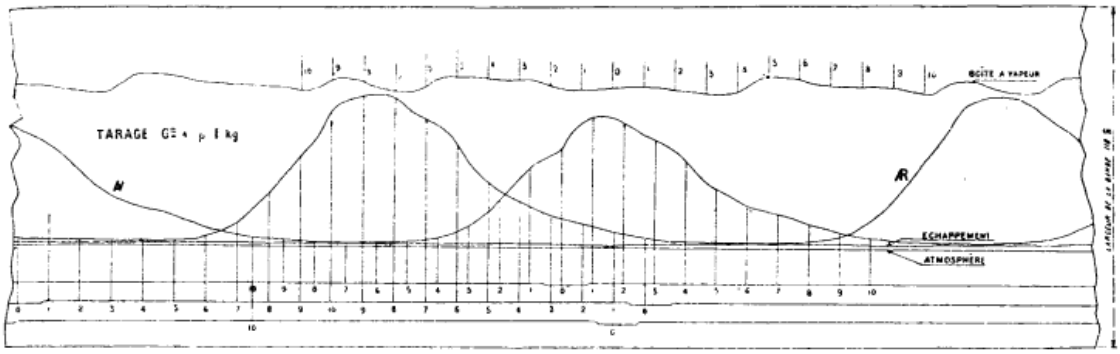
On pourra faire usage, à cet effet, d'une grille à parallèles qui devra être établie spécialement pour chaque machine à mettre en expérience, étant donné que la loi d'espacement des divisions en abscisse dépend du rapport de la longueur de la bielle au rayon de manivelle.

On peut aussi traduire ces diagrammes sous la forme ordinaire, en cycle fermé (fig. 31 à 34) :

Entre les points de fonds de course avant et arrière, déterminés comme il a été dit plus haut, on mène au moyen d'une grille à parallèles des ordonnées équidistantes qui divisent en 20 parties égales, par exemple, la partie de courbe correspondant à un cycle complet. Les intervalles représentent donc les dixièmes de la demi-révolution de la manivelle motrice. On porte les ordonnées à une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

échelle donnée sur un tableau dont les abscisses sont proportionnelles aux déplacements correspondants du piston (en tenant compte, bien entendu, de l'obliquité



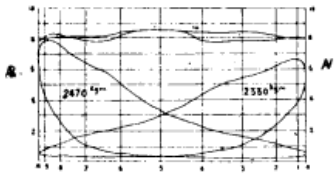
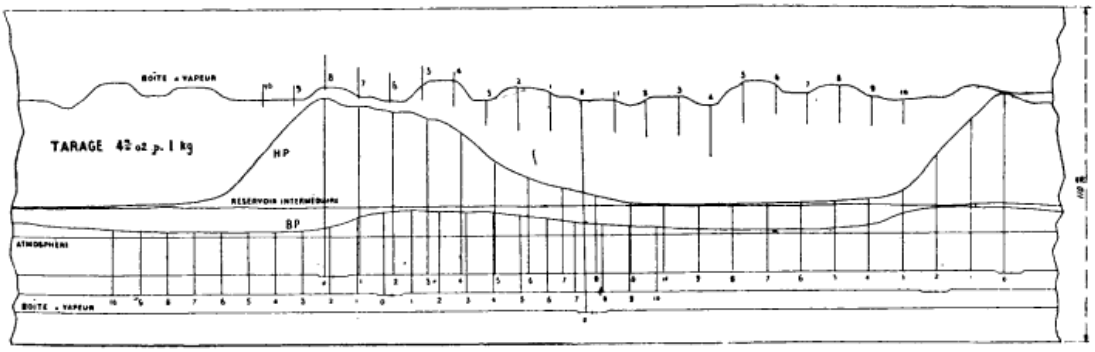


Fig. 31 et 32.

Machine n° 691, à 2 essieux couplés; train 15 du 15 novembre 1895 de Paris à Caen; point kilométrique : 146,7; pente de 1 m/m; pression 8k,5; régulateur ouvert aux 2/3; admission 30 p. 100; vitesse 74 km. à l'heure; effort au crochet d'attelage : 676 kg.



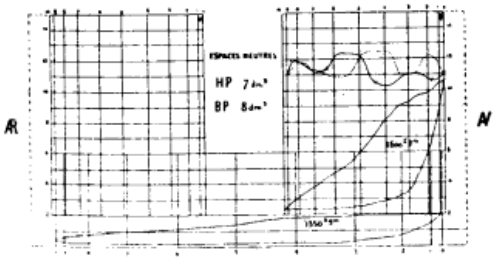


Fig. 33 et 34.

Machine n° 902. — Compound à 4 cylindres; train 5 du 23 juin 1896 de Paris au Mans; point kilométrique : 36,5; palier; pression 13k,2; régulateur ouvert aux 2/3.

admission { HP. . . . . 40 p. 100
BP. . . . . 50 p. 100

Vitesse 82km,5; effort sur le crochet d'attelage 1607 kg.

de la bielle), et l'on trace ainsi le cycle fermé qui donne le travail par intégration au planimètre.

La courbe de pression dans la boîte de vapeur peut de la même manière être traduite en cycle fermé.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La figure 31 représente un diagramme relevé par l'appareil, sur une locomotive ordinaire et la fig. 32 sa traduction en cycle fermé, ainsi que l'indication des circonstances de la marche.

La figure 33 représente un diagramme relevé sur une « compound » dans les conditions d'installation indiquées p. 14 (1) et la figure 34 sa traduction en cycle fermé.

L'appareil répond donc entièrement au programme posé; sa manipulation est extrêmement simple et pratique, enfin son fonctionnement n'est influencé en rien par les trépidations.

Depuis deux ans, il a permis de prendre un très grand nombre de diagrammes à la Compagnie de l'Ouest, sur des machines de types divers.

Des relevés ont également été faits, avec ce même appareil, sur une machine express de la Compagnie du Nord; un certain nombre de diagrammes ont été pris à 120 km. à l'heure.

(1) La ligne de pression au conduit d'échappement n'a pas été relevée.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

AGRICULTURE

Rapport présenté par **M. Risler** au nom du *Comité d'Agriculture*, sur les ouvrages de **M. Barillot**.

M. Barillot, professeur départemental d'agriculture à Auxerre, a soumis à notre appréciation quatre livres destinés à l'enseignement de l'agriculture dans les écoles primaires rurales.

Le premier, intitulé *Notions de sciences avec leurs applications à l'agriculture*, est spécialement destiné aux élèves des écoles de paysans.

Le deuxième, le *Livre du maître*, contient les mêmes leçons que le précédent, mais ces leçons y sont plus développées, « de façon que le maître possède, d'une façon précise et complète, toutes les notions qu'il doit expliquer aux élèves » ; les leçons les plus difficiles sont suivies de conseils aux instituteurs ; des devoirs de rédaction et quelques problèmes à résoudre sont indiqués à la suite de ces leçons.

Le troisième est un *Cours élémentaire d'agriculture*, rédigé conformément aux programmes officiels des écoles primaires supérieures.

Et enfin le quatrième, intitulé *La Ménagère agricole*, renferme les notions d'horticulture, de tenue du ménage et d'hygiène qui devraient, dit M. Barillot, et nous sommes tout à fait de son avis, être enseignées dans les écoles rurales de filles.

De ces quatre livres, il y en a deux qui sont arrivés en peu d'années à leur troisième édition et un à sa sixième édition, et, chose remarquable, celui qui a eu tant de succès n'est pas un livre d'agriculture *pratique*, ce sont des *notions de sciences* avec leurs applications à l'agriculture. Or, c'est là précisément ce qui caractérise la méthode d'enseignement de M. Barillot.

« Nous avons exclu intentionnellement, dit-il, de cet ouvrage, tout ce qui a rapport à ce qu'on est convenu d'appeler la *pratique* en agriculture.

« Nous avons pensé qu'il est inutile de passer son temps à enseigner longuement à l'élève ce que c'est qu'une charrue, une voiture, en lui montrant les objets en gravure ou en nature ; ou lui dire comment on s'y prend pour labourer un champ, etc. ; à quoi bon ? L'élève de nos écoles rurales sait toutes ces choses et les sait bien. »

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

S'il ne les sait pas toujours bien, comme le dit M. Barillot, assurémen il peut les apprendre par son père mieux que par son instituteur. Mais ce que l'instituteur peut lui enseigner, ce sont les notions de science qui peuvent lui permettre de comprendre pourquoi telle pratique a sa raison d'être. Évidemment, pour produire des plantes, il est bon de savoir comment ces plantes vivent, ce qu'elles peuvent trouver dans les différents terrains où on les cultive et ce qu'il faut donner à ces terrains pour les compléter. De même, pour élever des animaux, pour en obtenir du lait, de la viande ou de la force, il est utile de savoir de quels aliments ils ont besoin et quelle est la composition des fourrages qu'on leur donne.

Sans doute, on ne peut pas avoir la prétention de faire des petits savants des élèves de nos écoles primaires. Mais, dans la nature au milieu de laquelle ces enfants vivent, ils trouvent chaque jour de nombreux sujets d'observation. Il s'agit de les guider dans ces observations; les sciences naturelles ne sont-elles pas des sciences d'observation? Il s'agit de leur apprendre à observer avec méthode, de faire sous leurs yeux ou de leur expliquer aussi simplement que possible les expériences qui se rapportent à la vie des plantes et des animaux.

Dans ses petits livres, M. Barillot montre que cela est possible; et, si l'enseignement de l'agriculture a sa raison d'être dans nos écoles rurales, assurément c'est la direction qu'on doit lui donner.

Signé : Risler, *rapporteur.*

Lu et approuvé en séance, le 14 mai 1897.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS ÉCONOMIQUES

RAPPORT présenté par **M. Hippolyte Fontaine**, au nom du *Comité des Arts économiques* sur les travaux de **M. Adolphe Minet.**

M. Adolphe Minet a communiqué à la Société d'Encouragement divers documents concernant ses travaux scientifiques et faisant ressortir la part prépondérante qu'il a prise dans la fabrication industrielle de l'aluminium par voie électrolytique.

M. Minet a fait ses études à la Faculté des sciences de Marseille. Il a été successivement chef du laboratoire de la Société Jablochkoff, ingénieur de la Société Marcel Deprez, chimiste à l'usine de M. Bernard à Creil, directeur de la fabrique d'aluminium de Saint-Michel (Savoie). Il est aujourd'hui à Paris, où il a créé une publication mensuelle, consacrée à l'électro-chimie.

Durant son séjour à la Société Jablochkoff, M. Minet fit une étude complète des bougies et parvint, par une disposition des plus ingénieuses, à conserver le parallélisme des charbons pendant toute leur durée. Votre rapporteur put constater, en 1882, lorsqu'il prit la direction des Sociétés Jamin et Jablochkoff, que M. Minet avait introduit dans la fabrication des bougies électriques plusieurs perfectionnements.

En 1885, il fut chargé de déterminer les constantes des dynamos Marcel Deprez destinées aux expériences de transport électrique entre Creil et Paris. A cet effet, il imagina une pile et un voltmètre étalons qui furent présentés à la Société, et qui donnèrent lieu à un rapport favorable de M. Mascart (1).

Vers la même époque, M. Minet publia dans le journal « La Lumière Électrique » une série d'articles fort remarqués sur l'électrolyse et les décompositions chimiques.

Mais, c'est surtout dans la fabrication de l'aluminium que M. Minet a appliqué avantageusement le résultat de ses études sur les courants électriques.

Chacun sait que l'aluminium a été isolé, pour la première fois, en 1827, dans des expériences de laboratoire, par Wohler, par la réaction du potassium sur le chlorure d'aluminium, et que Henri Sainte-Claire Deville, en 1854, parvint à le préparer en grande quantité en employant le sodium comme métal réducteur, dans un four à réverbère.

(1) *Bulletin* de juillet 1888, p. 414.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le procédé Sainte-Claire Deville, appliqué industriellement pendant de longues années à Salindres, fut perfectionné, surtout au point de vue économique, par Castner, Netto, Grabeau, Baldwin, etc. ; mais la méthode resta la même ; la préparation du sodium et du chlorure d'aluminium fut seule simplifiée.

Avant les travaux du grand chimiste français, l'aluminium coûtait 3000 francs le kilog. ; en 1857, il ne valait plus que 300 francs et en 1887 que 90 francs le kilog.

C'est à cette dernière date qu'apparurent sur le marché les premiers lingots d'aluminium provenant de fours électriques et qu'on vit le cours de ce métal passer rapidement de 90 francs à 10 francs, puis à 5 francs le kilog.

Bunsen eut, dès 1852, l'idée d'électrolyser un bain de chlorure double d'aluminium et de sodium pour obtenir le métal pur, mais il ne put réussir à appliquer ce procédé industriellement. Henri Sainte-Claire Deville reprit et perfectionna l'idée de Bunsen, sans cependant aboutir à la rendre tout à fait pratique.

Ce n'est qu'en 1888, soixante et un ans après la découverte de Wohler et trente-quatre ans après les travaux de Sainte-Claire Deville, qu'on vit l'aluminium électrolytique se substituer dans l'industrie à l'aluminium chimique, et c'est un Français, M. Adolphe Minet, qui parvint le premier à en alimenter le marché.

M. Minet commença ses expériences en 1887, dans une petite usine située impasse du Moulin-Joly, à Paris.

Avant lui, on avait beaucoup étudié la question, mais personne n'avait produit de l'aluminium électrolytique en quantité appréciable.

Les frères Cowles, en 1885, avaient obtenu dans un four électrique des alliages de ferro-aluminium dont la teneur en aluminium n'excédait pas 25 p. 100.

M. Héroult, en 1886, obtenait également dans un four électrique un bronze contenant environ 20 p. 100 d'aluminium. Lontin, dont votre rapporteur a suivi attentivement les travaux, électrolysait, de 1883 à 1886, un mélange de chlorure de sodium et de cryolithe (fluorure double d'aluminium) en employant des anodes en charbon alumineux. Cet inventeur considérait la cryolithe, ainsi que le firent plus tard MM. Héroult et Hall, comme un fondant donnant de la fluidité au bain électrolytique. Il admettait, qu'au passage du courant, le chlorure de sodium se décomposait : le chlore se portant au pôle positif pour attaquer l'alumine contenue dans l'anode et former

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

du chlorure d'aluminium, lequel était à son tour décomposé par le sodium et par le courant. MM. Héroult et Holl considéraient que l'alumine avec laquelle on alimentait le bain se dissolvait pour se décomposer ensuite par le courant dans la masse fondue.

Les choses en étaient là quand M. Minet commença ses travaux sur l'aluminium.

Frappé de ce fait que, dans le mélange des sels fondus : chlorure et fluorure de sodium, fluorure d'aluminium, ce dernier présentait la plus faible chaleur de combinaison, il conclut, qu'au passage du courant, ce fluorure devait se décomposer le premier et en plus grande proportion que les autres. Comme conséquence de cette remarque, au lieu d'alimenter le bain avec de l'alumine, il se servit (mars 1887) du fluorure d'aluminium et il obtint de l'aluminium pur industriellement. Quelques mois plus tard (mai-juin 1887). M. Minet substitua au fluorure d'aluminium un mélange de trois parties d'alumine anhydre et d'une partie de fluorure d'aluminium.

Pendant les années 1887-1888 et 1889, M. Minet produisit plusieurs tonnes d'aluminium et il en livra au commerce dès 1887.

De ce qui précède, nous ne voulons retenir qu'un seul fait : c'est que M. Minet est le premier chimiste ayant obtenu par le courant électrique de grandes quantités d'aluminium (1).

Ce fait, sur lequel nous nous permettons d'insister, a été mis en lumière à l'Exposition de 1889, où M. Bernard, propriétaire de l'usine de Creil, dans laquelle M. Minet travaillait, fut le seul à exposer des lingots d'aluminium électrolytique, ce qui lui valut une médaille d'or.

Il y avait bien, dans la section anglaise, deux pavillons contenant de l'aluminium, mais le métal qui y figurait avait été fabriqué par le procédé chimique Henri Sainte-Claire Deville modifié par M. Netto d'une part et par M. Catsner d'autre part.

Dans la section suisse, M. Héroult n'exposait que du bronze d'aluminium. Il ne devait fabriquer de l'aluminium que vers la fin de 1889, quand il se décida à alimenter ses bains avec un mélange de fluorure d'aluminium et d'alumine, au lieu de les alimenter avec de l'alumine seule.

Le procédé et l'outillage imaginés par M. Minet pour fabriquer l'aluminium peuvent servir à toutes les applications de l'électro-métallurgie par

(1) Voir les communications de M. Minet des 17 février, 9 juin et 27 octobre 1890 à l'Académie des Sciences.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

voie sèche, qu'il s'agisse de magnésium, de sodium et de lithium. On peut l'employer également pour obtenir des carbures métalliques.

M. Minet a récemment publié deux ouvrages sur l'aluminium; le premier est consacré au métal et le second à ses alliages.

Ces ouvrages renferment beaucoup de renseignements pratiques sur la production et l'usage de l'aluminium et de ses bronzes, et ils font ressortir les progrès réalisés dans la métallurgie et les transformations de l'aluminium depuis les beaux travaux de Henry Sainte-Claire Deville jusqu'en 1897.

M. Minet peut être considéré à bon droit comme un des promoteurs de l'industrie électro-métallurgique; ses travaux méritent donc d'être mis en relief et encouragés.

Nous vous proposons de le remercier de sa communication et de décider l'insertion au *Bulletin* du présent rapport.

Signé : Hippolyte Fontaine, *rapporteur.*

Lu et approuvé en séance le 14 mai 1897.

Rapport présenté par **M. H. Fontaine** au nom du *Comité des Arts économiques*, sur la *lampe à arc système* Suisse.

La maison de construction dite « l'Étoile Magnétique », a présenté à la Société d'Encouragement une lampe à arc due à *M. François Suisse.*

Cette lampe est caractérisée par sa grande simplicité et son excellente fabrication. Elle n'est appelée à résoudre aucune des difficultés existant encore dans diverses applications de l'éclairage électrique, mais elle produit une lumière bien régulière et son fonctionnement ne paraît sujet ni à des arrêts brusques ni à des troubles passagers. En somme, c'est un bon appareil, bien conçu et bien exécuté.

La lampe Suisse a son porte-charbon inférieur fixe et son porte-charbon supérieur susceptible de deux mouvements : un de recul, de bas en haut, pour donner naissance à l'arc, l'autre de descente, pour régler l'intensité lumineuse au fur et à mesure de l'usure des crayons. Le recul est obtenu par un électro-aimant placé dans le circuit principal, et le réglage par un électro-aimant placé en dérivation sur ce circuit. Tout cela est commun à beaucoup d'autres lampes à arc.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le moteur est constitué par le poids du porte-charbon supérieur ; celui-ci est suspendu à une lame en cuivre enroulée sur l'axe d'un mouvement d'horlogerie de façon à solliciter cet axe à tourner. Une roue, calée sur l'arbre, est maintenue au repos par un levier double portant deux arrêts et une armature.

L'électro-aimant de dérivation agit sur l'armature dès que la longueur de l'arc augmente et la roue, devenue libre, tourne pour maintenir constante l'intensité lumineuse. Cette roue n'avançant que d'une dent à chaque oscillation du levier, le réglage est naturellement très précis et l'action de l'électro-aimant presque continue.

M. François Suisse est un ancien élève de M. Serrin, l'inventeur du premier régulateur à arc voltaïque ayant fonctionné d'une manière réellement industrielle ; on s'en aperçoit vite en examinant en détail sa nouvelle lampe, où rien n'est sujet à critique. Les organes sont solides, bien proportionnés, bien assujettis ; les électros sont établis pour consommer peu de courant par eux-mêmes ; le montage ne laisse absolument rien à désirer.

En résumé, bien que la lampe de M. Suisse ne possède aucun caractère saillant de nouveauté, elle sera très appréciée dans l'industrie de l'éclairage électrique parce qu'elle est combinée de façon à fonctionner très régulièrement et que sa construction est irréprochable.

Nous vous proposons donc de remercier la maison dite « l'Étoile Magnétique » pour son intéressante présentation et de décider l'insertion du présent rapport au *Bulletin*.

Signé : Hippolyte Fontaine, *rapporteur*.

Lu et approuvé en séance le 14 mai 1897.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

COMMERCE

RAPPORT fait par **M. E. Gruner** au nom du *Comité du Commerce* sur les travaux de **M. Garnault** relatifs *à l'Histoire du Commerce de la Rochelle.*

M. E. Garnault, secrétaire archiviste de la Chambre de Commerce de la Rochelle, a, dans le cours des dernières années, publié une série d'ouvrages sur *le Commerce rochelais au* XVIII^e^ *siècle* (4 vol. in-8) et sur *la Juridiction consulaire et la Bourse de Commerce de la Rochelle* (1 vol. in-4).

Dès son entrée en fonctions comme secrétaire, il reconnut que les archives de l'ancienne Chambre de Commerce « avaient, par bonheur, échappé au vandalisme révolutionnaire » et formaient un tout très complet depuis 1719, date de la fondation de la Chambre, jusqu'à sa suppression légale en 1791. Il obtint de la Chambre de Commerce l'autorisation d'en publier les documents les plus importants, avec accompagnement d'un résumé historique.

L'étude du commerce au XVIII^e^ siècle lui inspira bientôt la curiosité de remonter plus haut, et le dernier volume paru, *la Juridiction consulaire et la Bourse de Commerce de la Rochelle*, nous fait assister à la création, en 1565, de la juridiction consulaire, nous montre son rôle, ses transformations successives. Nous retrouvons les origines de la Chambre de commerce, puis de la Bourse de commerce, et c'est ainsi que nous arrivons à posséder une vue complète sur ce qu'a été l'organisation commerciale d'une de nos principales villes maritimes pendant trois siècles.

C'est, en un vivant exemple, aux rivalités et aux luttes des ordres et des partis que nous fait assister M. Garnault : sous forme de monographie, nous lisons une des pages les plus intéressantes de notre histoire nationale.

La Rochelle ne paraît dater que du X^e^ siècle; au cours du XII^e^ et du XIII^e^ siècle, son commerce maritime se développe, et, dès cette époque, se constitue une bourgeoisie de riches marchands. Durement éprouvée par les longues guerres contre les Anglais, la Rochelle fut même officiellement cédée à l'Angleterre par le traité de Brétigny (1360) ; mais, douze ans après déjà, les Rochelais, malgré les faveurs que leur avait accordées Édouard d'Angleterre, se soulevaient et ouvraient leurs portes aux armées du roi Charles.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nous sommes à cette époque glorieuse où nos navires, poussant hardiment leurs explorations, descendaient sans cesse plus au sud, le long des côtes d'Afrique, et, finalement, ouvraient vers les Indes une voie commerciale nouvelle : Dieppe, le Havre, Nantes, la Rochelle, Bordeaux supplantaient Gênes et Venise.

Des compagnies de commerce se constituaient; les institutions de crédit justifiaient la confiance d'abord hésitante, et des courtiers-jurés venaient donner des garanties nouvelles aux transactions.

Nous arrivons au milieu du XVI^e^ siècle et nous voyons la royauté comprendre enfin qu'il est de sage et prudente politique de donner satisfaction aux réclamations des villes de commerce qui protestent contre les lenteurs et les frais de la procédure. Des juridictions consulaires étaient instituées à Lyon et à Toulouse (1549). Après quelques autres villes, Paris obtenait à son tour du chancelier de l'Hospital, en 1562, l'institution d'une Bourse de Commerce et d'une juridiction consulaire « expéditive et peu coûteuse ».

Deux ans après, même faveur était accordée par édit royal à la ville de la Rochelle (1565).

C'est du rôle et des transformations de cette juridiction que nous entretient M. Garnault.

Le Corps de ville et le Présidial n'entendaient pas laisser ainsi entamer leurs prérogatives, et le Parlement les soutint dans leur résistance à l'édit du Roy, de sorte que deux ans s'écoulèrent avant que les juges consulaires fussent admis à prêter serment. Ils purent enfin constituer leur tribunal et rédiger le *Règlement* qui fixa les bases de leur procédure. Ce règlement, simple et clair, justifia bien vite cette juridiction appelée à débarrasser les marchands des complications de l'ancienne procédure.

La juridiction consulaire ne tarda pas à trouver insuffisantes les dépendances de l'ancien couvent des Augustins qui lui avaient été assignées pour siège, et des travaux importants furent exécutés en vue d'installer une salle d'audience.

M. Garnault suit avec une minutieuse précision toutes ces négociations, comme aussi celles relatives aux transformations des installations au cours du XVIII^e^ siècle ; il appuie chacun de ses dires de pièces justificatives qui ont leur intérêt et les complète par la reproduction des plans et gravures du temps : ce qui facilite la lecture et la rend attrayante.

Il nous donne enfin les détails les plus complets sur les conditions dans lesquelles fut construit le bel immeuble qui a conservé aujourd'hui

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

encore la même destination après avoir été désaffecté pendant la Révolution.

Si le Présidial et le Parlement s'étaient, de toutes façons, opposés en 1565 à la création de la juridiction consulaire, celle-ci, à son tour, n'eut pas de protestations assez vives contre l'institution par le Roy, en 1719, d'une Chambre de commerce.

Et quelle était la raison principale de cette opposition? c'est que le Roy n'avait pas cru pouvoir exclure de la Chambre, comme ils l'étaient de la juridiction consulaire, les négociants protestants, en grande majorité encore à la Rochelle malgré la persécution du siècle passé.

Le fanatisme religieux, toujours aussi vivace, prétendait faire revivre les édits qui avaient déjà fait tant de mal en rejetant au delà des frontières tant de familles qui y avaient porté leur expérience des affaires et les métiers où elles excellaient.

M. Garnault nous fait assister aux péripéties diverses de ces luttes où le pouvoir royal montre une largeur de vues qui étonne quand on sait ce qu'était sa ligne de conduite dans d'autres parties du royaume.

Plus d'une fois, nous nous étions demandé comment avaient pu être exécutés, au XVII^e^ et au XVIII^e^ siècle, dans certains ports, ces beaux travaux maritimes qui permettaient de recevoir, d'abriter et de réparer rapidement les nombreuses flottes qui, à cette époque, portaient au loin le pavillon de la France.

M. Garnault nous montre à l'œuvre la Chambre de commerce, pouvoir autonome, actif, plein d'initiative, qui obtint du Roy le privilège de percevoir des droits d'entrée et de sortie sur les principales marchandises.

Il nous donne les tarifs successifs, et les justifie par les travaux qui étaient exécutés avec ces ressources.

Nous retrouvons, à 150 ans en arrière, toute une organisation que nous avons bien de la peine à reconstituer à notre époque de centralisation à l'excès.

Ce sont ces règlements, si féconds en résultats, qu'empruntèrent nos rivaux d'outre-Manche, quand enfin, après le malheureux traité de Paris, en 1763, ils nous eurent privés de toutes nos colonies et qu'ils eurent consommé la ruine de cette belle marine marchande, qui faisait la richesse de villes comme la Rochelle.

Dans un volume spécial, M. Garnault suit, de 1718 à 1748, l'histoire maritime et coloniale de la Rochelle. Il nous fait assister à cette période où

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'énergie et l'esprit d'entreprise de nos marins étaient annihilés par les fautes accumulées du Roy et de son conseil.

Ce ne fut point seulement sur mer, mais aussi dans les colonies que les Rochelais jouèrent un grand rôle, et la brochure de M. Garnault sur *les Rochelais et le Canada* nous donne la longue énumération de familles rochelaises qui allèrent, au XVII^e^ siècle, coloniser la Nouvelle-France.

Vainement les Rochelais montrèrent-ils, en 1761 et 1762, de « quelle importance était le Canada et le tort immense que sa cession causerait à la France ». Malheureusement, le gouvernement ne sut pas comprendre et « le traité de Paris (1763) abandonna à l'Angleterre notre plus belle colonie ».

« Tout cœur français ne peut manquer de se serrer, dit M. Garnault, en pensant au rang que sa patrie eût pu tenir dans l'œuvre de conquête et de civilisation du Nouveau-Monde et dont elle a déchu par sa faute, ou plutôt par la coupable impéritie et par la légèreté plus coupable encore de ses gouvernants.

« Par l'étroitesse de Louis XIV refusant aux Huguenots l'asile qu'ils sollicitaient dans la Nouvelle-France, celle-ci ne reçut pas l'afflux de colons qui lui eût été nécessaire pour contre-balancer l'émigration puissante que les querelles religieuses de la Grande-Bretagne déversaient, vers le même temps, sur les rivages de la Nouvelle-Angleterre, de la Pensylvanie, du Maryland, de la Virginie et des Carolines. Le Gouvernement de Louis XV précipita sa décadence et enfin l'écroulement de notre empire colonial. »

Rendre le courage aux fils des vaillants marins et des hardis explorateurs qui partaient du vieux port de la Rochelle, et leur montrer ce qu'ils peuvent faire du nouveau port de la Pallice, qui a été ouvert en 1891 à la navigation, tel est le but patriotique que poursuit M. Garnault.

Notre Société ne saurait, sans mentir à son titre, méconnaître les services que rendent des travaux historiques et économiques de cette nature, et poursuivis dans cet esprit. Nous vous demandons, Messieurs, au nom du Comité du Commerce, de remercier M. Garnault pour ses intéressantes communications, en l'encourageant à les poursuivre, et nous vous proposons de voter l'insertion du présent rapport dans notre *Bulletin*.

Signé : E. GRUNER, *rapporteur.*

Lu et approuvé en séance le 14 mai 1897.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS CHIMIQUES

RAPPORT fait, au nom du *Comité des Arts Chimiques*, sur un travail de **M. W. Bishop** relatif à l'*essai des huiles par oxydation*, par **M. E.-P. Bérard.**

M. W. Bishop a présenté à la Société d'Encouragement un mémoire sur *L'essai des huiles par oxydation* ou *Méthode de détermination du degré d'oxydation des huiles.*

Ce travail a été commencé au laboratoire des expertises du Ministère du Commerce et de l'Industrie, laboratoire auquel M. Bishop a été attaché pendant plusieurs années comme chimiste, et poursuivi à l'École de pharmacie.

Comme ses prédécesseurs dans l'étude de ces questions, M. Bishop s'est inspiré des découvertes publiées par Chevreul en 1856 dans les *Annales de Chimie et de Physique.*

On sait que l'illustre savant a montré que la *dessiccation* des huiles était accompagnée non pas, comme le terme *sécher* semblerait l'indiquer, d'une perte de poids, mais, au contraire, d'une augmentation de poids due à la fixation sur l'huile de l'oxygène de l'air.

Certains composés métalliques, même certains métaux, favorisent le phénomène d'oxydation dont il s'agit.

Dans un rapport présenté en 1885 (1) à la Société d'Encouragement, M. Aimé Girard a rendu compte devant vous des études par lesquelles M. Livache, développant et donnant toute sa portée à une des expériences de Chevreul, a, en employant le plomb chimiquement précipité, fourni le premier au chimiste le moyen de faire l'essai et la reconnaissance des huiles siccatives pures et même des mélanges, à l'industriel le moyen d'obtenir facilement et rapidement les huiles sèches employées pour la fabrication des vernis, des tapis imperméables, et autres produits.

Le travail que présente actuellement M. Bishop s'inspire d'une autre expérience inscrite au Mémoire de 1856 : celle dans laquelle Chevreul montre que l'huile de lin manganésée absorbe environ dix fois plus d'oxygène que la même huile pure.

(1) *Bulletin de la Société*, 84e année, tome XII, page 597.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. Bishop emploie comme agent siccatif le résinate de manganèse, sorte de savon fait avec de la résine et l'oxyde de ce nom. Il dissout le résinate dans l'huile qu'il s'agit d'essayer dans la proportion de 2 p. 100, soit $0^{gr},2$ de résinate par 10 grammes d'huile. Puis, dans le but de faciliter l'accès de l'air, il ajoute 1 gramme de silice légère, obtenue par précipitation et calcination. La dessiccation de l'huile se fait alors dans un temps plus ou moins rapide, et avec absorption d'une plus ou moins grande quantité d'oxygène, selon que l'huile est plus ou moins siccative.

Le tableau par lequel M. Bishop présente les huiles dans leur ordre de siccativité fournit une confirmation de celui qui avait été précédemment présenté par M. Livache relativement à ce même ordre : comme cet auteur, M. Bishop obtient pour l'huile de lin, type des huiles siccatives, une absorption moyenne d'oxygène de 14 p. 100 en vingt-quatre heures environ.

M. Bishop a appliqué avec succès le mode d'essai que nous venons d'indiquer à la comparaison des diverses huiles commerciales et à la reconnaissance des mélanges qui peuvent en être faits.

Le tribut qu'il a apporté à l'étude de ces questions particulièrement délicates nous a semblé digne d'être signalé à l'attention de la Société d'Encouragement et des industriels. Ces derniers pourront trouver avantage, dans certaines conditions déterminées, à employer les procédés d'essai de M. Bishop et à comparer les résultats obtenus avec ceux que fournissent les méthodes inventées par ses prédécesseurs.

En conséquence, votre Comité des Arts Chimiques a l'honneur de vous proposer :

1° De remercier M. Bishop de son intéressante communication ;

2° D'insérer le présent Rapport au *Bulletin* de la Société ;

3° De publier dans le *Bulletin*, à la suite du présent Rapport, un extrait du mémoire de M. Bishop faisant connaître les principaux résultats numériques obtenus par l'auteur.

Signé : Bérard, *rapporteur.*

Lu et approuvé en séance le 14 mai 1897.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

EXTRAITS DU MÉMOIRE DE **M. W. Bishop**, INTITULÉ : *L'essai des huiles par oxydation. Méthode de détermination du degré d'oxydation des huiles* (1).

TABLEAU I

		HUILE DE LIN INDIGÈNE D = 0,9322 à 15°		
		non siccativée	siccativée à 2 p. 100 de résinate.	siccativée à 4 p. 100 de résinate
		T = 25° — 20°	T = 25° — 20°	T = 25° — 20°
Augmentation p. 100 ou degré d'oxydation au bout de	6 heures.	0	12,35	11,10
	22 —	0,50	15,65	15,50
	24 —	0,80	15,85	15,30
	30 —	2,50	16,25	15,30
	48 —	7,30	15,65	14,90
	72 —	15,00	14,65	14,10
	96 —	16,40	15,15	13,60
	120 —	15,30	14,05	13,20
	144 —	14,90	13,75	13,20
	168 —	14,30	13,35	13,20
	288 —	14,00	13,25	13,10

Ces essais démontrent d'une façon évidente l'action énergique du résinate de manganèse, puisque ce sel permet de produire l'oxydation totale environ trois ou quatre fois plus vite qu'en opérant sur l'huile simplement divisée. Ils confirment également les conclusions des anciennes expériences de Cloez et celles plus récentes de Mulder, de Bauer et Hazura et de Livache sur la formation, non seulement de produits solides (linoxyne), mais aussi de produits volatils. Si l'oxydation est trop énergique, on obtient un résultat d'une façon plus rapide, mais on note une augmentation plus faible, phénomène explicable par suite de la formation d'une proportion plus élevée de produits volatils.

La quantité de 2 p. 100 de résinate a donc été adoptée pour tous les essais qui suivent.

Le tableau II indique nettement les différences qui existent à la fois dans le degré et la rapidité d'oxydation, à mesure que l'on descend l'échelle de siccativité.

On constate que l'huile d'arachides peut être considérée comme intermédiaire entre les huiles demi-siccatives (coton, sésame) et les huiles non siccatives (colza, olives, tableau III). Pour ces dernières, comme pour les précédentes, il est déjà utile de faciliter l'action oxydante en opérant à une température un peu plus élevée (25° à 30°).

(1) Travail fait au Laboratoire de M. Riche, au ministère du Commerce et de l'Industrie.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

		Augmentation p. 100 ou degré d'oxydation après							
		6 heures.	22 —	24 —	30 —	48 —	72 —	96 —	120 —	124 —
HUILE DE CHÈNEVIS pressions réunies D = 0,9287 à 15°	T = 28° — 22°	9,40	13,90	14,30	14,10	13,40	12,70	12,60	12,50	12,20
	T = 17° — 23° — 17°	3,25	13,25	13,95	14,35	14,15	14,55	»	»	13,85
HUILE D'ŒILLETTE 1894 D = 0,9242 à 15°	T = 28° — 22°	4,80	13,60	13,90	14,50	14,40	13,00	12,50	12,00	10,40
	T = 23° — 17°	0,20	11,45	11,55	12,45	14,30	»	13,35	12,75	»
HUILE D'ŒILLETTE 1895 D = 0,924 à 15°	T = 23° — 17°	0,20	11,00	12,00	13,20	13,90	12,90	»	»	11,80
HUILE DE NOIX BRUNE industrielle	T = 28° — 22°	—0,10	11,80	13,00	13,70	12,80	12,20	11,60	11,30	14,30
HUILE DE COTON BLANCHE démargarinée D = 0,923 à 15°	T = 28° — 22°	5,40	9,20	9,30	9,60	9,50	9,20	9,00	8,90	8,70
HUILE DE COTON démargarinée D = 0,923 à 15°	T = 23° — 17°	—0,10	6,20	6,90	8,20	9,30	9,10	»	»	8,40
HUILE DE COTON non démargarinée D = 0,924 à 15°	T = 28° — 22°	1,30	7,30	7,60	8,20	8,60	8,40	8,20	8,00	7,80
	T = 23° — 17°	—0,10	5,70	6,20	7,40	8,40	8,50	»	»	8,00
HUILE DE SÉSAME DU SÉNÉGAL 1re pression D = 0,9215 à 15°	T = 28° — 22°	0,80	4,05	4,95	6,85	8,25	8,95	8,45	8,45	8,45
	T = 17° — 23° — 17°	—0,50	2,80	3,60	5,20	6,90	7,90	8,30	8,30	8,00
HUILE DE SÉSAME DES INDES 1re pression D = 0,921 à 15°	T = 28° — 22°	0	4,30	5,00	6,00	7,20	7,30	7,40	7,20	7,40
HUILE D'ARACHIDES BLANCHE D = 0,916 à 15°	T = 28° — 22	0,60	4,50	4,90	5,60	6,20	6,40	6,40	6,50	6,40
HUILE D'ARACHIDES DE MOZAMBIQUE 1re pression D = 0,916 à 15°	T = 23° — 17°	—0,20	—0,20	—0,10	0,80	3,60	4,40	»	»	4,80
	T = 32° — 18° — 34°,5 — 14	0,80	3,50	3,80	4,70	5,30	6,10	6,70	6,50	6,50

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU III

		HUILE D'OLIVES COMESTIBLE D = 0,9155 à 15°		
		pure	contenant 20 p. 100 d'huile d'arachides	contenant 20 p. 100 d'huile de coton
		T = 32° — 18° — 34°,5 — 14°	T = 32° — 18° — 34°,5 — 14°	T = 32° — 18° — 34°,5 — 14°
Augmentation p. 100 ou degré d'oxyd. au bout de	24 h.	0,80	1,75	3,25
	48 h.	2,40	3,00	4,25
	72 h.	3,40	4,00	4,80
	144 h.	4,70	4,75	5,60
	384 h.	5,30	5,55	6,05
		T = 25° — 17°	T = 23° — 17°	T = 23° — 17°
Augmentation p. 100 ou degré d'oxyd. au bout de	24 h.	—0,30	—0,30	—0,30
	48 h.	—0,20	—0,20	0,50
	72 h.	0,90	1,70	2,90
	144 h.	2,20	3,10	3,80
	264 h.	2,30	3,50	3,90

TABLEAU IV

	DENSITÉ	DEGRÉS D'OXYDATION	DEGRÉ MOYEN	INDICE D'IODE ou CHIFFRE DE HŒBL
Huile de lin indigène	0,9327	17,70 — 16,40	17,05	158 — 155
— — de la Plata	0,9304	15,45 — 15,00	15,20	
— de chènevis	0,9287	14,55 — 14,30	14,40	127 — 122
— d'œillette indigène	0,924	14,50 — 13,90	14,20	136 — 130
— de noix, industrielle	»	13,70	13,70	»
— de coton démargarinée	0,923	9,60 — 9,30	9,45	110 — 106
— de coton non démargarinée	0,924	8,60	8,60	
— de sésame du Sénégal	0,9215	8,95 — 8,50	8,70	105 — 102
— de sésame des Indes	0,921	7,40	7,40	
— d'arachides d'Afrique	0,916	6,70	6,70	98 — 87
— d'arachides, blanche	0,916	6,50	6,50	
— de colza indigène	0,9142	6,40 ?	6,40 ?	99 — 96
— de colza des Indes	0,9137	5,90 — 5,80 ?	5,85 ?	
— d'olives	0,9155	5,30 ?	5,30 ?	86 — 79

Pour l'huile de colza, et principalement pour l'huile d'olives, on ne peut facilement réaliser l'oxydation dans un temps très court. Toutefois, les essais démontrent (tableau III) que, dans certains cas, ce mode d'investigation est susceptible d'être appliqué avec intérêt, surtout en tenant compte de la vitesse d'oxydation.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

De la composition des argiles, par **M. Georges Vogt.**

Bien que les argiles aient été souvent étudiées, et par des procédés très divers, il reste encore sur leur composition plus d'un point obscur; j'ai entrepris ces recherches dans l'espoir d'y apporter un peu de jour.

Ce travail porte surtout sur les argiles utilisées dans les arts céramiques.

Avant d'aborder cette étude, j'ai dû vérifier certaines des propriétés chimiques attribuées, dans les ouvrages classiques, tant aux argiles proprement dites qu'aux corps avec lesquels elles se trouvent mélangées dans la nature; en plusieurs cas, les résultats de mes expériences ont été en désaccord avec ce qui est généralement admis.

Les matières qui accompagnent le plus souvent les kaolins et les argiles sont, outre le carbonate de chaux et l'oxyde de fer, dont la présence est très facile à constater, le quartz, les feldspaths et les micas ; il était donc utile de savoir comment ces roches se comportent sous l'action des acides et des solutions d'alcalis caustiques, ces réactifs étant mis en œuvre pour l'étude des argiles.

Action des acides. — Le kaolin pur est totalement décomposé par l'acide sulfurique chaud ; il l'est de même quand on le chauffe pendant deux heures à 210° en tube scellé avec de l'acide azotique de densité 1,20. L'action de l'acide chlorhydrique sans pression est plus lente; cependant, en chauffant entre 70° et 90° pendant 6 jours avec cet acide de 1,10 de densité un kaolin cru du Limousin, dans lequel on avait, par l'acide sulfurique, constaté la présence de 97,4 p. 100 de matière soluble, on a pu en dissoudre 93,4. En opérant dans les mêmes conditions sur le même kaolin après l'avoir porté à 1 000°, l'attaque a été moins profonde, l'acide chlorhydrique n'a plus dissous que 33,5 p. 100 de la matière mise en œuvre.

Les diverses argiles se comportent de même sous l'action des acides, une partie plus ou moins grande, suivant leur nature, est attaquée par l'acide sulfurique chauffé jusqu'à émettre des vapeurs; l'acide azotique sous pression agit de même; l'acide chlorhydrique à la pression ordinaire et dans les conditions indiquées ci-dessus attaque les argiles ; ainsi, une argile réfractaire crue provenant de Dreux, dans laquelle, par l'acide sulfurique, on avait constaté 77,6 p. 100 de matière décomposable, a fourni les mêmes résultats après une action prolongée pendant 6 jours de l'acide chlorhydrique. Cette argile de Dreux, calcinée à 1 000°, s'est montrée moins attaquable par HCl que l'argile crue : sur 75,16 p. 100 de partie soluble dans SO^4H^2, l'acide chlorhydrique n'a dissous que 33,7 p. 100.

Le mica blanc, la muscovite $6SiO^2$, $3Al^2O^3$, K^2O, $2H^2O$, est totalement attaqué par l'acide sulfurique chauffé jusqu'à émettre des vapeurs, contrairement à ce qui est écrit dans la plupart des traités de minéralogie. Pour que le mica soit

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

attaqué complètement, il faut qu'il soit en débris très tenus, comme il se présente dans de certaines matières naturelles où l'œil nu ne peut plus reconnaître sa présence, ou bien qu'on l'amène à cette grande ténuité en le broyant avec le plus grand soin. Si le mica qu'on veut soumettre à l'action de l'acide sulfurique est en feuilles, on commence par le cliver en plaques très minces, on coupe avec des ciseaux ces plaques en courtes lamelles, qu'on brise en les passant dans un moulin à noix, puis on soumet en présence d'eau ces débris à l'action d'un moulin à meules tournantes; le produit de ce broyage est lévigé pour en séparer les parties les plus fines, qui seules sont entièrement attaquables par SO^4H^2. Le mica ainsi traité a perdu tout son éclat, il est mat, d'une grande blancheur, et il a acquis, fait remarquable, la propriété de faire pâte avec l'eau; il a une plasticité comparable à celle des kaolins.

Le mica blanc est, de même, complètement attaqué par l'acide nitrique (D = 1,20) chauffé à la température de 120° pendant deux à trois heures en tube scellé.

L'acide chlorhydrique (D = 1.10) chauffé à l'air libre entre 70° et 90° pendant 6 jours avec un mica que l'acide sulfurique décomposait totalement en a dissous 85,1 p. 100. Après calcination à 1 000°, le mica est moins attaquable par l'acide chlorhydrique; ainsi, sur cent parties du même mica, après 6 jours de chauffe entre 70° et 90°, il n'y a eu que 41 p. 100 de dissous.

Le feldspath orthose n'est pour ainsi dire pas attaqué par les acides sulfurique, azotique ou chlorhydrique.

Quant au quartz, il supporte l'action de ces acides sans éprouver une altération appréciable.

Action de la potasse caustique en solution. — Le kaolin soumis à l'action d'une solution de potasse caustique de densité 1,08 maintenue deux minutes à l'ébullition est profondément décomposé ; la liqueur po tassique filtrée après cette expérience contient de la silice et de l'alumine ; le poids de kaolin ainsi décomposé est loin d'être proportionnel à la durée de l'ébullition ; il semble, au contraire, que l'action s'arrête, quand la solution potassique bouillante contient une certaine quantité de silice et d'alumine en dissolution. Mais si, après filtrage et lavage, on recommence l'attaque dans les mêmes conditions, on redissout une certaine proportion de silice et d'alumine, et, en répétant plusieurs fois ces opérations, on arrive à décomposer une grande partie de la matière argileuse mise en expérience.

Les diverses argiles soumises à ce traitement ont donné des résultats analogues.

Le mica blanc traité de même par une solution de potasse (D = 1,08) maintenue un temps plus ou moins long à l'ébullition n'est que fort peu attaqué ; la solution potassique obtenue par filtration ne renferme que de faibles quantités

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de silice et des traces d'alumine ; après quelques attaques répétées, la solution de potasse ne semble plus agir sur le mica.

Par contre, le mica magnésien, la biotite, est attaqué dans ces conditions et la liqueur filtrée contient silice et alumine.

Le feldspath orthose, traité dans les mêmes conditions, se comporte comme le mica blanc ; on retrouve dans la solution potassique filtrée après ébullition moins de 1 p. 100 de silice accompagnée de traces d'alumine ; après deux ou trois attaques, la lessive potassique ne dissout presque plus rien.

Les expériences sur le quartz ont été faites sur ce minéral pulvérisé et sur du sable siliceux de Fontainebleau ; ces matières, sous l'action d'une solution bouillante de potasse caustique (D = 1,08) ne sont que faiblement attaquées, les quantités dissoutes après 15 minutes d'ébullition ne dépassent guère 1 p. 100.

La quantité de silice, entrée en dissolution après chacune des opérations successives, paraît rester constante ou, du moins, proportionnelle à la durée de l'ébullition.

Les argiles contiennent souvent mélangé à la matière plastique du sable quartzeux ; j'ai donc essayé quelle serait l'action de la solution potassique bouillante sur un mélange connu d'une argile et d'un sable qui avaient été soumis auparavant chacun séparément à cette attaque, pour constater si le rapport de la silice à l'alumine entrée en dissolution serait différent de celui trouvé pour l'argile seule. Le rapport est resté le même ; l'argile paraît donc être attaquée avant le quartz par la solution de potasse portée à l'ébullition.

Les résultats de l'étude de l'action d'une solution bouillante de potasse caustique de densité 1,08 sur les diverses matières qui accompagnent le plus souvent les argiles sont consignés dans le tableau qui suit.

Les expériences étaient faites sur $2^{gr},50$ de matière séchée à l'air libre, chauffés avec 100^{cm3} de liqueur alcaline portée à l'ébullition (1).

MATIÈRE MISE EN EXPÉRIENCE : *Kaolin du Limousin.*

Opérations successives. . . .		1re	2e	3e	Quantité dissoute	Total contenue dans ce kaolin.
Durée.		2min1/2	30 minutes	2 heures		
Quantités entrées en dissolution. . . .	SiO^2	0,1263	0,1738	0,1581	0,4582	1,2487
	Al^2O^3	0,1120	0,1508	0,1364	0,3992	0,9484
Rapport $\frac{SiO^2}{Al^2O^3}$		1,917	1,955	1,97		

Mica (préparé en broyant finement des feuilles de ce minéral).

Opérations successives.		1re	2e	3e
Durée de l'expérience.		1min,5	15 minutes	20 minutes
Quantités dissoutes	SiO^2	0,0245	0,006	0,0023
	Al^2O^3	traces	traces	traces
Silice p. 100 dissoute		0,980	0,240	0,092

(1) La potasse caustique employée contenait 0,0022 p. 100 de SiO^2 et 0,0012 d'Al^2O^3.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Mica magnésien.

Durée de l'expérience		15 minutes
Quantités dissoutes	SiO^2	0,0125
	Al^2O^3	0,0077
Rapport $\frac{SiO^2}{Al^2O^3}$		2,76

Feldspath orthose.

Opérations successives		1re	2e
Durée de l'expérience		1min,5	15 minutes
Quantités dissoutes	SiO^2	0,0166	0,007
	Al^2O^3	traces	traces
Silice dissoute p. 100		0,664	0,028

Quartz broyé du Limousin.

Opérations successives		1re	2e
Durée de l'expérience		15 minutes	2 heures
Quantités dissoutes	SiO^2	0,0288	0,0504
Silice dissoute p. 100		1,06	1,50

Quartz (Sable siliceux de Fontainebleau).

Opérations successives	1re	2e	3e
Durée	2 minutes	1min,5	3 minutes
Silice dissoute	0,0133	0,0054	0,0123
Pour cent	0,53	0,21	0,49

Mélange de 80 parties d'argile de Condé et 20 de quartz broyé.

Durée		2min,5
Quantités dissoutes	SiO^2	0,0762
	Al^2O^3	0,0623
Rapport $\frac{SiO^2}{Al^2O^3}$		2,07

Les conclusions qui ressortent de l'ensemble de ces expériences sont que :

1° L'argile, le kaolin, le mica sont attaqués par l'acide sulfurique bouillant; le feldspath et le quartz résistent à cette action :

2° L'argile, le kaolin, le mica magnésien sont décomposés par une solution bouillante de potasse caustique (D = 1. 08); le quartz n'est que faiblement attaqué, le mica et le feldspath résistent presque complètement à cette attaque.

Dans cette étude de l'action d'une solution de potasse caustique portée à l'ébullition sur les argiles, je me suis mis aussi exactement que me le permettait le texte du mémoire de Brongniart et Malaguti (1) dans les conditions où ils avaient opéré, voulant contrôler leurs résultats qui, *a priori*, me semblaient douteux.

(1) *Académie des sciences*, octobre 1841.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Mes expériences conduisent à des conclusions en totale contradiction avec les leurs.

Brongniart et Malaguti avaient espéré, en essayant l'action de la solution de potasse caustique à l'ébullition sur les kaolins, dissoudre la silice et l'alumine provenant du silicate décomposé et n'attaquer ainsi que la véritable partie argileuse contenue dans la terre soumise à l'étude; ils écrivent en effet :

« Nous devons, par ce procédé, enlever de la silice et de l'alumine, dont les rapports varieront suivant la nature du silicate alumineux auquel ces deux corps appartenaient.

« Dès nos premiers essais, nous avons vu que, lorsqu'on fait bouillir une argile kaolinique pendant une minute ou tout au plus une minute et demie dans une dissolution aqueuse de potasse à l'alcool de la densité 1,075, elle abandonne une certaine quantité de silice sans trace d'alumine. »

Se basant sur ce fait, qui est erroné, ils conclurent à la formule $3SiO^2, 2Al^2O^3, 4H^2O$ pour le plus grand nombre des argiles, formule qui diffère très notablement de celle admise généralement aujourd'hui et qui, d'après les nombreux travaux de divers auteurs, est $2SiO^2, Al^2O^3, 2H^2O$.

Mes expériences sur l'action d'une solution de potasse sur les argiles citées plus haut montrent que les premières idées de Brongniart et Malaguti sur ce sujet étaient les vraies, et qu'ils furent détournés de la vérité par une erreur d'expérience; il y a, en effet, toujours dissolution simultanée de silice et d'alumine quand on traite une argile par une solution bouillante de potasse caustique de la densité 1,08. Comment l'alumine qui se dissout dans la potasse en même temps que la silice, par suite de la décomposition du silicate alumineux mis en expérience, a-t-elle pu échapper à leurs recherches? C'est ce que je ne puis m'expliquer; leur mémoire ne contient du reste, sur le mode opératoire qu'ils ont suivi, aucun détail qui puisse indiquer la cause d'erreur.

L'expérience m'ayant montré que l'alumine et la silice provenant du silicate décomposé restent en dissolution dans la potasse, comme le supposaient Brongniart et Malaguti quand ils entreprirent ce mode d'investigation, j'ai repris ce procédé d'étude des argiles conjointement avec l'attaque par l'acide sulfurique en me basant sur leur première manière de voir, qui seule est d'accord avec l'expérience. Ces savants disent en effet, dans leur mémoire :

« Si on jette les yeux sur le tableau de nos analyses (faites par décomposition des argiles par l'acide sulfurique), on verra que, sur 31 argiles kaoliniques, il n'y en a que 3 qui n'aient pas donné, outre l'alumine, de la chaux, de la magnésie, de la potasse et de la soude, et la quantité collective de ces trois dernières bases a oscillé entre 9,17 à 0,30 pour cent d'argile pure. Les analyses de Forchammer, faites par le même procédé, donnent lieu à la même réflexion.

« Or, ces quantités quelconques de bases étrangères à l'argile ne peuvent se

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

trouver mélangées avec elles qu'à l'état de silicate : la quantité totale de silice obtenue par l'action des alcalis doit donc représenter non seulement la quantité qui appartient à la véritable argile, mais encore la quantité qui était liée aux bases qui l'accompagnent. »

J'ajouterai : et qui sont décomposées en même temps qu'elle par l'acide sulfurique.

D'après cela, si on attaque par l'acide sulfurique une argile contenant du mica, l'expérience ayant établi que le mica est décomposé par l'acide sulfurique, l'argile et le mica seront décomposés et, dans la liqueur débarrassée de la silice et de l'alumine, on trouvera des quantités de potasse, de soude, de magnésie, de chaux proportionnelles à la quantité de mica contenue dans l'argile.

Nous avons vu que la solution de potasse bouillante n'attaque que l'argile ; si donc on soumet à cette action un mélange d'argile et de mica blanc, on trouvera dans la liqueur de la silice et de l'alumine dans le rapport où elles existaient dans l'argile, comme l'avaient d'abord supposé Brongniart et Malaguti.

Si l'argile mise en étude contient, comme cela se présente quelquefois, d'autres silicates alumineux dans lesquels le rapport de la silice à l'alumine est différent de 2, on arrivera, par des attaques successives par la solution bouillante de potasse, à en reconnaître la présence.

C'est en me basant sur ces faits que j'ai fait l'étude d'un certain nombre d'argiles choisies de qualités et de provenances très diverses.

Kaolinite. — La kaolinite est un silicate d'alumine hydraté $2SiO^2\,Al^2O^3\,2H^2O$ cristallisé.

L'échantillon que j'ai analysé provenait de l'Utah (U. S.) : il m'a été procuré par M. H. Le Chatelier, ingénieur en chef des mines (1). A l'œil nu, il se présente sous l'aspect de petites paillettes brillantes d'un éclat comparable à celui du mica blanc ; vu au microscope, il apparaît nettement cristallisé, sous forme de tables minces hexagonales transparentes.

La kaolinite n'acquiert la plasticité propre aux kaolins qu'après un broyage prolongé qui, en brisant les cristaux, permet à leurs débris de faire pâte avec l'eau. Si on traite directement les cristaux de kaolinite, avant broyage, par l'acide sulfurique chaud, ils ne s'attaquent que lentement ; l'état cristallisé de la kaolinite la rend donc moins attaquable par l'acide sulfurique que lorsqu'elle est en débris plus ténus, comme elle se rencontre dans les kaolins et les argiles, terres qui sont en partie formées de ce minéral, comme nous le verrons dans la suite de ce travail. La kaolinite cristallisée se comporte donc, vis-à-vis de l'acide sulfurique, comme le mica imparfaitement broyé. Après trois attaques successives de la kaolinite de l'Utah, il restait encore un résidu blanc d'aspect soyeux.

(1) Je dois la plupart des diverses argiles que j'ai étudiées à l'obligeance de M. Le Chatelier.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La kaolinite brunit légèrement quand on la calcine, ce qui indique la présence de débris organiques dans cette matière.

L'analyse m'a donné les résultats suivants, auxquels je joins ceux obtenus par M. S. W. Johnson pour une kaolinite de Summit Hill, Pensylvanie (*American Journal of Sciences*, II, 43-354).

	Kaolinite		Théorie
	de l'Utah.	de Summit Hill.	pour 2 SiO^2 Al^2O^3 2 H^2O
SiO^2	45,64	45,93	46,64
Al^2O^3	39,78	39,81	39,45
F^2O^3	traces	»	»
CaO	»	»	»
Alcalis	»	»	»
H^2O	14,44	14,02	13,91
Eau hygroscopique	0,12	»	
	99,98	99,76	

L'analyse de la kaolinite de l'Utah conduit aux rapports $1,94\,SiO^2.Al^2O^3.2,05\,H^2O$, très voisins de $2SiO^2\,Al^2O^3\,2H^2O$, formule généralement admise présentement pour le kaolin pur, bien que plusieurs auteurs continuent à donner, dans des publications récentes, la formule erronée $3SiO^2.2Al^2O^3.4H^2O$, écrite en équivalents ($Al^2O^3.Si0^3\ 2HO$) par Brongniart et Malaguti.

KAOLINS

Que les kaolins proviennent de la décomposition des roches feldspathiques par les agents atmosphériques ou qu'ils aient été formés par un phénomène géologique postérieur à la production des feldspaths et des micas, on conçoit, dans les deux cas, qu'ils pourront être plus ou moins mélangés de débris des roches en contact desquelles ils se trouvent constamment.

On doit donc s'attendre à trouver fréquemment, dans les kaolins, des débris de quartz, de feldspaths, de micas et sans doute aussi d'autres minéraux. Si ces débris de roches sont de dimensions suffisantes, on les reconnaîtra facilement, on pourra les séparer par lévigation ; mais, si ces débris sont excessivement ténus, le lavage, même avec une eau ammoniacale, n'aura plus aucun effet et on ne pourra, comme je l'ai précédemment montré (1), rien séparer ; il faut recourir alors aux procédés chimiques pour en reconnaître la nature.

Si on attaque un kaolin par l'acide sulfurique, la liqueur provenant de cette attaque contiendra, comme il a déjà été dit, non seulement l'alumine du silicate d'alumine hydraté, mais encore l'alumine et la potasse (avec des traces de soude) contenues dans le mica qui accompagnait le kaolin ; le quartz et le feldspath résisteront à cette attaque.

(1) G. Vogt, *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 9 juin 1890.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ce mode d'investigation permettra donc de connaître plus à fond la composition des kaolins et des argiles.

Plusieurs chimistes se sont servis du traitement par l'acide sulfurique pour étudier les kaolins et les argiles; mais si quelques-uns comme Mitscherlich ont reconnu, dans le produit de cette attaque, la présence des alcalis, aucun n'a cherché à en expliquer la provenance.

Récemment, Seger, directeur du laboratoire des Recherches à la manufacture royale de Charlottenburg, a fait de nombreuses analyses de kaolins et d'argiles par l'acide sulfurique : quand il trouve, dans la partie soluble, de la magnésie, de la potasse et de la soude, il les considère, pour établir la formule du silicate dissous, comme se substituant à l'hydrogène dans la formule $2\,SiO^2.Al^2O^3 2.H^2O$.

Si on applique cette manière de voir à des kaolins ne contenant que peu d'alcalis dans la partie soluble, la formule ne s'écarte que peu de $2\,SiO^2\,Al^2O^3, 2H^2O$, mais si on a affaire à des kaolins riches en alcalis dans la partie soluble, comme le sont ceux de Chine ou du Japon, on voit de suite que les rapports déduits des calculs ne concordent plus avec la formule du silicate d'alumine hydraté.

Les résultats obtenus par Seger, pour la partie soluble dans SO^4H^2 d'une pâte japonaise, et par moi de la partie soluble d'une pâte de la Manufacture Impériale de Chine sont :

	Pâte du Japon.	Pâte de Chine.
SiO^2	45,21	44,14
H^2O^3	37,82	38,00
Fe^2O^3	1,47	1,63
CaO	0,26	0,38
K^2O	7,06	4,71
Na^2O	0,06	1,03
H^2O	8,09	10,09

Si on calcule en groupant les alcalis avec l'eau de constitution, comme le faisait Seger, on trouve :

Pour la pâte du Japon	2,01 SiO^2	Al^2O^3	1,51 M^2O
Pour celle de Chine	1,93 SiO^2	Al^2O^3	1,65 M^2O

Formules qu'on ne peut évidemment pas assimiler à celle, $2\,SiO^2, Al^2O^3, 2\,H^2O$ de la kaolinite.

Si on se souvient que le mica blanc est attaquable par l'acide sulfurique, qu'il est plastique quand il est finement broyé, qu'il se trouve dans les mêmes terrains que le kaolin et que sa composition répond, d'après les travaux de M. Tschermak, à $6\,SiO^2 3\,Al^2O^3.K^2O, 2H^2O$, formule que j'ai vérifiée par l'analyse d'un mica en feuille finement pulvérisé, on peut facilement expliquer

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les rapports moléculaires trouvés ci-dessus; la matière soluble dans SO^4H^2 de la pâte japonaise peut être considérée comme un mélange de :

Une molécule de mica blanc.	6 SiO^2	3 Al^2O^3	3 M^2O
Trois molécules de kaolinite.	6 SiO^2	3 Al^2O^3	6 H^2O
En somme	12 SiO^2	6 Al^2O^3	9 M^2O

ou, en divisant par 6,2 SiO^2 Al^2O^3 1,50 M^2O, concordant avec la formule déduite de l'analyse et correspondant en poids à

50,70 de mica blanc ou muscovite,
49,30 de kaolinite.

Interprétée d'après les mêmes vues, l'analyse de la matière soluble contenue dans la pâte chinoise conduit à admettre qu'elle est formée de :

Une molécule de mica.	6 SiO^2	3 Al^2O^3	3 M^2O
Six molécules kaolinite.	12 SiO^2	6 Al^2O^3	12 H^2O
En somme.	18 SiO^2	9 Al^2O^3	15 M^2O

dont le 1/9 donne 2 SiO^2 Al^2O^3 1.66 M^2O, identique à la formule déduite de l'analyse citée ci-dessus.

J'ai vérifié cette manière de voir sur un grand nombre d'analyses faites par attaque par SO^4H^2, tant par le professeur Seger que par moi, sur des kaolins de provenances très diverses et j'ai trouvé pour toutes une concordance satisfaisante entre les données analytiques et les calculs faits en supposant que les alcalis contenus dans la partie soluble y étaient apportés par le mica blanc 6 SiO^2, 3 Al^2O^3, K^2O, 2 H^2O.

Voici quelques exemples de la composition de la partie soluble dans l'acide sulfurique de kaolins français :

	KAOLINS DU LIMOUSIN				KAOLIN des Eyzies. Matière totale. — ANALYSE
	ANALYSE	CALCUL POUR 25 mica 75 kaolinite	ANALYSE	CALCUL POUR 8,4 mica 91,6 kaolinite	
SiO^2.	46,33	46,21	45,37	46,12	46,69
Al^2o^3, Fe^2O^3.	39,06	39,48	39,60	38,68	39,26
CaO, MgO	0,11	0,22	0,26	0,07	0,48
K^2O	2,22	2,25	0,76	0,76	traces
Na^2O	0,27	0,17	0,26	0,06	traces
H^2O	11,74	11,68	13,73	13,13	13,82

On a pris pour base de ces calculs les chiffres trouvés par l'analyse d'un échantillon de mica blanc.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les écarts qu'on observe entre les résultats de l'analyse et ceux des calculs, quand la teneur en mica est faible, s'expliquent par le fait que, dans ce cas, les erreurs d'analyse, portant sur des nombres moindres, prennent une plus grande importance dans le calcul.

Interprétant de même les résultats de l'analyse de la partie soluble de kaolins publiés par le professeur Seger on trouve :

	PARTIE SOLUBLE du kaolin de Tresmona	CALCUL POUR 11 mica 89 kaolinite	PARTIE SOLUBLE du kaolin employé à Hal (Belgique).	CALCUL POUR 25 mica 75 kaolinite	TOTALITÉ du kaolin presque pur de Ledez.
SiO^2.	45,98	46,31	45,83	46,23	45,36
$Al^2o^3 + Fe^2O^3$	40,09	39,59	39,61	39,51	40,30
CaO, MgO.	0,45	0,10	0,93	0,20	0,20
K^2O.	0,99	1,00	2,03	2,00	0,21
Na^2O.	»	»	0,24	0,15	»
H^2O.	13,28	12,92	11,34	11,94	14,02

Ces analyses et leurs interprétations permettent d'établir que les kaolins sont quelquefois de la kaolinite pure, comme dans ceux des Eyzies et de Ledez, mais que, le plus souvent, ils contiennent une certaine quantité de mica blanc $6\,SiO^2.\,3Al^2O^5.\,K^2O.\,H^2O$, dont la proportion peut atteindre 20 à 25 p. 100 dans les kaolins d'Europe et même 60 p. 100 dans ceux employés à la fabrication de la porcelaine en Chine et au Japon.

La présence de la potasse, signalée depuis longtemps par Mitscherlich dans la partie soluble dans SO^4H^2 des kaolins, se trouve ainsi expliquée : c'est le mica qui l'apporte. Si cette explication a jusqu'ici échappé à ceux qui se sont occupés de cette question, c'est parce que le mica blanc était généralement réputé inattaquable par l'acide sulfurique, et qu'on n'avait pas constaté que, finement pulvérisé, il acquiert une plasticité analogue à celle des kaolins et que, comme eux, à cet état, il se tient pendant un temps fort long en suspension dans l'eau alcaline.

De ce que le mica (muscovite) broyé jusqu'au point où il a perdu son brillant éclat, mélangé à l'eau, devient plastique, on peut conclure que cette matière, qui, dans son état ordinaire, ne semble pas devoir jouir de cette propriété, ne l'acquiert que parce que ses débris finement pulvérisés sont formés de lamelles très minces, qui s'imbriquent les unes sur les autres comme les écailles d'un poisson et sont retenues entre elles par l'eau qui, par capillarité, forme le lien mobile qui permet à la pâte ainsi faite de se mouler, de se tourner, de garder toutes les formes qu'on lui donne. On comprend du reste que, plus les lamelles seront de petites dimensions, plus la souplesse de l'ensemble sera grande, plus la plasticité sera parfaite.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Cette manière d'expliquer la plasticité s'applique aussi à la kaolinite; en effet, les cristaux de kaolinite sont de très petites dimensions, ils se présentent aussi sous forme de lamelles hexagonales d'une très grande minceur. L'eau s'interposant entre ces fines lamelles les fera adhérer les unes aux autres, et l'on aura ainsi une pâte qui sera d'autant plus plastique que les éléments qui la composeront seront plus ténus; les kaolins, dans lesquels on reconnaît plus facilement les cristaux de kaolinite, sont moins plastiques que les argiles dans lesquelles la forme des débris de ce minéral ne sont plus que très difficilement reconnaissables au microscope.

ARGILES

La composition $2SiO^2$, Al^2O^3, $2H^2O$ est aujourd'hui admise pour les kaolins par la plupart des chimistes et des minéralogistes, mais on donne encore le plus souvent aux argiles des formules assez variées; ainsi on trouve, dans le traité de minéralogie de M. Lapparent, $5SiO^2$, $2Al^2O^3$, $4H^2O$ et $5SiO^2$, Al^2O^3, $3H^2O$, attribuées à la terre de pipe, la terre à poteries de grès et à faïences, l'argile réfractaire ou terre à creusets. Si on étudie avec soin les argiles les plus diverses, on est amené, dans la majorité des cas, à reconnaître qu'elles sont surtout composées du silicate $2SiO^2$, Al^2O^3, $2H^2O$, la kaolinite.

J'ai soumis à l'analyse les argiles réfractaires de Dreux (Eure), de Mussidan (Dordogne), de Hesdin près Montreuil (Pas-de-Calais), l'argile de Condé près Houdan (Seine-et-Oise) rangée par Salvétat parmi les argiles smectiques, les argiles à grès de Rambervillers (Vosges) et de Saint-Amand en Puisaye (Nièvre).

Argile de Dreux. — L'argile de Dreux est très réfractaire et a une grande plasticité; elle est employée à Sèvres à la confection des étuis destinés à cuire les porcelaines; elle est blanc grisâtre, on la trouve déposée en petites masses éparses dans les dépressions du terrain crayeux; séchée à l'air, elle retient une assez grande quantité d'eau.

Après dessiccation à 120°, l'analyse lui indique la composition suivante :

		Attaque par SO^4H^2.	
	Totale.	Partie soluble.	Partie insoluble.
SiO^2	59,45	36,88	22,34
Al^2O^3 Fe^2O^3	27,88	29,97	»
Fe^2O^3	2,01		
CaO	0,50	0,61	»
MgO	0,11	0,11	»
K^2O	0,19	0,19	»
Na^2O	0,23	0,23	»
Perte au rouge H^2O	10,10	10,10	»
	100,37	78,09	22,34

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La partie insoluble est composée de sable quartzeux excessivement fin, qui ne peut être séparé de l'argile par lévigation.

L'argile de Dreux contient donc 22,34 de sable quartzeux et 78,09 d'une matière argileuse dont la composition centésimale est :

SiO^2	47,25
Al^2O^3, Fe^2O^3	38,38
CaO	0,15
MgO	0,64
K^2O	0,24
Na^2O.	0,29
H^2O	12,93

Le rapport moléculaire de la silice à l'alumine, dans cette argile, est 2,082, et celui de l'eau à l'alumine 1,912; sa formule est donc celle de la kaolinite. On a négligé ici de tenir compte des petites quantités de bases trouvées dans cette argile; elles sont en trop faibles quantités pour qu'on puisse en établir la nature; en tous cas, elles proviennent d'un silicate alcalin attaquable par l'acide sulfurique.

Bien que les résultats de l'analyse conduisent, pour l'argile de Dreux, au rapport $\frac{SiO^2}{Al^2O^3} = 2{,}08$, j'ai néanmoins soumis cette argile, comme la plupart de celles que j'ai étudiées, à l'action d'une solution bouillante de potasse caustique. En faisant bouillir un quart d'heure 100^{cm3} de solution à 10 p. 100 de potasse sur $2^{gr},50$ d'argile de Dreux, il se dissout :

SiO^2	0,0953.	$\frac{SiO^2}{Al^2O^3} = 2{,}041.$
Al^2O^3	0,0790	

résultat concordant avec celui déduit de l'analyse de la partie soluble dans SO^2H^4. L'argile réfractaire de Dreux est donc un mélange de :

22,3 de sable quartzeux,
78,1 de silicate d'alumine hydraté $2\,SiO^4\,Al^2O^3\,2\,H^2O$.

Argile de Mussidan. — L'argile de Mussidan (Dordogne) est gris clair, plastique et réfractaire; elle est employée à la fabrication de creusets à fondre l'acier. Séchée à l'air libre, elle retient 5,24 p. 100 d'eau, qu'elle perd en la chauffant pendant plusieurs heures à 120°.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Son analyse par le carbonate de soude, l'acide fluorhydrique puis par l'acide sulfurique chaud conduit aux résultats suivants :

	Total par Na^2CO^3, HFl	Attaque par SO^4H^2. Partie insoluble.	Attaque par SO^4H^2. Partie soluble.	Composition p. 100 de la partie soluble.
SiO^2	47,93	1,72	46,01	46,68
Al^2O^3	36,57	0,15	36,54	38,72
Fe^2O^3	1,63	»	1,63	
CaO	0,45	0,02	0,47	0,48
MgO	0,26	»	0,26	0,26
K^2O	0,86	traces	0,84	0,85
Na^2O	0,33		0,32	0,33
Perte au rouge, H^2O	12,49	»	12,49	12,67
	100,52	1,89	98,56	99,99

Cette argile est, comme on le voit, presque complètement décomposée par l'acide sulfurique chaud; la partie insoluble semble contenir des traces de feldspath ou bien du mica en débris assez gros pour échapper à une attaque insuffisamment prolongée; la partie dissoute renferme un peu plus d'alcalis que l'argile de Dreux; sans tenir compte de ces bases, la formule de cette argile serait :

$$2{,}07\ SiO^2.\ Al^2O^3.\ 1{,}88\ H^2O$$

Si, par le calcul, on rapporte les alcalis trouvés à la présence de mica blanc (qui ici pourrait bien être mélangé d'un mica magnésien), on arrive à expliquer la diminution de l'eau de constitution et la teneur en bases alcalines; la partie soluble de l'argile de Mussidan serait, d'après cela, un mélange de :

	SiO^2.	Al^2O^3.	M^2O.	H^2O
86 de kaolinite	40,11	33,92	»	11,96
14 de mica	6,30	5,36	1,65	0,63
	46,41	39,28	1,65	12,59

Les nombres déduits de ce calcul concordent d'une façon assez satisfaisante avec ceux trouvés directement par expérience pour qu'on puisse admettre cette interprétation.

Pour vérifier le rapport trouvé $\frac{SiO^2}{Al^2O^3} = 2{,}07$, j'ai soumis $2^{gr},50$ d'argile de Mussidan à l'action d'une solution de potasse à 10 p. 100 portée pendant un quart d'heure à l'ébullition; la liqueur potassique contient, après cette action :

SiO^2	0,1056
Al^2O^3	0,0894

Dont le rapport $\frac{SiO^2}{Al^2O^3} = 2{,}00$.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'argile de Mussidan est donc composée de

Kaolinite $2\,SiO^2\,Al^2O^3\,2\,H^2O$.	84,35
Mica.	13,73
Sable quartzeux légèrement feldspathique.	1,92
	100,00

Argile d'Hesdin. — Cette argile réfractaire, à laquelle on donne le nom de collyrite, m'a été proçurée par M. H. Le Chatelier, qui me l'a remise parce qu'il savait que sa richesse en alumine était supérieure à celle du silicate $2\,SiO^2\,Al^2O^3\,2\,H^2O$.

Elle est d'une couleur blanc jaunâtre, elle ne fait qu'assez difficilement pâte avec l'eau, elle retient, séchée à l'air, une grande quantité d'eau et est soluble presque en totalité dans l'acide sulfurique chaud; elle contient un peu de fer et des traces d'acide titanique dont la présence a été constatée par l'eau oxygénée.

Un échantillon séché à l'air libre, décomposé par SO^4H^2 donne :

	Soluble.	Insoluble.
SiO^2.	36,53	0,29 (grains de quartz)
Al^2O^3	35,52	»
Fe^2O^3	0,60	»
CaO.	0,45	»
MgO.	0,05	»
Na^2O	0,29	»
K^2O.	traces	»
H^2O (perte au rouge) . . .	13,40	»
Perte d'H^2O jusqu'à 120°. . .	12,61	»
	99,45	0,29 = 99,74

Si on cherche la formule qui correspond à ces chiffres en ne considérant comme combinée que l'eau qui reste après 120°, on trouve : $1{,}719\,SiO^2\,Al^2O^3\,2{,}10\,H^2O$, formule qui s'éloigne notablement, pour la silice surtout, de celle de la kaolinite. Est-on en présence d'un silicate d'alumine spécial, ou a-t-on affaire à un mélange de silicates? C'est ce que le traitement par une solution chaude de potasse caustique à 10 p. 100 m'a permis d'élucider.

Comme de l'alumine hydratée libre, sous forme d'hydargillite par exemple, aurait pu se trouver dans cette matière, j'ai d'abord traité $2^{gr},5$ d'argile d'Hesdin séchée à l'air par une solution de potasse froide pendant 2 heures et demie; après ce temps, la liqueur potassique ne contient que peu de matières dissoutes; on y trouve :

SiO^2.	0,0428
Al^2O^3.	0,0678

dont le rapport $\frac{SiO^2}{Al^2O^3} = 1{,}067$.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ce n'est donc pas de l'alumine hydratée libre qui se trouve dans cette argile, mais probablement un silicate d'alumine de formule $SiO^2\ Al^2O^3\ nH^2O$.

L'attaque par la solution potassique à l'ébullition confirme nettement cette manière de voir; ainsi, après 30 minutes d'action de cette solution sur $2^{gr},50$ de matière, on trouve dans la liqueur :

$$SiO^2 = 0,2182 \qquad Al^2O^3 = 0,3549 \qquad \text{Rapport } \frac{SiO^2}{Al^2O^3} = 1,039.$$

Si, sur une même quantité, on répète successivement cette attaque par une dissolution bouillante de potasse, on arrive aux résultats suivants :

Temps d'ébullition.	5 minutes	15 minutes	28 minutes
Silice dissoute.	0,2072	0,2492	0,2524
Alumine dissoute	0,3157	0,2368	0,2081
Rapport $\frac{SiO^3}{Al^2O^3}$	1,115	1,78	2,06

Le résidu de ces opérations successives analysé par l'acide sulfurique chaud donne :

SiO^2	0,1122
Al^2O^3.	0,0967

Nombres qui correspondent au rapport $\frac{SiO^2}{Al^2O^3} = 2,10$.

L'argile d'Hesdin contient donc, en se basant sur ces résultats, un silicate $SiO^2\ Al^2O^3\ nH^2O$ et un autre silicate, $2\ SiO^2\ Al^2O^3\ nH^2O$, très vraisemblablement la kaolinite; le doute ne subsiste plus que sur le nombre de molécules d'eau contenues dans chacun de ces silicates.

La présence de silicate à une molécule de silice est nettement mise en évidence par l'action de la solution potassique.

Cette argile n'est donc pas de la collyrite, comme on lui en donne le nom; en effet, la collyrite a, d'après Dana (XI^e édition, p. 420) la formule $SiO^2\ 2\ Al^2O^3\ 9\ H^2O$, qui correspond à 14,14 de SiO^2 pour 48,02, Al^2O^3. Du reste, Dana considère la collyrite elle-même comme un mélange d'hydargillite $Al^2O^3\ 3\ H^2O$ et d'allophane $Al^2O^3\ SiO^2\ 6\ H^2O$.

Cette interprétation de la composition de la collyrite a appelé mon attention sur l'allophone et j'ai cherché à vérifier si le silicate en SiO^2, attaqué le premier par la solution de potasse, était ce minéral.

Si nous sommes en présence d'allophane, silicate auquel on donne pour formule $Al^2O^3\ SiO^2\ 6\ H^2O$ ou $5\ H^2O$ (1) (Dana, XI^e édition, p. 419), on pourra le

(1) Une analyse que j'ai faite d'allophane séchée un mois sur l'acide sulfurique m'a conduit àla formule $Al^2O^3\ SiO^2\ 4\ H^2O$.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

démontrer en cherchant à quelle température il perd son eau de constitution; M. Le Chatelier a, en effet, montré que ce corps perd toute son eau avant 200° et que la kaolinite ne la perd que bien après 400° (Le Chatelier *Bulletin de la Société chimique*, tome 48, p. 116, 1887).

J'ai, dans ce but, dosé l'eau perdue par l'argile d'Hesdin.

1° A la température ordinaire dans un courant d'air sec;

2° A l'étuve à 90°;

3° A une température comprise entre 200° et 250°;

4° Au rouge vif.

Dans la première opération, qui a duré 50 heures pour obtenir la contenance entre deux pièces successives, j'ai trouvé 11,42 p. 100 d'eau; et 12,24 p. 100; dans la seconde à 90°.

L'eau totale perdue à 200-210° après 40 heures a été de 14,45 p. 100; après 20 heures en plus à 250°, la perte a été de 15,54; au rouge vif, la perte totale atteint 26,28 p. 100.

L'argile d'Hesdin perd donc

Séchée dans un courant d'air sec	11,42
De la température ambiante à 250°	4,12
De 250° au rouge vif	10,74
Total	26,28

S'en rapportant aux expériences de M. Le Chatelier, on peut admettre que les 4,12 p. 100 d'eau partis avant 250° appartiennent à l'allophane, les 10,74 à la kaolinite, les 11,42 étant de l'eau hygrométrique.

Si on calcule dans quelles proportions doivent être mélangés deux silicates l'un $2SiO^2\,Al^2O^3\,2H^2O$ et l'autre $SiO^2\,Al^2O^3\,5H^2O$ pour donner le rapport $\frac{SiO^2}{Al^2O^3} = 1\,72$, trouvé par l'analyse, on arrive environ aux nombres suivants:

70 Kaolinite,
20 Allophane.

Mélange qui, en y ajoutant l'eau hygrométrique, aurait la composition centésimale suivante :

	SiO^2	Al^2O^3	H^2O
70 Kaolinite	32,48	27,79	9,76
20 Allophane	4,76	8,09	7,14
Eau hygroscopique à ajouter	»	»	10,42
	37,24	35,88	27,32

Ces résultats sont assez voisins de ceux trouvés par l'analyse directe pour donner, ajoutés aux dosages de l'eau et à l'action de la solution de po-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tasse, une grande probabilité à la présence de l'allophane dans cette argile, et cela d'autant plus que ce calcul a été fait en supposant à ce minéral et à la kaolinite les formules théoriques bien que l'analyse y ait décelé la présence de petites quantités de chaux et de soude dont il n'a pas été tenu compte ici.

Je crois donc pouvoir conclure que l'argile d'Hesdin est un mélange de kaolinite et d'allophane. minéral qui en élève la teneur en alumine; en tous cas, la présence du silicate $2SiO^2\ Al^2O^3\ 2H^2O$ est nettement établie.

Argile de Condé. — L'argile de Condé près Houdan (Seine-et-Oise) est réfractaire, d'une texture très fine, douce au toucher; elle est grisâtre, translucide, d'aspect corné; séchée à l'air, elle retient encore une grande quantité d'eau, cette terre a été rangée parmi les argiles smectiques.

Son analyse 1° par l'acide fluorhydrique, puis le carbonate de soude en fusion; 2° par l'acide sulfurique chaud, donne les résultats consignés ci-dessous :

		Attaque par SO^4H^2	
	Analyse totale.	Partie insoluble.	Partie soluble.
SiO^2	46,30	5,69	40,34
Al^2O^3	29,92	0,22	29,76
Fe^2O^3	1,24	»	1,24
CaO	0,46	0,04	0,52
MgO	0,50	»	0,46
K^2O	0,51	0,06	0,44
Na^2O	0,21	0,04	0,20
Eau combinée	11,27	»	11,27
Eau à 120°	9,32	»	9,32

La composition centésimale de la partie soluble, séchée à 120°, est donc :

SiO^2	47,89
Al^2O^3	35,33
Fe^2O^3	1,47
Cao	0,61
MgO	0,54
K^2O	0,52
Na^2O	0,24
Perte au rouge H^2O	13,37
	99,97

Si, sans tenir compte des petites quantités d'alcalis et de terres alcalines qui semblent indiquer, dans cette argile, la présence de micas potassique et magnésien ou de débris d'un autre silicate, on calcule les rapports de la silice à l'alumine et à l'eau, on obtient :

$$2{,}21\ SiO^2,\ Al^2O^3,\ 2{,}05\ H^2O.$$

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nombres qui s'écartent un peu de ceux qui correspondent à la kaolinite.

En soumettant $2^{gr},5$ de l'argile de Condé aux actions successives de solutions bouillantes de potasse caustique à 10 p. 100, on trouve dans les liqueurs filtrées :

Temps d'ébullition. .	$1^{min},5$	15 minutes	60 minutes	Total des 3 attaques.
SiO^2.	0,1538	0,2348	0,2072	0,5958
Al^2O^3.	0,1292	0,1928	0,1740	0,4960
Rapport $\frac{SiO^2}{Al^2O^3}$	2,02	2,06	2,02	

Le résidu de ces trois attaques est décomposé par l'acide sulfurique chaud, on y constate la présence de :

$$\begin{matrix} SiO^2 = 0,3710 \\ Al^2O^3 = 0,2710 \end{matrix} \quad \text{Rapport } \frac{SiO^2}{Al^2O^3} = 2,33.$$

Ces expériences montrent que l'argile de Condé, comme les précédentes, est surtout formée d'un silicate $2SiO^2\ Al^2O^3\ 2H^2O$ mélangé à un autre silicate plus acide, qui résiste mieux à l'action de la solution de potasse caustique.

En résumé, toutes ces argiles plastiques et réfractaires correspondent, pour leur partie décomposable par l'acide sulfurique, à la formule de la kaolinite $2SiO^2\ Al^2O^3\ 2H^2O$; elles contiennent, en plus, du sable quartzeux qui forme la majeure partie de la partie insoluble, de petites quantités de débris de roches micacées, et aussi d'autres silicates dans lesquels le rapport de $\frac{SiO^2}{Al^2O^3}$ est supérieur à 2.

Argile à grès. — Ces argiles sont, le plus souvent, de couleur foncée, presque noire; cette couleur est due à la présence de matières charbonneuses disséminées dans leurs masses; ces matières charbonneuses disparaissent en effet par une cuisson en un lieu oxydant, l'argile devient alors d'un ton blanc d'autant plus pur qu'elle contient moins d'oxyde de fer et d'acide titanique. Les argiles à grès sont en général très plastiques, malgré la quantité souvent assez grande de fin sable quartzeux qu'elles renferment; leur plasticité est différente de celle des kaolins et des argiles réfractaires; elles présentent sous la pression du doigt une élasticité analogue à celle du caoutchouc : elles tendent à revenir, après avoir été comprimées, vers leur position première.

On trouve, dans ces argiles, des quantités notables de potasse et souvent de la magnésie; l'eau de combinaison est moindre que dans les kaolins ou les argiles réfractaires, faits qui permettent de conclure que ces argiles spéciales renferment, outre la kaolinite, des qualités importantes de débris de micas.

J'ai analysé trois de ces terres à grès, l'une provenant des Gâtines près Saint-Amand-en-Puisaye (Nièvre), les deux autres de Rambervillers (Vosges).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'argile des Gâtines est douce au toucher, d'une couleur grise très foncée; elle se met facilement en suspension dans un excès d'eau, ses particules produisent alors, quand on les agite, un brillant miroitement qui semble provenir plutôt des débris de micas que de ceux de la kaolinite.

Analysée par attaques successives par le carbonate de sodium en fusion, l'acide fluorhydrique, puis enfin par l'acide sulfurique bouillant, elle donne :

		Attaque par SO^4H^2.	
	Analyse totale.	Partie soluble.	Partie insoluble.
SiO^2.	64,17	24,00	40,28
Al^2O^3.	20,56	19,57	0,99
Fe^2O^3	1,01	0,97	»
TiO^2.	0,82	0,82	»
CaO.	0,23	0,09	0,11
MgO.	»	traces	»
K^2O.	1,82	1,62	0,19
Na^2O	0,38	0,31	0,07
Perte au rouge (eau et matières organiques).	6,44	6,44	»
Eau hygrométrique. . .	4,42	4,42	»
	100,19	58,51	41,64

La portion argileuse soluble est formée d'éléments dont les rapports sont :

$$2{,}03\ SiO^2,\ Al^2O^3,\ 0{,}113\ K^2O,\ 1{,}82\ H^2O.$$

ce qui correspond à un mélange de :

	SiO^2	Al^2O^3	K^2O	H^2O
0,11 de mica (6 SiO^2, 3 Al^2O^3, K^2O, 2 H^2O) =	0,66	0,33	0,11	0,22
0,67 de kaolinite (2 SiO^2, Al^2O^3, 2 H^2O) =	1,34	0,67	»	1,33
	2,00	1,00	0,11	1,56

ou, en poids, à 1/3 mica et 2/3 kaolinite.

Si on tient compte de la partie insoluble trouvée dans l'attaque par l'acide sulfurique, on voit que cette argile à grès est composée de :

19,5 de mica blanc,
39,0 kaolinite et eau hygrométrique,
36,8 de quartz,
4,8 de débris de roches alumineuse et potassique.

100,1

La seconde argile à grès étudiée, bien que d'une provenance différente, a donné des résultats analogues aux précédents; elle est cependant un peu plus riche en potasse et, de ce fait, plus riche en mica.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Cette argile provenait de Rambervillers, elle donne à l'analyse :

		Attaque par SO^4H^2.	
	Analyse totale.	Partie soluble.	Partie insoluble.
SiO^2	65,94	27,36	38,07
TiO^2	traces	»	»
Al^2O^3	20,13	19,72	0,49
Fe^2O^3	1,76	1,76	»
CaO	0,44	0,18	0,16
MgO	0,77	0,70	»
K^2O	2,88	2,72	0,19
Na^2O	0,49	0,44	0,06
Perte au rouge ($H^2O + C$)	5,06	5,06	»
Humidité	2,92	2,92	»
	100,39	60,86	38,97

Le calcul des rapports atomiques des éléments contenus dans la partie soluble conduit à la formule :

$$2{,}2\ SiO^2,\ Al^2O^3,\ 0{,}20\ K^2O,\ 1{,}37\ H^2O$$

qui correspond assez exactement à un mélange de :

	SiO^2	Al^2O^3	K^2O	H^2O
0,20 mica (6 SiO^2, 3 Al^2O^3, K^2O, 2 H^2O)	1,20	0,60	0,20	0,40
0,40 kaolinite 2 SiO^2, Al^2O^3, 2 H^2O	0,80	0,40	»	0,80
	2,00	1,00	0,20	1,20

ou, en poids : 61 mica, 39 kaolinite.

D'après cela, cette argile à grès contiendrait :

38,97 de quartz et petite quantité de débris de roches alumineuses et potassiques,
22,60 de kaolinite,
35,33 de muscovite,
2,92 d'humidité.

99,82

Il est à remarquer que, dans cette argile, comme dans celle de Condé, la teneur en magnésie devient plus notable, et qu'en même temps, la silice de la partie soluble augmente ; nous verrons, dans les analyses qui suivent, et où la magnésie devient encore plus importante, la silice s'accroître plus fortement. Ce fait semble indiquer la présence, dans ces argiles, d'un silicate magnésien attaquable par l'acide sulfurique, dans lequel le rapport $\frac{SiO^2}{Al^2O^3}$ est plus grand que 2.

L'analyse de la deuxième argile de Rambervillers que j'ai étudiée montre plus nettement la présence d'un silicate magnésien de ce genre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Cette seconde argile de Rambervillers est gris noir, elle est plastique, elle cuit en grès à environ 1 300°, c'est-à-dire qu'elle se vitrifie légèrement à cette température.

Sa composition centésimale correspond à :

		Attaque par SO^4H^2.	
	Analyse totale.	Partie soluble.	Partie insoluble.
SiO^2.	58,64	33,84	24,80
Al^2O^3	22,65	21,37	0,87
Fe^2O^3	2,56	2,56	»
CaO	0,21	0,18	0,08
MgO.	1,54	1,56	»
K^2O	5,14	4,31	0,65
Na^2O.	0,38	0,43	0,09
Perte au rouge (H^2O + C).	5,33	5,33	»
Humidité.	4,16	4,16	»
	100,61	73,74	26,49

La partie soluble dans l'acide sulfurique est plus importante ici que dans les deux argiles à grès analysées ci-dessus ; si on calcule les rapports des éléments contenus dans cette partie soluble, on trouve la formule :

$$2{,}50\ SiO^2\ (Al^2O^3, Fe^2O^3),\ 0{,}18\ ((MgCa)\ O,\ 0{,}23\ (K^2Na^2)O,\ 1{,}32\ H^2O$$

Nous sommes ici nettement en présence d'un mélange devant contenir un silicate dans lequel $\frac{SiO^2}{Al^2O^3}$ est supérieur à 2, autre que la kaolinite ou le mica. Ce silicate plus acide, attaquable par l'acide sulfurique, l'est aussi par une solution bouillante de potasse caustique, il ne l'est cependant que postérieurement à la kaolinite, comme le montrent les expériences suivantes :

$2^{gr},5$ de cette argile de Rambervillers ont été soumis à l'action de 100 cc. d'une solution bouillante de potasse à 10 p. 100 ; dans la solution filtrée, on trouve :

Temps d'ébullition. .	3 minutes	1 heure	3 heures
Silice.	0,0372	0,0514	0,0436
Alumine	0,0288	0,0368	0,0289
Rapport $\frac{SiO^2}{Al^2O^3}$	2,09	2,37	2,56

Le résultat de la première attaque indique la présence d'un silicate dans lequel $\frac{SiO^2}{Al^2O^3} = 2$; la deuxième et la troisième établissent qu'outre ce silicate il doit y en avoir un autre dans lequel $\frac{SiO^2}{Al^2O^3}$ est supérieur à 2.

Il est probable que le silicate, plus acide, doit contenir la magnésie trouvée par l'analyse dans la partie soluble, car la kaolinite ne contient pas cet élément

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et nous savons de plus que la muscovite n'est pas attaquée par la solution de potasse caustique.

Le silicate à 2 SiO^2 pour Al^2O^3 est de la kaolinite; mais quels sont le ou les autres minéraux dont les débris forment avec la kaolinite cette argile? C'est ce qu'on ne peut déduire des résultats de ces recherches; en effet, on ne peut savoir si la potasse ne provient que de la muscovite, ou si elle fait partie du silicate magnésien, plus acide par rapport à l'alumine dont on peut supposer la présence.

On serait tenté, par analogie, de supposer que ce silicate magnésien est de la biotite, que Delesse a rencontrée dans les calcaires des Vosges, mais les calculs faits dans cette hypothèse ne m'ont pas donné satisfaction.

Est-ce un silicate purement magnésien, chlorite, diallage hydraté ou autres? La question ne peut être tranchée.

Chaque fois que, dans une argile, la teneur en magnésie prendra une certaine importance, ce qui du reste se présente assez rarement, la silice et le fer augmenteront, l'alumine diminuera.

Argiles des marnes. — Pour terminer cette étude sur les argiles, choisies à dessein de propriétés et compositions bien différentes, j'ai fait quelques recherches sur la partie argileuse des marnes, considérées généralement comme un mélange de silicate d'alumine hydraté et de carbonate de chaux.

Deux argiles extraites des marnes ont été analysées : 1° celle contenue dans la marne d'Argenteuil, utilisée autrefois dans la fabrication de la porcelaine tendre; 2° celle provenant d'une marne extraite à Brantigny, près Piney (Aube), qui m'avait été remise par M. H. Le Chatelier.

La marne d'Argenteuil traitée par l'acide chlorhydrique faible, laisse un résidu de près du tiers de son poids d'une matière argileuse grise, plastique qui, desséchée, prend un aspect corné; on a reconnu dans cette matière la présence de pyrites et de débris végétaux.

Elle est composée de :

Craie (soluble dans HCl)	61,50
Matière argileuse	32,60
Humidité	5,09
	99,19

La solution chlorhydrique contient :

SiO^2	0,50
CO^2	25,83
Al^2O^3, Fe^2O^3, Mn^3O^4	0,75
SO^3	0,45
CaO	32,99
MgO	0,66
K^2O	0,10
Ma^2O	0,22
	61,50

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La partie entrée en dissolution est donc du carbonate de chaux presque pur.

Le résidu argileux lavé avec beaucoup de soin, attaqué par le carbonate de soude en fusion, puis par l'acide fluorhydrique, et enfin par l'acide sulfurique à l'ébullition a donné les résultats suivants :

		Attaque par SO^4H^2.	
	Analyse totale.	Partie soluble.	Partie insoluble.
SiO^2.	52,40	50,19	1,52
Al^2O^3.	15,13	15,19	»
Fe^2O^3	5,30	5,30	»
CaO.	1,33	1,16	»
MgO.	5,36	5,10	»
K^2O.	1,36	1,36	»
Na^2O	0,49	0,49	»
Soufre.	0,76	0,69	»
Perte au rouge.	8,36	8,36	»
Humidité	10,29	10,29	»
	108,78	98,13	1,52

Si on calcule la formule à laquelle conduisent les nombres trouvés pour la partie soluble, on trouve :

$$4{,}58\ SiO^2\ (Al^2O^3, Fe^2O^3) \begin{cases} 0{,}114\ CaO \\ 0{,}697\ MgO \end{cases} \begin{cases} 0{,}079\ K^2O \\ 0{,}043\ Na^2O, \end{cases}$$

rapports nettement différents de ceux que nous avons obtenus pour les argiles précédemment étudiées. La forte proportion de silice, la présence d'une quantité très notable de magnésie établissent bien que cette matière argileuse de la marne d'Argenteuil est tout autre que la kaolinite et que les argiles en général. La grande proportion de silice trouvée dans la partie soluble pourrait être due à la présence, dans cette matière, de silice hydratée. Cependant, par l'action d'une solution bouillante de carbonate de soude, et, en insistant, on n'a pu dissoudre que 1,03 pour 100 de silice.

Par l'action d'une solution bouillante de potasse caustique à 10 p. 100, en opérant sur $2^{gr},5$ avec 100 centimètres cubes de cette liqueur alcaline, les résultats ont été autres; on a obtenu en effet, par des attaques successives, les quantités suivantes :

Opérations successives	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4
Durée de chaque attaque. . . .	15 minutes	15 minutes	1 heure	1 heure
Poids dissous. . SiO^2. . .	0,2196	0,1362	0,1358	0,0441
Poids dissous. . Al^2O^3 . . .	0,0387	0,0332	0,0316	0,0184
Rapport $\frac{SiO^2}{Al^2O^3}$	9,59	7,14	4,45	4,05

La quantité de silice dissoute dans ces attaques est très importante et bien différente de ce qu'on avait obtenu par l'action du carbonate de soude en solu-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tion bouillante; il est probable que cette matière argileuse renferme une variété de silice hydratée, car il est difficile d'admettre que cette silice qui entre en dissolution provienne d'un silicate aussi riche en silice, qui serait néanmoins attaquable par la potasse en solution ainsi que par l'acide sulfurique. La décroissance de la silice par rapport à l'alumine motive encore cette manière de voir.

La matière, résidu de ces quatre attaques par la solution alcaline, a été lavée par l'acide chlorhydrique faible; on a trouvé dans ces eaux de lavage acides :

SiO^2 = 0gr,0280
Al^2O^3 = 0gr,0164
Fe^2O^3 = 0gr,0065
CaO = 0gr,0225
MgO = 0gr,0240

Les quantités relativement grandes de magnésie et de chaux contenues dans cette eau de lavage indiquent que la solution bouillante de potasse a dû décomposer un silicate renfermant ces bases. Le résidu laissé par ces traitements alcalins puis acide, pesant 1gr,3601, poids représentant un peu plus de la moitié de la matière mise en œuvre, a été attaqué par l'acide sulfurique; 96,87 p. 100 ont été décomposés, on y trouve :

Silice	45,00
Alumine	23,78
Oxyde de fer	7,00
Magnésie	8,34
Chaux	»
Potasse	6,03
Soude	1,13
Perte au rouge, H^2O	8,58
	99,86

nombres qui conduisent aux rapports moléculaires :

$$2{,}7\ SiO^2\ (Al^2O^3, Fe^2O^3),\quad 0{,}730\ MgO \left\{ \begin{matrix} 0{,}231\ K^2O \\ 0{,}065\ Na^2O \end{matrix} \right\} 1{,}7\ H^2O$$

formule bien différente, pour la silice, de ce qu'on a trouvé dans l'argile avant lavage par la potasse caustique; ce qui était à prévoir puisque la potasse avait enlevé de fortes quantités de silice par rapport à l'alumine dissoute, et qui montre qu'on est en présence d'un mélange.

Cette matière argileuse a alors une formule qui rappelle celle de $2{,}5\ SiO^2$ (Al^2O^3, Fe^2O^3), 0,18 (Mg Ca) O, 0, 23 $(K^2\ Na^2)O$, $1{,}32\ H^2O$, que nous avons trouvé pour la deuxième argile de Rambervillers.

N'est-ce là qu'une simple coïncidence? Peut-être. Cependant l'étude de l'argile extraite de la marne de Brantigny près Piney (Aube) conduit à une formule du même genre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La matière argileuse de la marne de Brantigny se présente sous des aspects analogues à celle extraite de la marne d'Argenteuil; cependant sa couleur est plus foncée.

L'analyse faite comme précédemment : 1° par attaque par $Na^2 CO^3$ puis par H Fl; 2° par décomposition par l'acide sulfurique à chaud conduit aux résultats suivants :

		Attaque par SO^4H^2.	
	Analyse totale.	Partie soluble.	Partie insoluble.
Silice	53,40	39,06	14,00
Alumine	22,72	22,86	0,46
Acide titanique	0,40		»
Oxyde de fer	6,12	6,12	»
Chaux	0,55	0,55	»
Magnésie	1,54	1,54	»
Potasse	3,98	3,73	0,25
Soude	0,58	0,51	0,07
Perte au rouge (eau et matières organiques)	7,61	7,61	»
Humidité	3,76	3,76	»
	100,66	85,74	14,78

L'oxyde de fer qui, dans ces matières argileuses des marnes, prend une certaine importance, a été ici, comme dans les analyses précédentes, compté à l'état de sesquioxyde, bien qu'il soit très probable que la majeure partie soit à l'état de protoxyde; mais on ne connaît pas de procédé pratique pour doser avec précision le protoxyde de fer en présence de matières organiques comme cela se présente pour les silicates.

La formule qu'on déduit pour la partie soluble de cette matière argileuse est :

$$2{,}50\ SiO^2,\ (Al^2O^3, Fe^2O^3) \left\{ \begin{matrix} 0{,}038\ CaO \\ 0{,}148\ MgO \end{matrix} \right. \left\{ \begin{matrix} 0{,}153\ K^2O \\ 0{,}032\ Na^2O \end{matrix} \right. \left\{ 1{,}63\ H^2O \right.$$

formule qui se rapproche encore plus que celle de la marne d'Argenteuil de celle de la partie soluble de l'argile de Rambervillers.

Je n'ai pas eu à ma disposition assez de cette matière pour pouvoir étudier comment elle se comporte sous l'action d'une solution bouillante de potasse caustique.

L'analyse seule cependant montre ici, comme pour l'argile de la marne d'Argenteuil, que ces matières diffèrent essentiellement des argiles proprement dites ($Al^2 O^3 . 2 SiO^2 . 2H^2O$) et qu'elles doivent contenir un silicate magnésien qu'un travail plus approfondi parviendrait peut-être à spécifier.

Je rapproche ci-dessous en un tableau les formules des argiles contenant de la magnésie, en y ajoutant, sans y attacher trop grande importance, celle de la biotite

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qui, comme on le sait, est attaquable par l'acide sulfurique et la lessive potassique :

Argile de Rambervillers, n° 2..	2,50	SiO^2	(Al^2O^3 Fe^2O^3)	0,18	(MgCa)O,	0,23	K^2O,	1,32 H^2O
Argile de la marne d'Argenteuil.	2,70	SiO^2	(Al^2O^3 Fe^2O^3)	0,73	(MgO),	0,29	K^2O,	1,70 H^2O
Argile de la marne de Brantigny.	2,51	SiO^2	(Al^2O^3 Fe^2O^3)	0,18	(MgCa)O,	0,185	K^2O,	1,63 H^2O
Mica magnésien (1/2 molécule).	2,50	SiO^2	(Al^2O^3 Fe^2O^3)		MgO,		K^2O	

Les conclusions auxquelles conduisent ces recherches faites sur des argiles choisies de façon à avoir des exemples bien tranchés sont :

1° Que la kaolinite, 2 SiO^2, Al^2O^3, 2H^2O est l'élément éminemment plastique, qui constitue la base de la presque totalité des kaolins et des argiles.

2° Que les alcalis qu'on rencontre dans les kaolins et les argiles y sont apportés surtout par la muscovite ou mica blanc, minéral qui, finement broyé, acquiert une plasticité et des propriétés analogues à celle de la kaolinite.

3° Que la matière argileuse des marnes, qui est de tout autre nature que la kaolinite, semble en grande partie être formée par des débris de minéraux magnésiens (biotite, chlorite ou autre).

La première de ces conclusions confirme celle à laquelle avaient été amenés, par l'étude micrographique des argiles et kaolins, MM. Johnson et Blake (1), MM. Biederman et Herzfeld (2), M. von Fritsch (3), et M. Hussak (4) et par l'étude chimique M. Seger de Berlin.

Cette manière d'envisager la composition des kaolins et des argiles ne s'est, jusqu'à présent, que peu répandue en France.

On conçoit, d'après cette façon de voir, comment varieront les qualités techniques des kaolins et des argiles, suivant la nature des débris des minéraux qui avec la kaolinite entreront dans leurs compositions.

Les argiles à porcelaine, ou kaolins, seront celles qui seront formées de kaolinite pure ou qui, du moins, ne contiendront, comme matières accessoires, que des minéraux non ferrugineux tels que quartz, feldspaths ou mica blanc.

Les argiles réfractaires ne renfermeront, outre la kaolinite, que du quartz, des minéraux purement alumineux tels que l'allophane par exemple, elles ne pourront contenir que de faibles quantités de mica.

Les argiles à grès devront leur qualité vitrescible à la présence de fortes proportions de micas, passant sous silence la fusibilité que pourraient y apporter l'oxyde de fer et la chaux, dont je ne me suis pas occupé dans cette étude.

La plasticité de ces divers argiles dépendra de la dimension des débris des minéraux qui les composeront ; plus les éléments de forme lamellaire, kaolinite et micas, seront abondants et ténus, plus la plasticité sera grande.

(1) *American Journal of Science and Arts*, 1867.
(2) *Notizblatt des deutschen Vereins fur die fabrication von Ziegeln*, 1878.
(3) *Thonindustrie Zeitung*, n° 44, 1881.
(4) *Sprechsaal*, 1889, n° 8.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

AGRICULTURE

LES APPLICATIONS DE L'ÉLECTRICITÉ COMME FORCE MOTRICE A L'AGRICULTURE

PAR M. **Paul Renaud**,
Élève à l'École de physique et de chimie industrielles de Paris (1).

L'agriculture, comme l'industrie, tend aujourd'hui de plus en plus à remplacer la force musculaire par des moteurs mécaniques à cause de la dépopulation des campagnes et par suite de la cherté de la main-d'œuvre.

La culture mécanique peut changer cette situation. Ainsi que le démontrait M. Decauville, en 1878, l'emploi des forces mécaniques n'a pas seulement pour but de diminuer la dépense de culture sur une terre donnée, mais surtout de permettre de la mieux travailler et de la mieux préparer. Si, à cela, on ajoute l'économie qu'on peut faire sur les opérations accessoires de la culture : récolte, transport, battage, par l'emploi des moyens mécaniques, on arrive à abaisser suffisamment le prix de revient pour laisser un large bénéfice au cultivateur sans changer ses prix actuels.

Depuis déjà une trentaine d'années, on a fait de nombreuses tentatives dans ce but. On a d'abord employé la vapeur, dont les premiers essais remontent à 1862 ; mais cette dernière a de graves inconvénients : d'abord une manœuvre exigeant une attention continue et un apprentissage spécial ; ensuite un matériel encombrant et très coûteux ayant besoin d'une quantité de combustible assez considérable pour l'entretenir. On a donc cherché à transporter cette énergie de façon à rendre plus libres les abords des champs. Il y avait bien l'air comprimé, l'eau sous pression et d'autres moyens appliqués dans certains genres de travaux, mais peu pratiques en agriculture.

Lorsque MM. Félix et Chrétien, de Sermaize, songèrent à l'électricité, quelques tentatives avaient déjà été faites, mais elles avaient échoué ; la faiblesse de l'équivalent mécanique de l'électricité, le peu de rendement des machines employées avaient été les causes principales de cet échec.

Ces messieurs furent plus heureux que leurs prédécesseurs. M. Félix, directeur de la sucrerie de Sermaize, ayant principalement en vue des applications à l'agriculture et à son industrie, entreprit une série d'expériences qui, grâce au concours prêté par MM. Gramme et Fontaine, purent être menées à bonne fin.

En 1878, M. Félix construisit un *appareil de débarquement pour les betteraves* (fig. 1).

Une élinde placée à l'extrémité d'un pont roulant en charpente, est articulée de manière à prendre l'inclinaison voulue ; elle est équilibrée de manière qu'un petit treuil à bras *c* suffit pour la manœuvrer facilement. Sur l'axe de rotation, est une poulie commandant une large courroie garnie de palettes en bois. Ces palettes circulent dans un couloir approprié, fixé à l'élinde, et remontent les betteraves que les ouvriers jettent à mesure dans la trémie inférieure. Arrivées au sommet, ces betteraves tombent dans le second couloir fixé qui les conduit aux wagonnets de transport.

La courroie à palettes est mise en mouvement par une machine Gramme A, placée sur le pont qui, par commande directe au moyen d'une courroie et deux engrenages, fait tourner l'arbre de l'élinde.

(1) Communication faite à la séance du 8 janvier 1897.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Un commutateur B sert à interrompre le courant fourni par une autre machine Gramme située à 200 mètres.

La réussite fut aussi complète que possible, et pendant la campagne, plus de 4 000 tonnes de betteraves furent déchargées avec une facilité et une régularité admirables. L'économie réalisée était de 30 p. 100.

Encouragé par ce premier succès, M. Félix fit un second appareil semblable, qui fonctionna régulièrement avec le premier. Il se livra ensuite à de nouveaux essais; une machine à battre, un hache-paille furent successivement mis en mouvement au moyen de l'électricité; mais cela ne suffisait pas, et une expérience plus importante

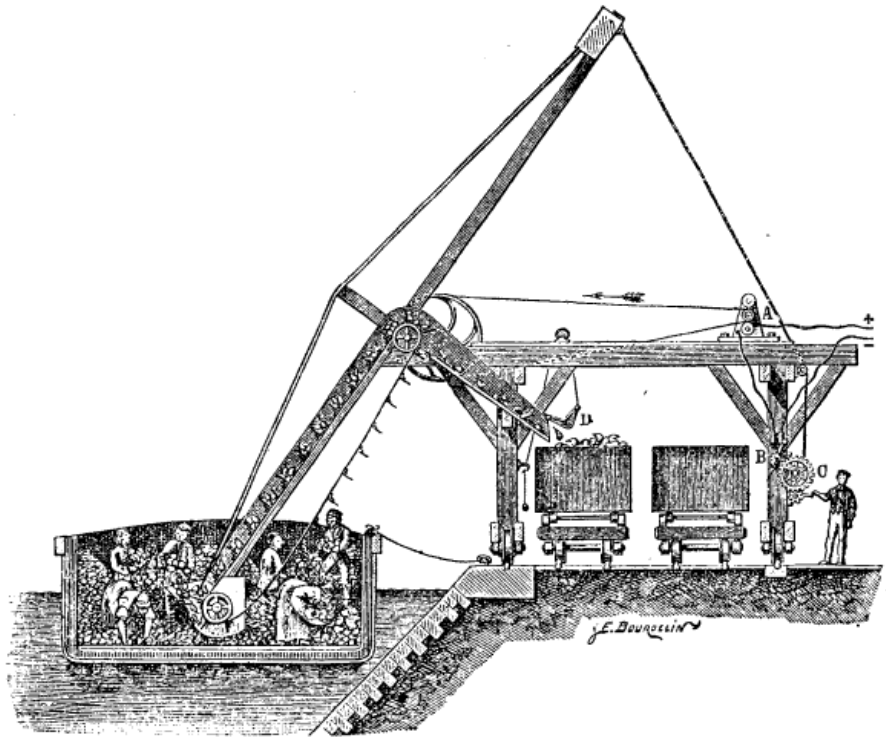


Fig. 1. — Appareil de débarquement des betteraves employé à Sermaize.

devait venir prouver que le problème du transport à distance du travail était bien complètement résolu.

Cette expérience eut lieu également à Sermaize, en mai 1879, devant une nombreuse assistance d'ingénieurs et de savants, appartenant à l'Institut et à nos principales sociétés scientifiques.

Un champ, situé à environ 500 mètres de la sucrerie, fut labouré au moyen de la force empruntée au moteur de l'usine.

Depuis, des machines spéciales ont remplacé les machines à éclairage, qui, seules, avaient été employées dans l'origine, et les résultats obtenus ont, de beaucoup, dépassé les premiers.

Tout le monde aujourd'hui connaît les appareils Fowler, employés dans les grandes exploitations pour la culture à la vapeur. Ils se composent essentiellement de deux locomotives routières munies chacune d'un treuil actionné par la machine et sur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lequel s'enroule un câble d'acier. Les deux machines, étant disposées à chacune des extrémités du champ à cultiver, transportent alternativement, d'une extrémité à l'autre, les instruments aratoires voulus : charrues à socs multiples, herses, etc., et les deux locomobiles, se déplaçant progressivement, font passer ces appareils sur toutes les parties du champ.

L'inconvénient principal de ce système réside dans le poids des machines, dans leur prix considérable, dans la difficulté de leur alimentation. Il est en effet difficile de les faire plus légères et moins puissantes, car il faut qu'elles soient en état de surmonter tous les obstacles qu'elles peuvent rencontrer. Un pareil système n'est donc applicable qu'à la très grande culture et ne peut être d'aucun secours pour la culture moyenne ; aussi ne compte-t-on en France que très peu de ces installations.

Avec l'électricité, le principal inconvénient disparaît, le moteur pouvant être à une distance de plusieurs kilomètres du champ à travailler ; les deux locomobiles, d'un poids de 15 à 20 tonnes, sont remplacées par des chariots légers, portant seulement le treuil relié au moteur par un fil. Ceux qu'on a employés à Sermaize pesaient de 3 à 4 tonnes ; ils pouvaient donc circuler partout facilement et se transporter en déroulant derrière eux le fil conducteur qui leur donnait le mouvement.

Dans la première expérience, le travail moyen dépensé par les deux charrues qu'actionnaient deux de ces chariots a été évalué à environ 3 ou 4 chevaux ; deux ans après, leur puissance était plus que doublée, et leur fonctionnement très régulier.

M. Félix utilisa ainsi 30 chevaux. C'était une partie de la force motrice produite dans la sucrerie qui attenait à sa ferme (1).

Le prix de l'agencement complet, comprenant : les appareils de labourage, les deux machines Gramme, les treuils, les câbles de traction, les conducteurs en cuivre pour 2 kilomètres, s'élevait alors à 50 000 francs.

Ce prix peut être sensiblement diminué aujourd'hui comme on le verra plus loin.

M. Félix ajoute, dans la brochure qu'il a publiée en 1881 :

« Il sera donc facile de faire des appareils de ce genre très légers, de très faible puissance, et qui pourront alors s'appliquer facilement à une foule d'opérations de culture, pour lesquelles même ceux qui labourent à la vapeur ne se servent que tout à fait exceptionnellement de leurs machines. Nous voulons parler des ensemencements, de la moisson, de la fenaison, du transport des moissons jusqu'à la ferme. »

Vers la même époque, une tentative fut faite en Angleterre par M. Siemens, dans une ferme des environs de Londres. Le courant électrique provenait, durant le jour, d'appareils destinés principalement à produire de la lumière pendant la nuit.

M. Siemens exécutait en effet d'importants travaux sur l'action de la lumière électrique sur les plantes durant la nuit, action qui consiste à activer leur végétation. Il employa l'énergie électrique pour hacher la paille, couper des racines, scier du bois et pomper

(1) Voici quelques chiffres relatifs à ces expériences :

Puissance à la génératrice	8 chevaux.
— aux réceptrices	4 —
Avancement de la charrue, grande vitesse	81 mètres par minute.
— — petite vitesse	50 —
Vitesse du treuil automobile	16 —
Largeur du labour	0m,275
Profondeur de la culture	0m,20
Surface labourée par minute	20 mètres carrés.

Les appareils de Sermaize figurèrent à l'Exposition d'électricité de 1881, et l'on n'en entendit plus parler.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de l'eau. Les fils conducteurs adoptés étaient en cuivre nu, soutenus par des poteaux en bois ou des arbres sans isolateurs, tandis que le circuit de retour était établi par la grille du parc. Afin d'assurer la continuité électrique dans la clôture, M. Siemens avait eu soin, partout où il y avait des portes, de faire passer sous ces dernières et en terre une pièce métallique soudée à la clôture de chaque côté.

Il y trouva un grand avantage pour l'élévation de l'eau. Dès que le niveau des citernes s'abaissait trop, en tournant la manette d'un commutateur, sans avoir de foyer à allumer ni de chaudière à mettre sous pression, les bassins se remplissaient à nouveau. Toutes les opérations de la ferme étaient accomplies au moyen d'un simple et même moteur.

M. Siemens parvint à établir, par des mesures dynamométriques, que la puissance disponible aux points où avaient lieu les opérations était à peu près les 60 centièmes de l'énergie initiale. Il remit dès le début tous les appareils à son jardinier en chef, qui, avant les premières expériences, n'avait aucune idée de ce que pouvait être le matériel électrique.

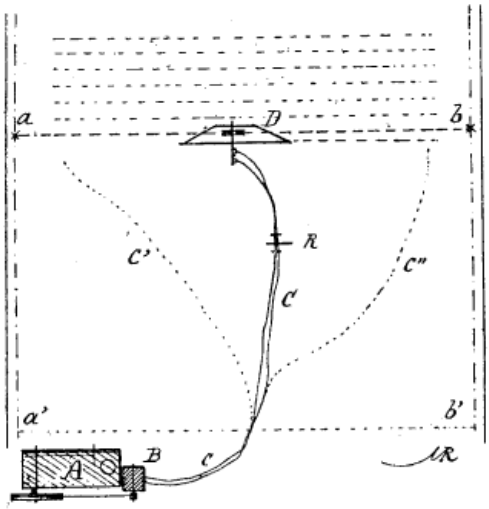


Fig. 2. — Plan général d'un chantier de labourage électrique (système primitif Zimmermann).

Avant d'aller plus loin, je crois utile de faire une petite classification dans les méthodes employées pour utiliser l'énergie électrique.

Il faut d'abord établir deux classes bien distinctes dans les appareils agricoles :

I. — Ceux qui sont dans la ferme et peuvent soit porter eux-mêmes leur moteur, soit être mus par une petite locomobile électrique très légère, prenant la force sur les fils qui parcourent la ferme en tout sens et qui servent en même temps à l'éclairage ;

II. — Ceux qui sont sur le champ, et qui emploient le *système toueur* ou le *système à treuil*.

Le premier de ces systèmes applique le principe réalisé dans les bateaux à toueur qui circulent sur la Seine.

Le second se présente sous deux formes :

1° Le *système à simple effet*. Il y a alors un seul treuil ; l'appareil ne fonctionne que dans un sens et retourne à vide.

2° Le *système à double effet*, où l'instrument agit à l'aller et au retour, qui comprend encore deux cas : soit un seul treuil, on emploie alors un câble de retour formant un triangle ; soit deux treuils, fonctionnant alternativement. Après cette courte énumération, nous allons voir quelques autres applications.

La première en date après celle de Sermaize a été faite en 1891, par M. le comte Victor de Asarta, à Fraforéano, au sud de la province de Frioul, non loin de Latisana, qui est une station du chemin de fer d'Udine à Portogruaro et à Venise (1).

(1) Une autre application de l'électricité agricole aurait été faite en Moravie, sur le domaine de Ugarte Lowatel, à Eundenburg en 1885 (*Bulletin international d'électricité*, 18 mars 1895).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'origine de la force est un ancien canal dit : Roggia Barbarigo (du nom de l'ancienne famille patricienne de Venise qui a possédé Fraforéano) ce canal fait une chute de 2 mètres, débitant environ 3 mètres cubes à la minute; elle servait d'abord à un moulin ayant une roue en bois, à palettes des plus primitives. En 1889, on construisit *une roue Poncelet en fer* de $7^{m},50$ de diamètre, qui, pour une consommation de 1 000 litres, pouvait développer au delà de 20 chevaux; grâce à son grand diamètre et à sa masse, la roue avait un mouvement très régulier.

La génératrice électrique, qui se trouve dans le local de la chute d'eau, est du type Helvétia 1889; elle développe 720 volts et 18 ampères, c'est-à-dire 18 chevaux. La dynamo réceptrice absorbe 12 chevaux; on a donc une perte de 6 chevaux : rendement 66 p. 100.

Le système employé est le même qu'à Sermaize; la machine réceptrice *est placée sur un petit chariot* muni d'un toit mobile à quatre roues, en fer, traîné par des bœufs. Ce chariot contient rhéostats, mesureurs, paratonnerres, et sonnettes, etc.

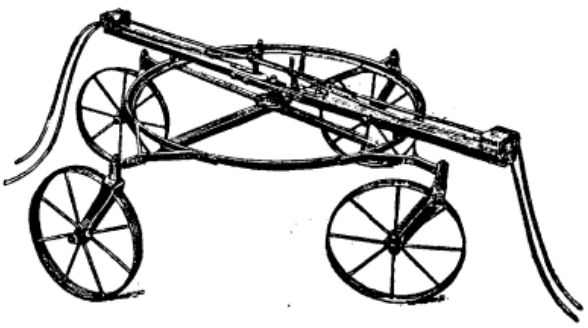


Fig. 3. — Char à câble.

La ligne électrique employée se compose de deux parties : la première est fixe sur des poteaux; elle parcourt la propriété en son milieu. Perpendiculairement, se détache un deuxième bras; cette ligne mesure dans sa plus grande longueur $2^{km},5$ et est en fil de cuivre de $4^{mm},5$; elle est posée sur isolateurs en porcelaine à liquide. La deuxième, mobile, a 500 mètres de long, en câble de cuivre de $15^{mm},9$; elle se dévide sur deux bobines portées par des roues. On peut s'étendre à 500 mètres de chaque côté de la ligne fixe; l'aire couverte est ainsi de 565 hectares.

Avec une charrue à trois socs, du type Howard (1), on peut couvrir au moins 3 hectares à la profondeur de 22 centimètres en dix heures, et on peut, si besoin en est, travailler la nuit, la lumière électrique étant presque gratuite.

La charrue a 90 centimètres de large et marche à 70 mètres à la minute.

Il y a, en outre, à Fraforéano un moteur fixe pour la laiterie et un moteur mobile pour pompes, hache-paille et presse à fourrage Withmann. Le comte de Asarta produit ainsi de 300 à 600 balles de foin de 90 kilos chacune par jour avec trois hommes et un gamin. Les rues du village et tous les bâtiments sont éclairés électriquement.

En récompense de ses travaux, le comte de Asarta a reçu un grand prix national du Ministre de l'Agriculture italien pour sa belle ferme modèle. Après cette description un peu écourtée, il faut citer les travaux faits, en octobre 1894, par M. Zimmermann (2) aux environs de Halle sur Saale, en Saxe, où on a employé la méthode à toueur.

La charrue D (fig. 2) fut actionnée, lors des premiers essais, par une locomobile

(1) Cette charrue était employée précédemment au labourage à vapeur. M. le comte de Asarta lui reproche d'être longue à se mettre en mouvement, d'avoir un câble trop lourd. C'est un trisoc de 90 centimètres de largeur et qui marche à 70 mètres par minute. La longueur moyenne du rayage est de 250 mètres.

(2) M. F. Zimmermann et C°, 37 Merseburgerstrasse, Halle sur Saale, est fabricant d'appareils agricoles.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de 12 à 15 chevaux A, commandant une *dynamo à courant alternatif* B, fixée sur la locomobile.

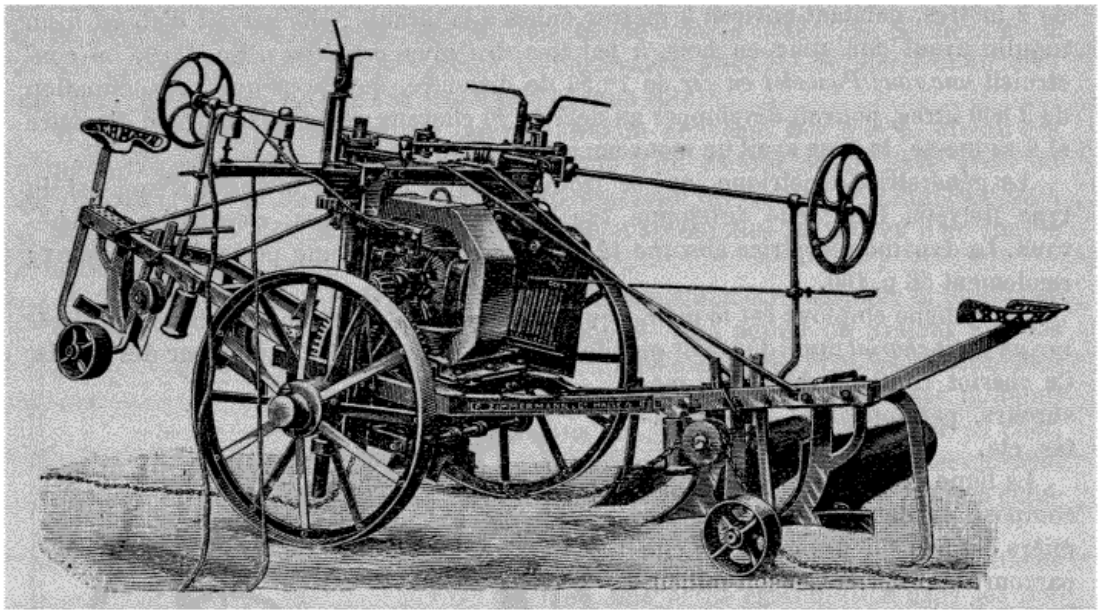


Fig. 4. — Charrue Zimmermann (modèle primitif).

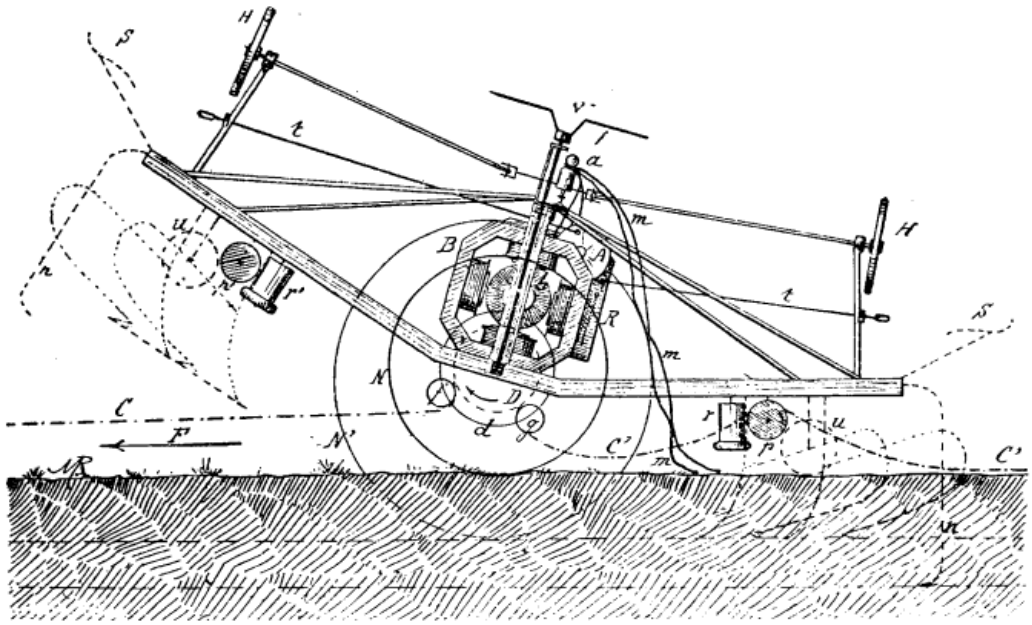


Fig. 5. — Charrue électrique Zimmermann. Élévation.

Le courant parvenait à la charrue par des conducteurs entourés d'une grosse enveloppe en gutta-percha *c*, soutenus par *de petits chariots légers* R (fig. 3), que pouvaient manœuvrer des enfants. Ils aboutissaient à une *dynamo réceptrice placée sur une charrue*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à bascule (fig. 4) D. Cette réceptrice actionnait une roue à empreinte ou à noix, située au centre de gravité de l'appareil.

Le champ ayant 200 mètres de largeur, on employait quatre chariots. Au delà de cette distance, il en faut cinq à six.

Les câbles m sont fixés à la charrue par les isolateurs a (fig. 5 et 6); en R, se trouve un rhéostat dont A est la roue à contact; celle-ci est manœuvrée par la tringle t.

La dynamo B est à quatre pôles. L'axe de l'induit porte le pignon b qui, par l'intermédiaire de la roue dentée d, met en mouvement la roue à noix D, laquelle fait traction sur la chaîne C, maintenue par les galets f et g.

Après avoir entouré la roue, la chaîne retombe naturellement sur le sol derrière la

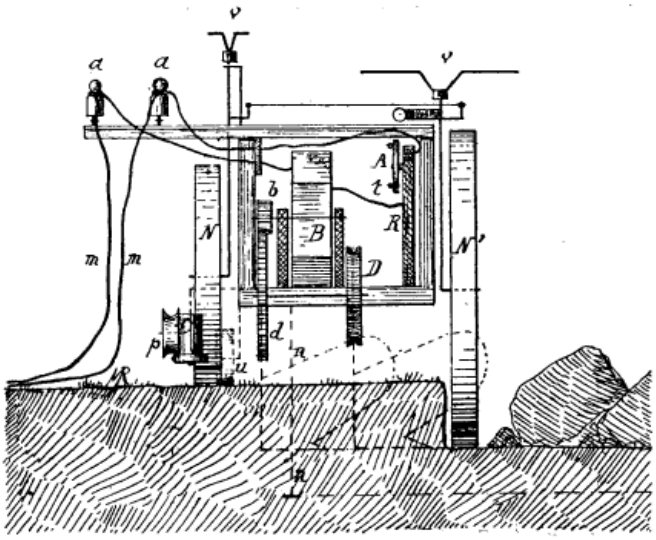


Fig. 6. — Charrue électrique Zimmermann. Profil.

charrue; mais, afin qu'elle vienne se placer elle-même sur le guéret formé, c'est-à-dire dans l'axe de la traction qui recevra la charrue à son retour, M. Zimmermann a adopté une disposition spéciale : un rouleau p et une poulie inclinée r, sur lesquels passe la chaîne en quittant la roue à noix.

Les vis V servent à régler la profondeur du labour; enfin H sert à guider la charrue et U est une roue de réglage et de transport.

A l'extrémité de chaque raie, on arrête le courant électrique et, par suite, la marche de la charrue qu'on bascule; puis, à l'aide d'un commutateur, on change le sens de rotation de la réceptrice et de la roue.

Le principal avantage de ce système est la stabilité de la charrue, qui est plus grande que dans le labourage à vapeur, car, comme on peut le remarquer facilement par l'examen de la figure 5, plus la traction sur C est grande, plus u est appliquée sur le sol; on dit que la charrue talonne. Mais cette plus grande stabilité a l'inconvénient de nécessiter une perte de travail par suite justement de l'adhérence de la roue u.

On emploie une chaîne calibrée en fer ou en acier. La noix, qui est facilement remplaçable, est en fonte pour supporter toute l'usure. Comme il faut que la chaîne entre

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

bien exactement dans les empreintes, on ne la fait travailler qu'au cinquième de sa charge de rupture pour ne pas avoir de déformation.

Voici quelques données sur ces chaînes :

Charge pratique maxima de la chaîne.	Diamètre du fer.	Au mètre courant	
		Poids.	Prix approximatif.
650 Kg.	9mm	1kg,80	1,75
780	10	2,30	1,90
1 120	12	3,20	2,55
1 800	15	5,25	3,95
2 540	18	7,40	5,20
3 140	20	9	5,85

La chaîne employée est en fer de 15 millimètres de diamètre pour un rayage de 200 mètres, la charrue pesant un peu plus d'une tonne (1 050 kilog.).

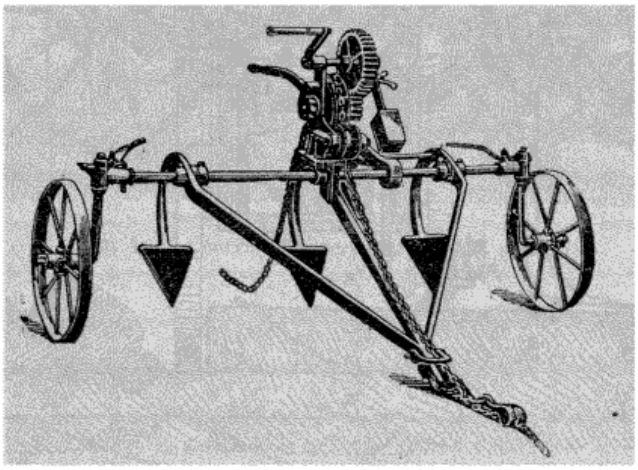


Fig. 7. — Ancre Zimmermann.

Deux ancres de 35 kilos servent à fixer les deux extrémités de la chaîne sur laquelle s'exerce la traction de la charrue (fig. 7).

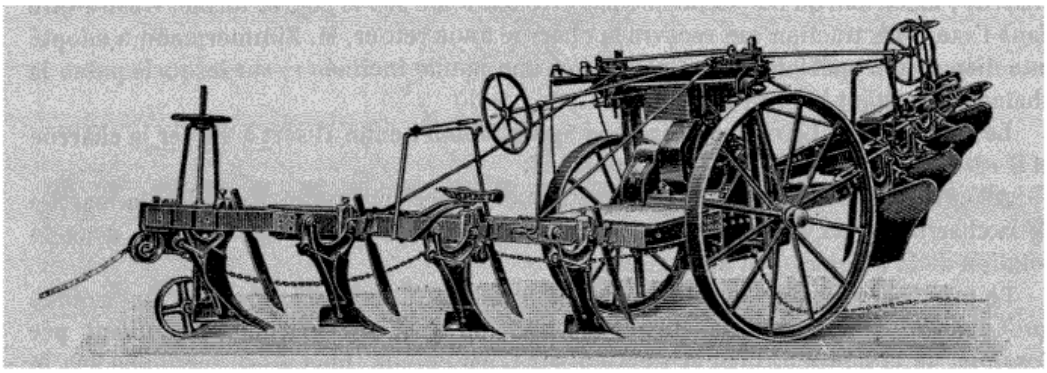


Fig. 8. — Charrue à 4 raies de Zimmermann.

Après chaque raie, un homme, muni d'un levier, suffit amplement pour déplacer chaque ancre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Voici quelques chiffres obtenus après plusieurs expériences :

1er Cas. — Le matériel se compose d'une charrue à 2 raies, d'une locomobile, d'une génératrice de 110 volts et 80 à 60 ampères (13 chevaux d'après M. Ringelmann).

M. Fritz Brutschke, de Charlottenburg, à qui sont dus ces chiffres ne compte que 12 chevaux pour la génératrice (1).

Sol : argile dure et collante.
Largeur des sillons : 60 centimètres, sur 24 centimètres de profondeur.
Traction moyenne sur la chaîne, 650 à 700 kilos, soit $45^{kg},01$ par décim. carré de labour (2).
Vitesse de la charrue : $0^{m},90$ par seconde, soit un travail utile de 8 chevaux.
En prenant pour maximum de perte 7 chevaux (3); rendement $8/15 = 0,53$ (4).
La manœuvre nécessite dans ce cas : 1 laboureur et 2 enfants.

2e Cas. — Avec la charrue à 4 raies (fig. 8) : 1 laboureur, 2 hommes aux ancres, aidant aussi à balancer la charrue, 2 enfants, et il faut une force de 20 chevaux (16 d'après Brutschke).

Les appareils de labourage à la vapeur à double développement coûtent 60 000 à 75 000 francs.

Le tableau suivant donnera, en marks, le prix des différentes parties de l'installation Zimmermann (5).

	2 socs,	3 socs.	4 socs.
1 charrue électrique brevetée, gros modèle.	2800	3400	4000
1 électromoteur de 15 000, 25 000, 36 000 watts d'énergie moyenne.	2150	3200	4400
1 rhéostat et son interrupteur.	600	650	1000
1 ampèremètre, voltmètre, etc.	120	140	180
2 ancres.	175	225	275
400 mètres de chaîne calibrée de 12^{mm}, $13^{mm},5$ et $15^{mm},5$.	850	1160	1550
800 mètres de câble en bronze étamé avec 52 supports, les 2 wagons à câble, les griffes, etc.	1750	1950	2300
250 mètres de câble de 20, 29 à 50^{mm} de section, les perches creuses en tôle d'acier nécessaires à le supporter (ligne fixe).	325	425	600
Pour le grand modèle ($0^{m},35$ de profondeur) : Total. .	8770	11150	14305
Pour le modèle léger ($0^{m},25$ de profondeur) : Total. .	8270	10650	13905

Voyons maintenant le prix de revient à l'hectare. Les chiffres donnés par M. Brutschke se rapportent au défoncement qui n'est pas une opération culturale courante.

Mais voici d'abord les prix respectifs des divers modes de labour :

1° Par les bœufs : 62 fr. 50, d'après M. Ringelmann ;

2° A la vapeur (en Allemagne), d'après M. Rimpau-Schlaustedt, 49 fr. 20, et d'après M. Schnehen-Springe, 58 fr. 40.

M. Brutschke estime, qu'en agriculture, on peut arriver à 0 fr. 19 le kilowatt heure.

(1) Cette différence provient de ce que M. Brutschke admet 666 watts par cheval ; M. Ringelmann, à cause des pertes diverses (transmission, etc.), n'en admet que 550, ce qui donne $14^{chx},54$; en ajoutant qu'une locomobile timbrée à 12 chevaux peut très bien en donner 15.

(2) M. Ringelmann rejette ce chiffre ; il croit à une erreur dans l'estimation de la résistance du sol ; d'après lui, une argile dure et collante aurait dû présenter une résistance de 55 à 60 kilog.

(3) M. Brutschke n'en comptait que 4 de perdus.

(4) Rendements, 35 p. 100 ; appareils à 2 locomobiles à vapeur.
— 25 p. 100 ; — 1 — —

(5) Ce sont les derniers chiffres établis par la maison Zimmermann.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Or une forte charrue en dix heures laboure 4 hectares à $0^m,35$ de profondeur; elle absorbe 30 000 watts heure, d'où :

Frais d'énergie électrique $30 \times 10 \times 0$ fr. 19.		57
3 journées d'hommes à la charrue à 4 fr. 16.		12,50
Amortissement, intérêt, entretien :		
La chaîne s'use en 2 ans, et vaut 750 francs.	375 fr.	
Le mécanisme compté à 20 p. 100 du capital, $11,750 \times 0,2$ . .	2350	
Total	2 725	
Pour une durée de travail de 80 jours par an, les frais fixes par jour sont de $\frac{2725}{80}$		34,06
Total		103,56

L'hectare revient donc à $\frac{103,56}{4} = 25$ fr. 89.

Le chiffre de 0 fr. 19 est certainement trop faible pour une installation où l'on produit l'électricité par la vapeur. Peut-être arriverait-on à l'obtenir en utilisant un chute d'eau.

On pourrait remplacer la machine à vapeur par un moteur à pétrole qui exige un

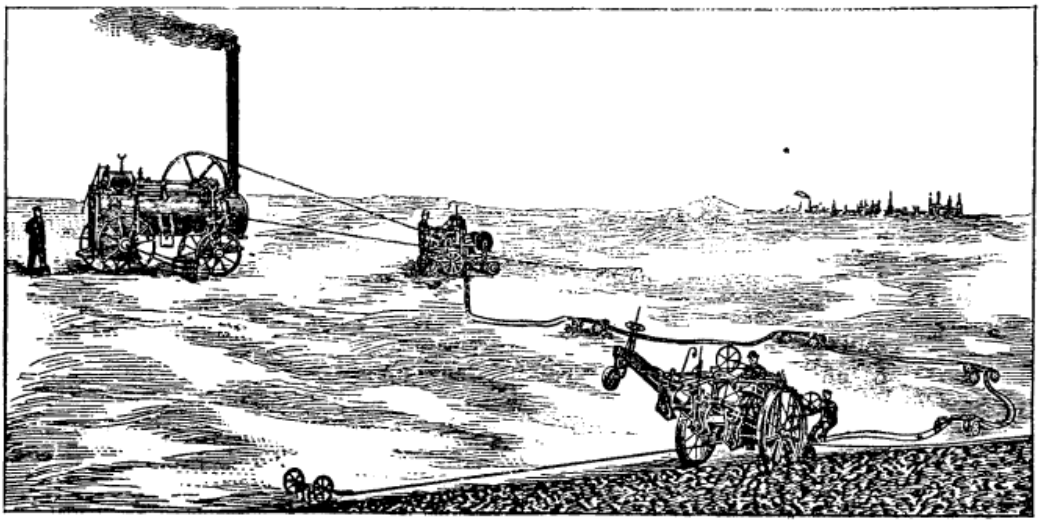


Fig. 9. — Installation des appareils Zimmermann (premier modèle) dans une petite ferme.

combustible beaucoup moins volumineux et d'un transport moins coûteux. M. Ringelmann établit le rapport des matières transportées à 1/18.

1 pour le moteur à pétrole,
18 pour la machine à vapeur.

La fig. 9 représente le schéma de l'installation dans le cas *d'une petite ferme*.

Dans le cas d'une grande ferme, l'usine à vapeur sera fixe et souvent remplacée par une chute d'eau.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'inconvénient de ce système à touage est que le matériel ne peut servir que pour labourer, car il nécessite des allées et venues sur le terrain.

Depuis quelque temps déjà, M. Zimmermann a simplifié son matériel à son grand avantage, car il supprime les chars à câble et par suite les enfants chargés de leur manœuvre.

Voici la description d'une installation faite récemment en France, par MM. Maguin

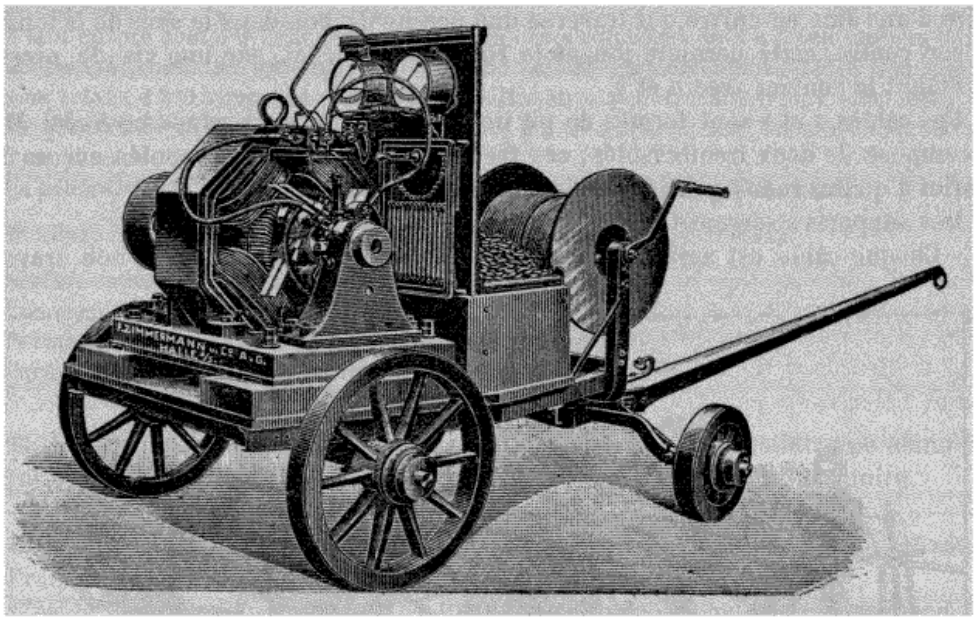


Fig. 10. — Génératrice Zimmermann.

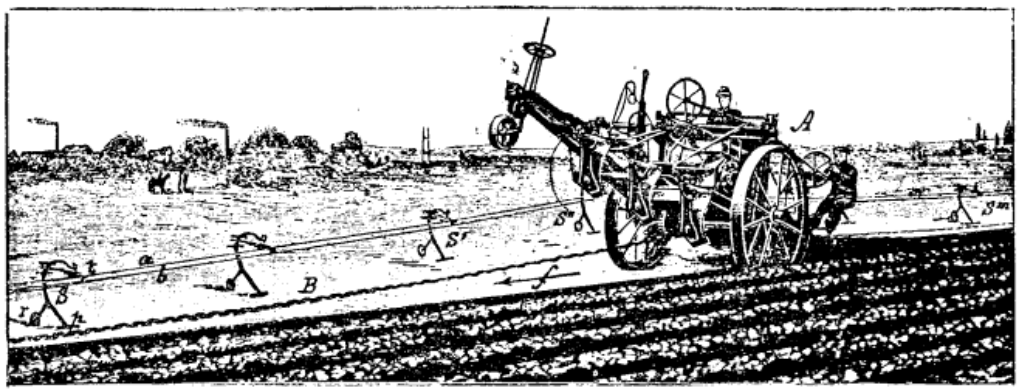


Fig. 11. — Nouveau dispositif des appareils Zimmermann.

et Bureau, à Bertaucourt-Ebourdon (Aisne), chez M. Landrin, qui montrera ces perfectionnements.

On emploie une locomobile placée dans un coin du champ à travailler; par courroie, elle met en mouvement une dynamo à quatre pôles (en série); c'est la génératrice (fig. 10).

La partie fixe de la ligne qui est placée latéralement au champ est à $2^m,50$ au-dessus du sol, sur des poteaux avec isolateurs en porcelaine ; dans la figure 11, on l'aperçoit à droite.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La ligne mobile est constituée par les deux câbles *a* et *b* (fig. 11) tendus parallèlement au rayage de la charrue, et cela au moyen de deux petits chars : du côté de la ligne fixe, c'est un wagon à câble (*Kabel-Wagen*), portant deux rouleaux sur lesquels sont enroulés séparément les deux câbles; à l'autre extrémité, un char-ancre portant deux tendeurs (*Kabel, Winde*) à roues tranchantes.

La ligne mobile est réunie à la ligne fixe par deux griffes. Chacune d'elles est solidaire d'une âme en cuivre qui traverse une perche de bois dans le sens de la longueur en son centre, cette dernière jouant le rôle d'isolateur, et, par une vis de pression, on établit le contact avec *a* et *b*.

Ces câbles *a* et *b* sont formés de plusieurs fils de cuivre tordus. Le *Kabel Wagen* se compose de deux treuils isolés; ces treuils à manivelle sont montés sur un léger chariot à quatre roues garnies de disques tranchants.

Des supports *s* servent tous les 8 mètres à soutenir les câbles.

« Chaque câble est agrafé et maintenu par une vis de serrage à une traverse *t*

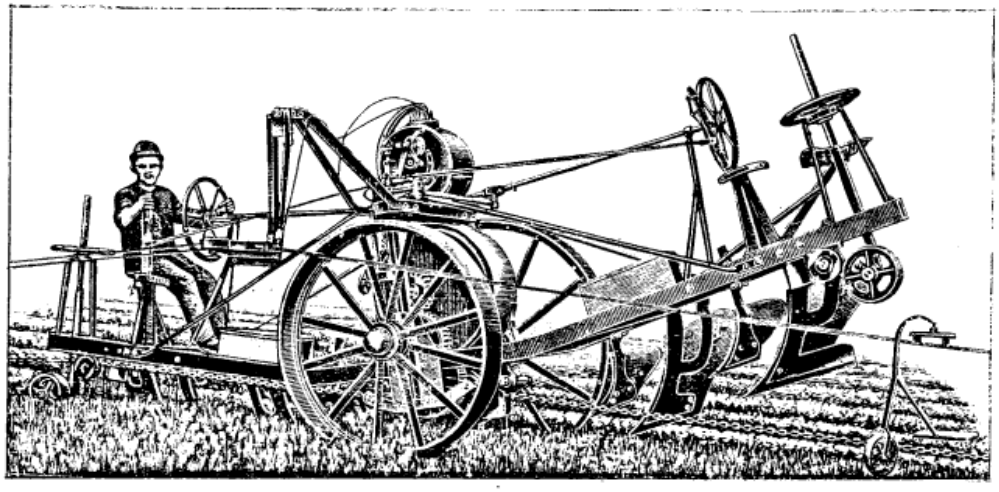


Fig. 12. — Charrue Zimmermann (avec le nouveau dispositif de prise de courant).

isolée, oscillante, articulée, dans le plan vertical, à l'extrémité de la tige recourbée du support *s* qui repose sur le sol par un patin transversal *p* et une roulette *v*. Le courant est pris par la charrue A (fig. 12) au moyen d'un double frotteur isolé, analogue à celui de certains tramways électriques, avec cette différence, qu'ici, il y a frottement et non roulement; au passage de la charrue qui se déplace par exemple dans le sens de la flèche *f*, le frotteur soulève les supports en *s'* et *s''*, puis les repose en *s'''*. Ce déplacement s'effectue d'une façon parfaite, et cela peut se constater par le parallélisme qui existe constamment entre la ligne électrique et le rayage de la charrue. » Cette amélioration permet une marche plus rapide et procure une économie de main-d'œuvre. Voici quelques chiffres :

Longueur de la chaîne calibrée, 250 mètres;
Longueur du rayage, 240 à 230 mètres;
Temps pour parcourir ce rayage, 4 minutes environ;
Vitesse de la charrue, 1 mètre par seconde;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Temps nécessaire pour basculer la charrue, 45 à 60 secondes;
Temps total, 5 minutes;
Vitesse pratique, $0^m,80$ par seconde.
Pour un rayage de 100 mètres : vitesse pratique, $0^m,60$.

Calcul du rendement. — Profondeur du labour, $0^m,23$; largeur, $0^m,73$; surface, 16,8 décimètres carrés. Résistance du sol, 55 kilog. par dmq. (d'après M. Ringelmann), donc : résistance, 924 kilogr.

Il faut encore compter l'adhérence des roues qui s'enfoncent de 2 à 3 centimètres dans le sol détrempé (coeff. de roulement 0,12). Donc : effort supplémentaire, 250 à 300 kilog. et traction totale, 1 200 kilog. (La chaîne de 15 millimètres peut travailler sous 1 800 kilog.)

La génératrice donnait : 400 à 450 wolts et 40 à 48 ampères, soit, en moyenne, 430 wolts et 42 ampères, ce qui fait 18 060 wolts.

La génératrice débite donc $24^{chx},5$ et la locomobile doit donner 29 chevaux. (2 175 kilog. mètres par seconde); le rendement est donc de $\frac{924}{2\,175} = 0,424$.

Surface couverte, 2 100 mq. (pour rayage de 2 400 mètres).
Énergie dépensée, 12 kilowatts heure.
Personnel, 4 hommes : 3 aides; 1 laboureur-conducteur.
Surface couverte dans la journée d'hiver 1^{Ha}, 6 (1).

M. Landrin, comme complément à cette installation, a fait établir une usine électrique pour fournir l'éclairage et la force nécessaire à une pompe élévatoire.

Enfin nous arrivons à la première installation vraiment pratique qui ait été réalisée en France.

C'est la tentative faite par M. Félix Prat, propriétaire du château d'Enguibaud, près de Puylaurens, dans le département du Tarn.

Esprit ouvert, il a la persévérance nécessaire pour réussir dans ces tentatives de transformation et pour lutter contre la routine, car il aurait pu être découragé par toutes les personnes qu'il a consultées, ingénieurs, électriciens, agriculteurs.

Il lui a fallu une grande énergie, une grande force de volonté pour persister dans son entreprise; il avait beaucoup étudié la question et avait confiance malgré tout. Il ne s'est pas trompé.

Quelqu'un d'autorisé lui opposa tout d'abord que la poussière se mettrait dans les dynamos et en empêcherait la marche régulière.

Mais, ayant appris qu'une scierie marchait à l'électricité, il voulut savoir jusqu'à quel point la poussière gênait dans la pratique industrielle, non pas dans l'expérience de laboratoire. On lui répondit alors qu'elle n'avait jamais causé d'arrêt, mais que, par précaution, tous les soirs, le travail fini, avec un fort soufflet, on chassait ce qui, pendant la journée, pouvait s'être accumulé dans les différents interstices des appareils.

En dehors de ces difficultés toutes pratiques, il se heurta encore à l'inertie du Ser-

(1) Les appareils laissaient un peu à désirer comme puissance; on en a construit de nouveaux, qu devaient figurer au concours agricole de Paris, mais ils n'ont pas été terminés en temps.

A ce concours, figurait une batteuse électrique combinée par la maison Sautter. Le tarare est complètement indépendant de la batteuse, il est mû par un moteur électrique isolé de celui de la batteuse, (ces 2 moteurs sont fixés sur la batteuse). La batteuse, qui forme un ensemble homogène, absorbe 8 chevaux. La machine à battre ordinaire coûte 2 600 et, transformée pour marcher à l'électricité, 5 000.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vice d'essais agricoles qui est chargé de publier un rapport sur l'objet de ses visites. M. Prat demanda que la Commission vînt assister aux expériences; on lui répondit alors qu'on n'avait pas d'argent disponible; que, s'il voulait faire les frais, la Commission se déplacerait, et, indirectement, il apprenait que cette Commission était en Saxe, pour étudier une autre installation du même genre.

La seule personne qui le poussa à poursuivre son idée fut M. Félix, de Sermaize.

M. Prat avait vu combien la main-d'œuvre et les frais d'exploitation qu'exigent nos cultures sont relativement considérables. Il voulait les réduire et accroître le rendement.

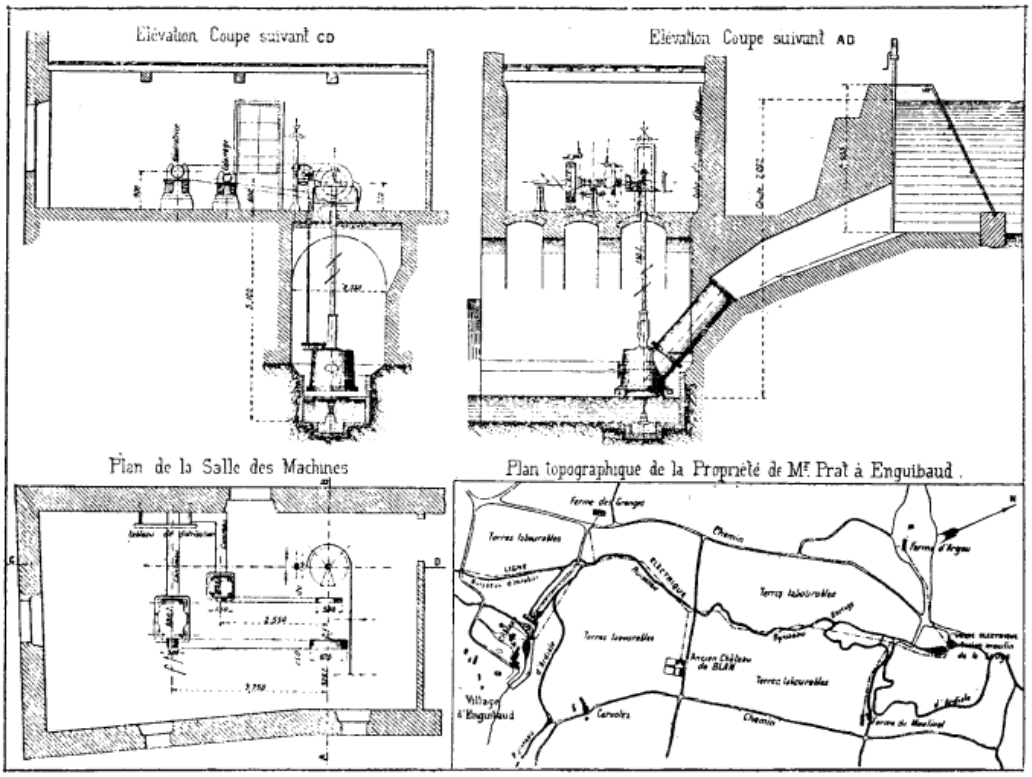


Fig. 13. — Fig. 14. Usine électrique d'Enguibaud. Bâtiment des turbines et plan du domaine.
Fig. 15. — Fig. 16.

Or, dans tous les pays du centre-sud, ce qui fait que la production rend si peu, c'est la sécheresse dont souffrent les plantes dans le cours de l'été.

Que faut-il donc faire ? Frayer aux racines un chemin vers les régions profondes du sol en procédant à des labourages de défoncement jusqu'à 70 et 80 centimètres. Elles pourraient alors se procurer l'humidité qui leur est indispensable et qu'elles ne peuvent trouver dans les couches superficielles. On obtiendrait ainsi une meilleure préparation du sol, lui permettant de mieux absorber les éléments de l'air.

C'est ce que résolut de faire M. Prat, en employant comme force motrice le peu d'eau qui traverse sa propriété et comme moyen de transmission l'électricité.

Il demanda d'abord un devis à la Société Gramme. Là, fort probablement par

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

méprise, on lui conseilla l'achat d'accumulateurs; mais il recula devant la dépense.

Heureusement pour lui, il rencontra M. Tailhade, sorti de l'École des Arts et Métiers d'Aix, attaché à la maison de construction mécanique Bonnet, de Toulouse. Celui-ci s'inspira de ce qui avait été tenté à Sermaize et à Fraforéano.

M. Tailhade fit appel au concours de l'électricien Delgay, de Pau, et de MM. Pelous, de Toulouse, constructeurs de machines.

M. Prat a, dans son domaine d'Enguibaud, trois chutes d'eau. L'une d'elles, de 7 mètres de haut, utilisée autrefois pour un moulin, a été choisie. Il a fallu construire à nouveau les canaux d'amenée, creuser le canal de fuite de 4 mètres de profondeur, le voûter sur un parcours de 130 mètres afin d'éviter les éboulements qui auraient pu se produire.

Voici le plan de la propriété (fig. 16). D'un côté, le château avec ses dépendances et le hameau; de l'autre, à 1 600 mètres, l'usine électrique, logée dans le vieux moulin abandonné de la Lauge.

Les ruisseaux qui traversent la propriété débitent fort peu d'eau en été. On a dû creuser des réservoirs pour l'emmagasiner afin de faire face aux besoins de la saison sèche; mais ces bassins, faits à la hâte, économiquement, sont souvent la cause de mécomptes par suite de la facilité avec laquelle les rats d'eau percent les digues.

Actuellement, des travaux se font pour l'amélioration de ces dernières, et encore ces bassins sont-ils insuffisants pour une dépense d'énergie un peu considérable et soutenue.

Quant aux travaux d'établissement de l'usine, quoique exécutés en hiver, ils ont été faits soigneusement afin de n'éprouver aucune déception au moment de la mise en marche.

L'installation mécanique (fig. 14, 15 et 16) se compose d'une turbine à réservoir forcé, à libre déviation et à axe vertical, produisant une force de 26 chevaux normalement et pouvant aller jusqu'à 32. L'eau est amenée à la turbine par un tuyau en tôle placé dans le canal maçonné qui alimentait le rouet de l'ancien moulin.

Une vanne en fonte, placée en avant de ce tuyau, permet d'arrêter l'eau afin de pouvoir visiter l'intérieur de la cloche de la turbine, et cela, grâce à un trou d'homme avec autoclave.

L'entrée du canal, devant l'usine, est munie d'une grande grille inclinée en fers plats espacés convenablement pour arrêter les feuilles ou corps flottants entraînés par l'eau.

Le distributeur de la turbine est pourvu d'un vannage à tabliers en cuir et à cône d'enroulement, facilement manœuvrable de la salle des machines par un treuil à vis. Ce treuil est actionné soit à la main, soit par un régulateur à force centrifuge et à cônes de friction permettant de maintenir une vitesse régulière au moteur. Ce régulateur pare au défaut de surveillance qu'il pourrait y avoir surtout dans une installation agricole où l'on n'emploie que des paysans.

On évite ainsi les accidents qui pourraient survenir aux dynamos par suite de trop grandes variations de vitesse.

L'arbre horizontal, situé à 1 mètre au-dessus du sol, reçoit le mouvement de l'arbre vertical de la turbine par un engrenage d'angle. Sur cet arbre horizontal, marchant à 325 tours par minute, sont montées deux poulies actionnant directement par courroies les deux dynamos génératrice et d'éclairage.

L'une de ces machines, la dynamo génératrice, — type supérieur Gramme, avec

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

balais en charbon, qui permettent de résister aux à-coups donnés par la plus ou moins grande résistance du sol, — donne un débit de 40 ampères sur 375 volts à 880 tours par minute. L'autre machine, du même type, donne 30 ampères sur 120 volts. Il y a contre l'un des murs de la salle un tableau de distribution portant les appareils de mesure et les appareils de sûreté, ampèremètres, voltmètres, parafoudre, etc.

Le courant est distribué sur les divers points de la propriété par des conducteurs aériens en fils de cuivre câblés. Ces conducteurs sont au nombre de quatre, dont deux pour le transport de force, *d'une longueur de 1800 mètres chacun, et deux de 1600 mètres* pour l'éclairage du château et de ses dépendances. Il faut adjoindre deux conducteurs pour le téléphone qui réunit le château à l'usine et qui, en temps de labour, sert à mettre en relations constantes le mécanicien de l'usine et le conducteur du treuil. Cela permet un arrêt très rapide et donne plus de sûreté dans la marche des appareils.

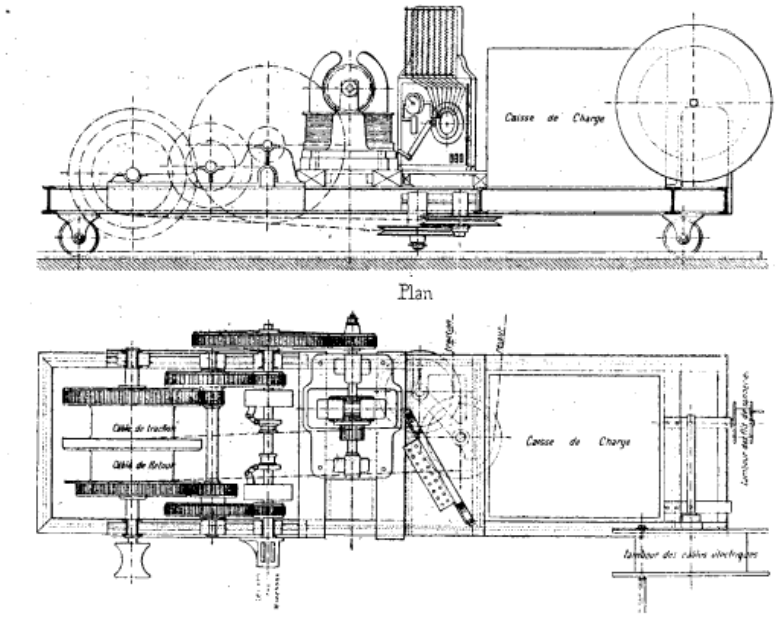


Fig. 16. — Treuil électrique de M. Prat. (Dispositif primitif.)

Le ruisseau qui alimente l'usine motrice partage à peu près la propriété en deux parties égales. Il est bordé sur tout son parcours de deux rangées de très gros peupliers. On a profité de cette circonstance pour fixer sur ces arbres les isolateurs devant supporter les fils conducteurs, et cela, après les avoir fait couper à 7 mètres de hauteur: mais cette coupe trop courte en a tué quelques-uns. C'était une expérience à faire.

Cette disposition a permis d'abord d'économiser des poteaux et, en outre, d'avoir des soutiens plus rigides par leur plantation naturelle.

La charrue est mue par un treuil du type à simple effet, c'est-à-dire qu'elle ne travaille que dans un sens et retourne à vide. Ce système a paru plus avantageux et d'une installation plus économique.

Le treuil est actionné par une dynamo réceptrice (fig. 16), du même type que la génératrice, pouvant recevoir une force électromotrice de 325 volts avec un débit de 40 ampères et marchant à 760 tours par minute. L'arbre de la dynamo commandait primitivement

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

celui du treuil, qui tournait à 200 tours, par l'intermédiaire d'un pignon et d'une roue à dentures à chevrons; mais la dynamo se trouvait ainsi placée près d'une masse de fer considérable; en outre, le train d'engrenage était très fatigué par suite de la résistance inégale du terrain. Aussi, après quelques mois de marche, on reconnut que le collecteur de la dynamo réceptrice s'usait irrégulièrement et que les balais en charbon se cassaient assez souvent; cela ne pouvait venir que des trépidations dues à l'engrenage premier moteur et aussi à l'instabilité du treuil, car on ne peut pas admettre dans une machine agricole la même stabilité que dans une machine d'usine. On décida de commander l'arbre du treuil par l'arbre de la réceptrice au moyen de poulies et d'une courroie. Pour cela, la dynamo fut placée sur le cadre du treuil à l'opposé des tambours d'enroulement des câbles de traction et de retour de la charrue. Le tableau

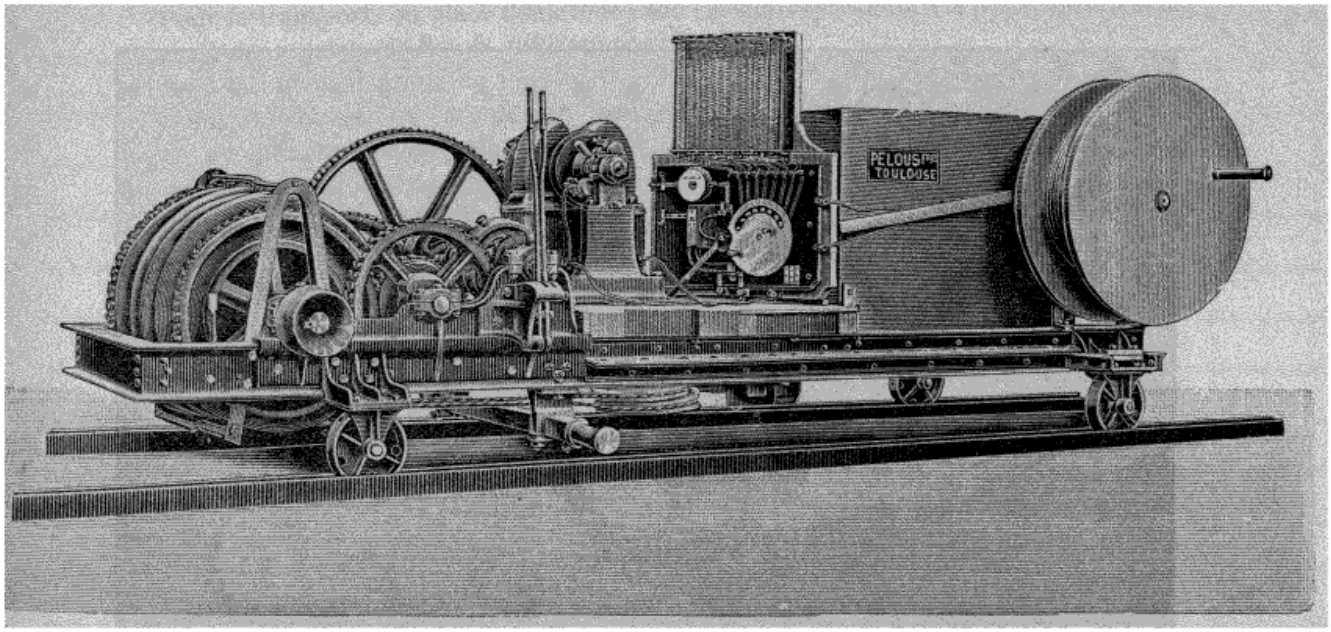


Fig. 17. — Treuil électrique de M. Prat. (Dispositif primitif.)

des appareils de mesure et de réglage resta à la même place, mais, d'oblique qu'il était, on le plaça parallèlement aux grands côtés du cadre du treuil, c'est-à-dire faisant face au conducteur et par suite plus visible.

La caisse de charge qui était à l'extrémité fut placée derrière le tableau, entre les tambours et la dynamo. Toutes ces modifications ont permis de supprimer les vibrations dont nous parlions et de mieux équilibrer le treuil; les balais en charbon ne se cassent plus et le collecteur s'use régulièrement.

Une critique pourrait s'élever contre l'emploie de la courroie qui est soumise aux variations de température et par suite peut s'allonger ou se raccourcir, mais la dynamo a été montée sur glissières permettant de régler la tension de la courroie.

Cette dernière a été faite en matière à peu près inextensible: elle est protégée par un auvent contre la pluie et le soleil.

Depuis un an et demi, dit M. Tailhade, que nous avons apporté ces modifications, le fonctionnement du treuil n'a pas cessé d'être très régulier et surtout plus silencieux qu'auparavant.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le tableau est en ardoise; il porte tous les appareils de mesure servant à régler la mise en marche de la machine.

Le rhéostat, dit *block-système* (fig. 17), construit spécialement pour la circonstance, permet de graduer la résistance et empêche la rupture du courant sans l'introduction des résistances totales. Ceci s'obtient au moyen du disque de cuivre que l'on aperçoit sur le tableau. Ce disque porte une échancrure faite pour loger l'interrupteur dans la position d'arrêt; on voit, par cela même, que, pour que le courant soit interrompu, il faut que le disque soit à sa position terminus correspondant au moment où toutes les résistances sont introduites.

Sur l'arbre du treuil, se trouvent deux manchons d'embrayage à friction permettant de faire mouvoir tantôt le treuil de retour, tantôt celui d'aller sans arrêter la dynamo.

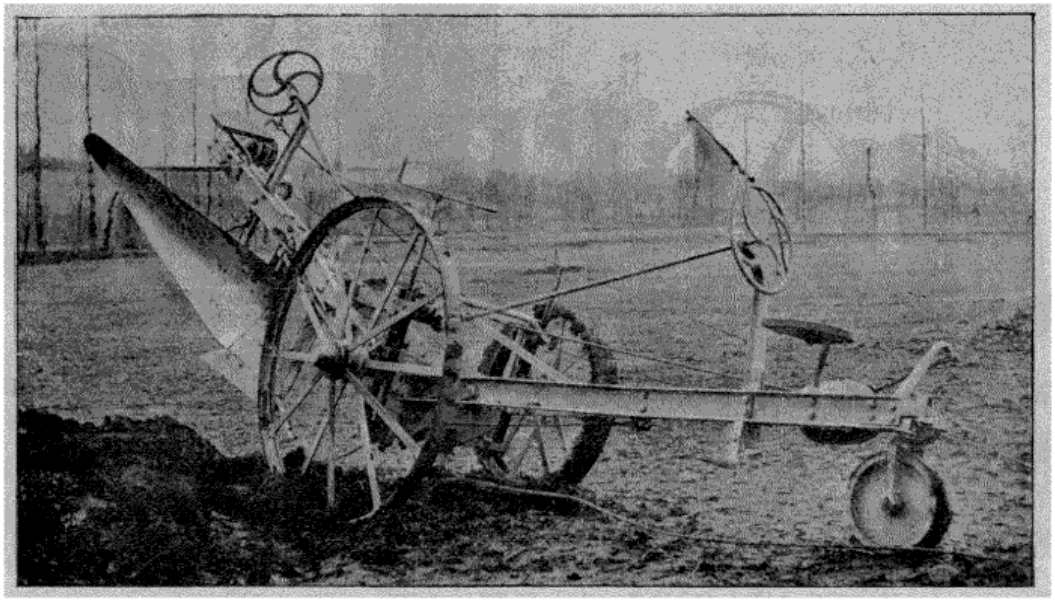


Fig. 18. — Charrue pour le labourage électrique. (Installation de M. Prat.)

Sur les joues des tambours, on a placé des freins à ruban dont le serrage est réglé par une vis de tension. M. Tailhade a employé une disposition très ingénieuse leur permettant d'agir automatiquement pendant le déroulement du câble et de se desserrer complètement lors de l'enroulement ou période de travail.

Le bâti portant tout le mécanisme est constitué par un cadre en fer à double T, renforcé latéralement par des cornières dans le sens longitudinal, car la traction s'opère parallèlement à l'axe des tambours, et les câbles passent sur des poulies à gorge, folles sur leurs axes, lesquels sont fixés à un support double, boulonné au-dessous du cadre en fer. Ces poulies servent de guide aux câbles et facilitent leur enroulement.

Nous avons vu précédemment qu'une ligne aérienne, issue de l'usine, traverse la propriété. Les bornes du tableau du treuil sont reliées à cette ligne par deux câbles bien isolés, de 200 mètres de long, et réunis sous la même enveloppe.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ces câbles, enroulés sur un tambour en bois supporté par le treuil, font prise de courant sur les conducteurs par deux griffes en cuivre, semblables à un étau; ils sont soutenus sur leur longueur par des poulies en bois, fixées à des pieux simplement plantés en terre.

Le courant se rend à la dynamo par deux petits balais fixés au tambour et reliés chacun à l'extrémité d'un des conducteurs. Ces balais frottent sur deux anneaux de cuivre rouge fixes, reliés électriquement aux bornes de la dynamo.

L'ensemble du treuil repose, à l'aide de quatre galets, sur des rails en fer en U, sur lesquels on déplace le treuil tous les trois ou quatre sillons; ce déplacement s'opère mécaniquement par un câble en chanvre fixé à un piquet planté en terre et qui s'enroule sur une poupée (fig. 16) montée sur l'arbre du treuil de retour.

Pour le transport, on place deux roues sur l'essieu représenté à la partie inférieure, et une à deux paires de bœufs suffisent pour déplacer le treuil qui ne pèse que cinq tonnes.

Enfin, les appareils sont enfermés dans une enveloppe de planches recouverte de zinc et de carton bitumé; deux portes sont disposées, l'une sur le côté en face du tableau, l'autre à l'arrière, permettant de visiter la dynamo.

Reste à parler maintenant de la charrue et du câble de transmission.

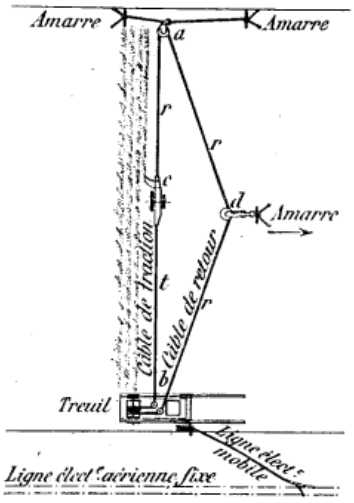


Fig. 19. — Schéma de l'installation de M. Prat.

La charrue a un soc (fig. 18) de 70 à 80 centimètres de hauteur et est à peu près symétrique par rapport à son arbre (1) : à chaque extrémité, un siège et une manette permettant de diriger la charrue; au centre, une manivelle règle la profondeur du défoncement qui est mise au point voulu au début du labourage; cela est obtenu par le déplacement des essieux des deux roues; à gauche, le soc; à droite, une roue donnant un troisième point d'appui dans le retour à vide. On a, en outre, placé à cette extrémité une charge contrebalançant le poids du soc, et cela, à la suite des plaintes du conducteur qui était trop cahoté. Enfin, le basculage est obtenu par le transport d'un poids sur un câble en acier, d'une extrémité à l'autre. Cette opération se fait en quelques secondes à l'aide d'une manette.

On remarquera que la charrue est supportée par deux roues, dont l'une est dans le sillon (la grande), et l'autre sur la terre non travaillée. Aussi le champ, une fois labouré, a-t-il un aspect très régulier.

Nous arrivons maintenant au câble tracteur de la charrue. Il a 250 mètres de long, et celui de retour 550 mètres. On peut donc faire un labourage à 450 mètres au maximum de chaque côté de la ligne électrique, soit une moyenne de 800 mètres de largeur, sur une longueur de 1 800 mètres. On peut donc travailler une superficie de 144 hectares, superficie qu'il sera très facile d'augmenter en prolongeant les lignes aériennes.

En général, pour immobiliser les différents appareils, treuils, poulies, etc., on se sert de piquets plantés en terre et souvent d'arbres.

(1) Cette charrue a été construite par M. Pelous.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Voici un schéma (fig. 19) qui fera facilement comprendre la disposition sur le terrain.

Le courant arrivant par la ligne fixe est amené au treuil par la ligne mobile; ce treuil, par le câble t, amène la charrue c de a en b; puis, après l'opération du basculage, on la ramène de b en a par le câble de retour r, lequel forme un triangle en passant par la poulie d, qui est déplacée dans le sens de la flèche, au bout d'un certain nombre de raies.

La poulie a court sur le câble qui sert à la relier aux amarres; on peut ainsi ne déplacer ces dernières qu'après un nombre assez grand de raies.

Après l'accomplissement des travaux, la terre se trouve pulvérisée, brassée de telle façon qu'une canne y pénètre comme dans du sable, et cela sans que le dessous soit ramené par-dessus.

Voyons maintenant les résultats des premiers essais de labourage :

Vitesse de charrue au travail, par minute	$26^{m},50$
— — retour à vide	87^{m}
Profondeur du sillon	60 à 70^{cm}
Largeur de la bande	50^{cm}

	Volts.	Ampères.
Dynamo génératrice. Charrue en travail	375	35
— — à vide	375	16
Dynamo réceptrice. Charrue en travail	325	35
— — à vide	360	10
Réceptrice seule avec l'arbre des manchons	375	3,5

Il faut noter que le terrain est argilo-siliceux, humide et fortement adhérent aux roues et au soc de la charrue.

Voici le temps nécessaire pour les différentes manœuvres, si l'on opère sur un rayage de 200 mètres.

Labour	$7^{m},30^{s}$
Arrêt et bascule de la charrue	2^{m}
Retour à vide	$2^{m},20^{s}$
Arrêt et bascule de la charrue	2^{m}
	$13^{m},50^{s}$

En pratique, M. Tailhade admet 15 minutes pour une raie de 50 centimètres de largeur, de sorte que la surface labourée par heure est d'environ 400 mètres carrés, soit, pour dix heures de travail, 4 000 mètres carrés.

M. Ringelmann, d'après un calcul intéressant (1), arrive à mettre en doute les

(1) Voici ce calcul extrait du *Journal d'Agriculture pratique :*

« La réceptrice nécessite, lors du travail de la charrue, 11 375 watts, ce qui correspond à

$$\frac{11\,375}{736} = 15^{chx},43 \text{ ou } 1157,25 \text{ kilogrammètres par seconde.}$$

« Le mécanisme du treuil absorbant à lui seul 1312w,5 soit $1^{ch},55$ ou $115^{kgm},7$, le rendement du mécanisme est de 90 p. 100 (arbres et engrenages).

« On peut bien admettre les rendements favorables suivants (sans compter celui de la réceptrice) : mécanisme et treuil en fonctionnement pratique 0,7; câble trainant à terre (M. Tailhade nous a certifié que ce câble ne trainerait pas à terre par suite de la traction), résistance à l'entrainement et poulies

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mesures de la bande données par M. Tailhade; nous avons voulu savoir à quoi nous en tenir, et, très récemment, M. Prat nous a envoyé les mesures prises pendant la marche des appareils :

Profondeur du sillon. Terre argilo-siliceuse	60^{cm}
— légère	70^{cm}
Largeur du sillon	50^{cm}

Si nous adoptons un rendement industriel de 0,815 aux dynamos, ce qui correspond à 600 watts par cheval-vapeur, le travail absorbé sur l'arbre horizontal de la turbine par la dynamo génératrice sera de $\frac{375 \times 35}{736 \times 0,815} = 21^{chx},8$.

L'énergie électrique réellement transmise à la ligne aérienne, au départ de l'usine, est de $\frac{375 \times 35}{736} = 17^{chx},80$.

A l'arrivée sur la dynamo réceptrice du treuil, l'énergie électrique est de

$$\frac{325 \times 35}{736} = 15^{chx},5.$$

Le rendement industriel de la dynamo étant de 0,815, la puissance absorbée par le treuil sur l'arbre de la dynamo réceptrice est de $15,5 \times 0,815 = 12^{chx},6$.

de renvoi 0,5; le rendement final serait de $0,7 \times 0,5 = 0,35$. Si t est le travail dépensé par la charrue, T celui de la puissance motrice, on a : $t = T \times 0,35$, et, dans notre cas particulier, $t = 1\,157,25 \times 0,35 = 405,03$ kilogrammètres par seconde.

« La vitesse étant de $0^m,441$ par seconde, l'effort nécessité serait de $\frac{405,03}{0,441} = 918^{kgm},4$, soit une traction par décimètre carré de $\frac{918,4}{5 \times 6} = 30^{kgm},61$. »

Ce chiffre paraît trop faible pour une charrue de défoncement; il y a donc une erreur, et M. Ringelmann pense qu'elle doit être imputée à la dimension du labour plutôt qu'à une lecture d'unités électriques; il est d'ailleurs possible, dit-il, que les lectures à la génératrice et à la réceptrice n'aient pas été faites au même instant.

« Une terre argilo-siliceuse, collante, aurait dû présenter, pour un labour de défoncement, une résistance d'au moins 60 kilogrammes par décimètre carré (dans les conditions les plus favorables), soit 1 800 kilogrammes de traction, travail utile par seconde $1800 \times 0,441 = 793,8$ kilogrammètres, et l'ensemble du mécanisme (transmission, frottement du câble sur le sol et résistance à l'enroulement, etc.) aurait, dans ce cas, un rendement final de 68 p. 100, chiffre que nous ne pouvons admettre pour de semblables machines.

« A l'appui de ce que nous venons de dire, la charrue, lors du retour à vide, demande 5 600 watts, soit $5600 \times 0,10 = 560$ kilogrammètres par seconde, alors, qu'en charge, le travail est $1157^{kgm},25$; donc, sans compter le supplément de résistance lors de l'enroulement du gros câble de traction, on aurait un rendement de $\frac{560}{1\,157,25} = 0,48$.

« Nous pouvons bien admettre que le câble de traction (lors de son travail) et les poulies sur leurs axes (plus fortes pressions) représentent un rendement maximum de 0,80 (chiffre bien exagéré), le rendement final du mécanisme lors du travail de la charrue serait de $0,48 \times 0,8 = 0,384$, alors que nous avions admis, par comparaison avec des essais antérieurs, le rendement de 0,35.

« M. Ringelmann préfère supposer une erreur dans les dimensions du labour que dans les mesures électriques.

« Voyons le rendement de la transmission électrique :

	Travail.		Rendement de la ligne.
	Génératrice.	Réceptrice.	
Charrue en travail	13 125 w.	11 375 w.	0,86
— lors du retour à vide	6 000 w.	5 600 w.	0,93

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

D'après cela, le rendement de la transformation de l'énergie électrique en travail mécanique est de 71 p. 100, ce qui est très satisfaisant si on considère les rendements des installations précédentes.

Il serait intéressant de connaître le rendement final : du travail de la turbine à celui de la charrue ; c'est ce que nous allons établir, grâce à quelques notes que nous a communiquées M. P. Tailhade.

Il a fait divers essais qui auraient été simplifiés par l'emploi d'un dynamomètre de traction, qu'il n'avait pas, aussi opérerons-nous par déduction.

La charrue à vide, sans faire de sillon, roulant sur le terrain et tirée par le treuil, a donné les indications suivantes :

360 volts, 10 ampères.

d où :

$$\frac{360 \times 10}{736} = 4^{chx},90, \text{ ou bien } 4,90 \times 75 = 367^{kgm},5.$$

Ceci nous représente le travail des résistances passives du mécanisme du treuil et des câbles dans leur enroulement et déroulement ; lorsque la charrue travaille, l'effort devient beaucoup plus grand, et si on admet le rendement du mécanisme de 0,80 environ, la puissance absorbée par les résistances passives pendant que la charrue travaille sera de $\frac{367,5}{0,8} = 459^{kgm},37$.

Si nous déduisons ce travail de la force prise par la charrue au fonctionnement, nous aurons à peu près exactement le travail mécanique dû à la résistance de la terre.

L'énergie électrique sur la réceptrice étant de

$$15^{chx},5 \text{ ou bien } 15^{chx},5 \times 75 = 1162^{kgm},5,$$

la différence de 1162,5 à 459,37, soit 703,2 kilogrammètres, représente bien le travail indiqué ci-dessus.

Nous avons vu que le travail absorbé par la dynamo génératrice sur l'arbre horizontal de la turbine était de

$$21^{chx},8 \text{ ou bien } 21,8 \times 75 = 1635 \text{ kgm.}$$

Le rendement du travail du moteur à celui de la charrue sera de $\frac{703,2}{1635} = 0,43$.

Puisque nous connaissons le travail de la charrue, nous pourrons aussi en déduire la traction par décimètre carré de section de sillon ; nous savons que la vitesse de la charrue en travail est de $26^{m},50$ par minute, soit de $0^{m},441$ par seconde ; l'effort de traction est de $\frac{703,2}{0,441} = 1600$ kgs.

Si on compte sur une largeur de sillon de $0^{m},50$ et une profondeur moyenne de $0^{m},55$, la traction par décimètre carré de section de labour sera de $\frac{1600}{5 \times 5,5} = 58$ kgs, ce qui correspond à peu près aux divers essais entrepris sur des terrains analogues aux stations d'essais de Grignon et de Grandjouan.

Quinze jours avant la mise en marche, M. Prat apprenait qu'une tentative faite en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Algérie avait complètement échoué, engloutissant un gros capital (1), et c'était avec une certaine anxiété qu'il voyait approcher le moment décisif. Aussi quel émoi quand, le premier jour de marche, à peine avait-on commencé à labourer, tout à coup, un arbre servant de piquet se trouva déraciné, et tout s'arrêta. On examine et on constate qu'un mur souterrain, dont on ne soupçonnait pas l'existence, a entravé le travail. (On labourait à 70 centimètres de profondeur.) On transporte la charrue au delà de ce malencontreux mur, et, cette fois, le labourage s'effectue à merveille, sans le moindre accroc. Le choc occasionné par cette résistance inattendue n'a rien brisé, rien endommagé dans les machines.

A combien se sont élevés les frais de cette installation électrique? Voici les chiffres d'après M. Tailhade.

Travaux d'appropriation.

Travaux de construction et de terrassements; appropriation du vieux moulin pour recevoir le moteur et les machines; creusement des canaux d'amenée et de fuite, réfection du barrage, vannes de prise d'eau, de décharge, creusement du bassin de réserve d'eau, etc.	8000 fr.

Usine génératrice.

	Francs.
Turbine de 25 chevaux avec grille, vanne et transmission.	6500
Dynamo génératrice — — —	2500
Tableau de distribution et appareils divers	500
Total.	9500

Ligne électrique.

Ligne aérienne de 1840 mètres en fils câblés (2 fr. 22 le mètre), y compris les isolateurs..	4000
Outillage divers de l'usine.	150
Total.	4150

Appareils à labourer.

Dynamo réceptrice..	2500
Tableau et rhéostat block système, appareils divers.	650
Ligne du treuil, en câbles isolés de 200 mètres de long (6 fr. le mètre)	1200
Treuil complet, avec rails, câble de traction et de retour.	5800
Charrue à bascule à un seul corps	2200
Outillage du treuil, 8 crics de 3000 kilog. et divers.	250
Total.	12600

Mais, ayant l'électricité à si bon compte, il était naturel de faire une installation pour l'éclairage, et elle doit supporter une partie des frais d'établissement.

Cet éclairage devait être d'abord de trente lampes à incandescence de 16 bougies. Cependant la machine avait été prise plus forte, au cas où on augmenterait le nombre de lampes, ce qui d'ailleurs s'est réalisé. En effet, aujourd'hui on ne compte pas moins de quatre-vingt-dix lampes à incandescence variant de 5 à 32 bougies, réparties dans le château, la maison du régisseur, l'usine, les écuries, granges, etc., plus deux lampes à arc de

(1) Les causes de cet échec ont été, en premier lieu, la suppression du régulateur de la turbine sur le conseil d'un ingénieur, et ensuite un chariot beaucoup trop lourd, 15 à 20 tonnes, ainsi qu'un câble trop gros.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

6 ampères avec globes diffuseurs pour l'éclairage du parc autour du château. Par suite de cette augmentation, la canalisation d'une longueur de 1600 mètres était trop faible; il fallait ou la changer ou la doubler, ce qui devenait alors très onéreux. M. Tailhade eut recours à deux commutateurs doubles, dont l'un au tableau de l'usine et l'autre au château, permettant d'accoupler la ligne de transport de force à la ligne d'éclairage, et cela, pendant que l'éclairage fonctionne; grâce à ce dispositif simple et ingénieux, les lampes brillent de tout leur éclat, car la perte de volts due au transport est devenue insignifiante.

L'éclairage fonctionne tous les jours du coucher du soleil à 11 heures du soir, et de 4 heures du matin au jour; d'ailleurs le conducteur de l'usine peut être averti téléphoniquement si la durée de l'éclairage doit être modifiée.

Voici les devis relatifs aux sonneries et à l'éclairage.

Téléphone.

1° Téléphone du château à l'usine, sonnerie du treuil, appareils divers 3 lignes bronze silicieux de 1800 mètres de longueur et isolateurs, deux conducteurs souples, isolés, de 200 mètres de longueur, de la ligne au treuil	1200

Éclairage.

2° Dynamo avec rhéostats et appareils.	1000
Ligne aérienne, de 1600 mètres de long, en fil de cuivre câblé, isolateurs et ferrures.	2500
90 lampes à incandescence de 5 à 32 bougies avec appareillage complet.	2250
2 lampes à arc de 6 ampères, appareillages, globes diffuseurs, fils sous plomb, charbons de rechange.	500
Lustrerie du château.	1600
Total.	9050

Avec ces données complètes, on pourra établir le prix réel de l'hectare, à Enguibaud, d'après M. Tailhade.

On trouve 34250 francs pour le matériel à labourer; mais comme une partie des frais sont communs à l'éclairage électrique, on estimera le capital engagé à 30000 francs, à raison de 120 jours par an; la surface labourée par an, à raison de 1/3 d'hectare par jour, en tenant compte des arrêts et déplacement du matériel, sera de $120 \times 0{,}333 = 40$ hectares employant

1 homme à l'usine génératrice.	3
1 — au treuil.	3
1 — à la charrue.	3
1 aide	2
Total.	11
Amortissement du capital à 10 p. 100.	3000
Main-d'œuvre : 120×11	1320
Huile et divers	100
Total.	4420

Par suite, le prix de revient d'un hectare défoncé est de $\frac{4420}{40} = 110$ francs.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ce chiffre est inférieur de moitié au moins aux divers prix de revient de tout autre système de labourage, même si on ajoutait le bénéfice que prennent des entrepreneurs possédant un matériel de labourage qu'ils louent.

L'économie que réalise M. Prat n'atteint pas encore son maximum; car il faut que le bétail du domaine transforme en viande ses produits alimentaires, au lieu de fournir du travail.

Il est certain qu'on ne pourra pas toujours défoncer les terrains. Aussi, dès que la plus grande partie des défoncements auront été faits, on commencera des labours légers avec la charrue actuelle qui sera transformée à cet effet en charrue à trois socs; le bâti a été construit pour recevoir indistinctement un soc pour défoncement ou plusieurs socs pour les labours de $0^m,25$ à $0^m,10$ de profondeur, au lieu d'être réservé aux seuls labours de défoncement, qui ne sont pas une opération culturale courante, mais une amélioration. M. Félix Prat espère résoudre ce problème en montant un nouveau treuil plus léger de 4 à 5 chevaux. Il installera des machines génératrices dans les différents bâtiments du domaine pour faire mouvoir soit des batteurs, soit des ventilateurs et des sécheuses pour le foin, ce qui permettrait d'éliminer les risques du mauvais temps.

En dehors de ces travaux agricoles, sur le domaine d'Enguibaud, on exploite une certaine quantité de bois, et, entre autres, les mûriers plantés autrefois dans les champs défoncés. Ils ont fourni un volume de bois assez considérable, dont la valeur en grume est insignifiante; il n'en fallait évidemment pas davantage pour donner l'idée à son intelligent propriétaire de tirer un meilleur parti de ces bois, et pour cela, de monter une scierie mécanique qui serait mue par le moteur pendant les jours de pluie ou de chômage de la charrue et conduite par le même personnel.

Ce projet fut aussitôt mis en pratique, et, depuis près d'un an et demi, M. Tailhade a monté à proximité du moteur, commandée par l'arbre horizontal, une scie à ruban de 1 mètre de diamètre avec chariot à griffes, à mouvement d'avance automatique et pouvant scier des bois en grume de 7 à 8 mètres de long.

Cette machine est pourvue d'un plateau en fonte démontable permettant de scier les petites planches ou de faire divers autres travaux délicats de scierie.

Cette petite usine de sciage possède une meule d'émeri pour l'affûtage des lames de scie, une meule à émoudre, et la transmission de cet outillage, prolongée à l'intérieur, peut commander divers appareils agricoles, tels que hache-paille, égrenoir à maïs, etc.

Les services qu'a rendus cette scierie sont déjà très grands et beaucoup de propriétaire des environs y apportent leurs bois, qu'on débite à leur gré et à façon.

Les résultats obtenus par ses défoncements encouragent M. Prat à poursuivre ses améliorations; il a fait préparer des études pour la construction d'un autre appareil appelé à rendre aussi de grands services : une faucheuse-faneuse mue par l'électricité.

Les céréales présentent une vigueur toute spéciale; malheureusement, l'installation est trop nouvelle pour qu'il soit possible de rien préciser encore quant aux rendements : ce serait agir à la légère, ce que M. Prat redoute par-dessus tout. Ce n'est, en quelque sorte, encore que des essais que l'on a faits, et seulement depuis cette année. Ils ont été très satisfaisants et donnent bon espoir pour l'avenir.

Certainement, l'installation de M. Prat est un exemple qui a suffisamment réussi pour que l'on puisse aujourd'hui chercher à l'imiter.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Malheureusement, il faut encore de trop grands capitaux pour que les agriculteurs ordinaires soient à même de le suivre ; mais la question sera peut-être résolue par M. Vergnes, de Castelpers, qui installe en ce moment une usine électrique dans l'Aveyron, dans la commune de Montlaur, près de Camarès, afin de produire de l'électricité au moyen d'une chute d'eau, se proposant de la distribuer à l'état de lumière et de force motrice pour l'agriculture et l'industrie.

Il dispose d'une force hydraulique avec adjonction d'une machine à vapeur de secours.

La chute produite par le Dourdou est de 70 chevaux (1); les turbines sont du type horizontal centripète, à tube d'aspiration et à admission totale ou partielle par un tiroir. Rendement, 80 p. 100. Il y aura deux turbines, de 25 chevaux chacune, de façon à obtenir presque toujours, quelles que soient les nécessités de la marche, une admission totale pour maintenir ce rendement. Cela n'aurait pas lieu avec une seule turbine que l'on ferait fonctionner avec des admissions diverses.

La machine à vapeur, de 50 chevaux, est à condensation, alimentée par un générateur multitubulaire de 950 kilogrammes de vapeur à l'heure ; la vaporisation sera de 8 litres par kilogramme net de charbon.

M. Vergnes a imaginé une disposition très ingénieuse, permettant d'attaquer directement la génératrice électrique par n'importe laquelle des trois machines, afin de supprimer toute complication qui abaisserait les rendements.

Comme l'énergie produite sera utilisée en force et en lumière, les courants triphasés ont été choisis pour permettre le démarrage des moteurs sous charge avec un couple même supérieur à celui qu'ils développent normalement. La génératrice est à 3 600 volts ; la ligne de transport est, sous cette même tension, en fil de bronze siliceux : conductibilité, 98 p. 100 ; résistance mécanique par millimètre carré, 45 kilogrammes. Dans l'intérieur de l'usine, ces canalisations seront formées de câbles en fil de cuivre à grand isolement ; à la sortie, la ligne aérienne sera protégée par un parafoudre avec plaque immergée. La ligne primaire a 7 kilomètres, et les isolateurs sont spéciaux, à triple cloche. On a employé des poteaux en bois injecté au sulfate de cuivre ou à la créosote de 9 mètres de hauteur.

Ces poteaux seront défendus de toute approche par une ronce artificielle en fer galvanisé.

La distance respective entre chacun des trois conducteurs sera de $0^m,35$.

Le conducteur le plus bas sera fixé à $6^m,50$ au-dessus du sol, et, au point le plus bas de la flèche, il se trouvera toujours à 6 mètres au moins au-dessus du sol.

A tous les croisements de conducteurs sur la voie publique, ils seront placés à 8 mètres au-dessus du sol, et l'angle de la ligne avec la voie ne sera jamais inférieur à 60°.

La densité du courant dans les conducteurs ne dépassera pas 9 à 10 ampères par millimètre carré de section ; enfin, dans la traversée des lieux habités, les conducteurs seront isolés au caoutchouc.

Le courant, à son arrivée, sera reçu dans des transformateurs monophases, pour éviter l'usage du quatrième fil d'équilibre, et, dans son système, M. Vergnes met un

(1) La force disponible sur l'axe des turbines, étant donné un rendement de 80 p. 100 pour celles-ci et la chute utilisable étant de $4^m,50$, est de :

Avec le débit des eaux moyennes pendant 8 mois de l'année, soit 1 500 à 1 800 litres, 70 à 80 chevaux.

Avec les débits de sécheresse pendant 4 mois de l'année, soit 450 à 600 litres, 20 à 30 chevaux.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

transformateur monophase sur chacun des ponts du triphase (fig. 20), réalisant ainsi deux secondaires indépendants à deux fils sous 120 volts. Les moteurs seront à tension directe, sauf en ce qui concerne les moteurs pour le labourage; chaque chariot portera un transformateur pour réduire la tension à 200 volts. Les prises de courant se feront le long de la ligne primaire, les champs à labourer se trouvant le long de celle-ci. Le rendement de l'ensemble du transport sera de 70 à 75 p. 100.

La ligne desservant Camarès traverse, sur une étendue de 6 kilomètres, des champs de labour considérables, appartenant à d'assez grandes fermes. D'une enquête faite sur place, il résulte que les gros fermiers dont les terres labourables se trouvent à proximité de la ligne seraient très désireux de louer de la force motrice pour leurs travaux agricoles, car les frais que leur occasionnent les bœufs qu'ils ont à entretenir pour ce travail sont considérables, et ils remplaceraient ceux-ci par des brebis dont la nourriture est moins coûteuse et qui produisent du lait servant à la fabrication du fromage de Roquefort. Les terrains labourables sont rigoureusement en palier.

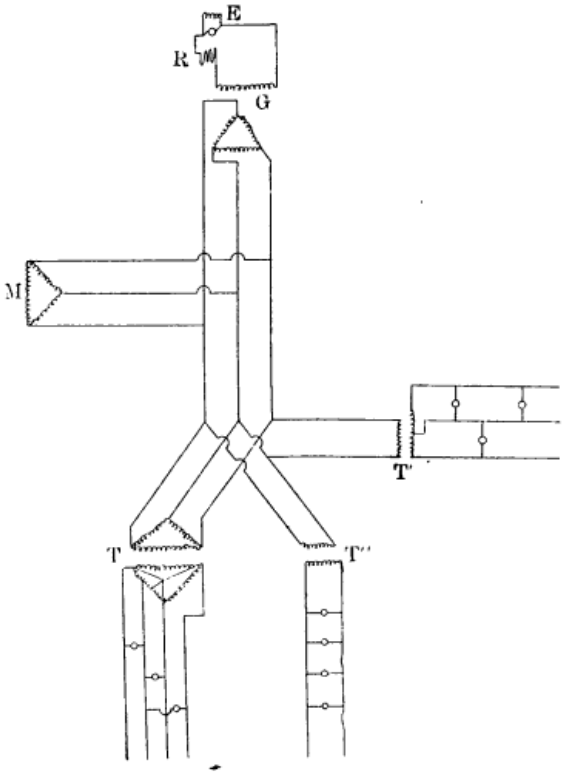


Fig. 20. — Schéma explicatif de l'installation de M. Vergnes de Castelpers.

E, excitatrice; R, rhéostat; G, génératrice à haute tension; M, moteur monté à tension directe; T, transformateur triphasé avec secondaire à 4 fils, dont l'un d'équilibre (système non employé à cause de sa complication); T', transformateur monophase avec secondaire à 3 fils (système employé); T'', transformateur monophase avec secondaire à 2 fils (système employé).

L'irrigation a une très grande importance dans cette région, et les populations se sont imposé de très lourds sacrifices pour créer des digues sur la rivière et améliorer leurs champs par l'irrigation. Avant la réalisation de cette œuvre, la culture donnait de très mauvais rendements. Comme exemple, on peut citer les fermes de Caylus et de Promillac, qui, avant l'application de l'irrigation, rapportaient 5 000 francs chacune et rapportent maintenant 12 000 francs. Les populations, pour réaliser ces améliorations, se sont formées en syndicats, et celui de Montlaur est le plus puissant. Or, seules, les terres au niveau de la rivière peuvent être irriguées et les terres à flanc de coteau ont conservé leur aridité primitive. D'une enquête faite auprès du syndicat de Montlaur, il résulte qu'il désirerait vivement pouvoir, à l'aide d'une ou de plusieurs pompes centrifuges mues électriquement, faire remonter les eaux au niveau des terres à arroser.

La force électrique pourrait, dans la suite, être également employée, le long de la ligne, au battage des grains.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. Vergnes espère pouvoir labourer, pour les particuliers, à raison de 25 francs l'hectare.

Dans les installations précédentes, on n'a encore appliqué l'électricité qu'aux travaux des champs; mais nous avons vu dernièrement une installation où, au contraire, on s'est borné aux travaux intérieurs de la ferme.

C'est l'installation faite à la ferme du Bois, près la My-au-Roi, aux environs de Beauvais, par la maison Fabius-Henrion de Nancy.

Cette ferme appartient à l'Institut agronomique de Beauvais, dirigé par les Frères des Écoles chrétiennes.

Grâce à l'amabilité du Frère directeur, nous avons pu étudier cette installation dans tous ses détails ; malheureusement, les appareils de mesure installés étaient ou défectueux ou pas assez précis pour nous permettre de faire quelques mesures.

La force motrice de 45 chevaux est donnée par une chute de $1^{m},60$.

Le moteur est une turbine « Hercule » noyée, de 25 chevaux; on n'utilise donc qu'une partie de la chute. On espère employer le reste plus tard, pour produire de la lumière et faire marcher un moulin. L'axe vertical de la turbine fait mouvoir une poulie d'environ $1^{m},50$ de diamètre, laquelle, à l'aide d'une courroie et par transmission d'équerre, actionne un arbre horizontal portant trois poulies de 1 mètre de diamètre, dont l'une est réunie à l'arbre moteur; une des deux autres sert à mettre en mouvement une scierie installée dans l'usine; enfin la dynamo génératrice est mue par la dernière. La différence de potentiel aux bornes de cette machine est de 500 volts.

Un régulateur actionné par courroie et muni d'une sonnerie prévient le surveillant d'un changement de vitesse dans les appareils.

Le courant est envoyé, à la tension de 500 volts, à la ferme située à 1 300 mètres de l'usine.

Il est reçu dans un tableau de distribution qui le partage entre deux dynamos réceptrices du type Fabius-Henrion de $6^{chx},8$, tournant à 950 tours, pesant 350 kilogrammes.

L'une des deux réceptrices était employée, lors de notre visite, à faire marcher une batteuse absorbant 6 chevaux. Cette réceptrice était montée sur un char à quatre roues, lequel était placé sur une planche de bois épaisse; elle était reliée à la batteuse par courroie. On obtenait la tension de cette dernière à l'aide d'un tendeur (1) dont une extrémité était fixée à un point immobile et l'autre au chariot portant dynamo, rhéostat, ampère-mètre et volt-mètre.

La courroie est cause de nombreux ennuis ; il faut une personne chargée de la surveiller continuellement et de la retendre.

On pourra peut-être demander alors où est l'économie réalisée? Le personnel est le même que pour le battage à la vapeur, le mécanicien étant remplacé par un surveillant; mais plus de charbon de consommé, personne d'employé à transporter ce combustible et l'eau nécessaire à la chaudière. On va aussi, paraît-il, plus vite; on fait plus d'ouvrage.

Il y a bien, il est vrai, l'usinier, mais il est employé en même temps à fournir l'électricité pour tous les moteurs de la ferme, car, comme je l'ai dit précédemment, il y a une deuxième réceptrice à 500 volts qui fait mouvoir par courroie une dynamo à

(1 Ce tendeur, analogue à celui des chemins de fer, se compose d'un long écrou à chaque extrémité duquel pénètre une vis.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

deux pôles (type Fabius-Henrion), à 110 volts et 26 ampères, de 4 chevaux 75, à 1 440 tours par minute (poids 200 kilg.) servant à la charge de deux batteries, de trente accumulateurs, dont cinq en réserve.

Ces accumulateurs servent à l'éclairage; on dispose en effet de soixante lampes (de 10, 16, 20 et 32 bougies), qui sont réparties dans les appartements, les écuries, les cours, les entrées, etc.

Mais cette deuxième réceptrice est, elle aussi, montée sur un petit chariot comme la première; on va installer dans un hangar un arbre de transmission portant plusieurs poulies reliées par courroies aux différents appareils de la ferme, hache-paille, coupe-racines, etc. On déplacera la locomobile que l'on réunira à l'arbre par courroie.

Cette ferme est donc en voie de transformation complète, et ce sera bientôt une véritable usine agricole, qui pourra avoir une très grande portée puisque c'est là que les élèves de l'Institut agronomique de Beauvais font leurs études pratiques; malheu-

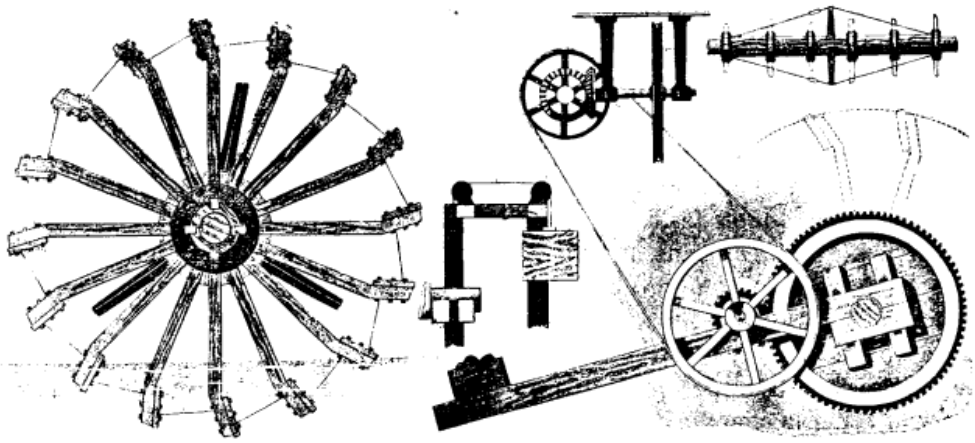


Fig. 21. — Roue hydraulique employée à Potsdam (Amérique).

reusement, frères et élèves ne sont pas assez électriciens, de sorte que la moindre réparation, et ils en ont eu assez souvent, nécessite le concours du fabricant.

Dans toutes les installations précédentes, on employait soit la vapeur, soit les chutes d'eau à l'aide de turbines.

Mais comme on ne peut point partout disposer d'une chute d'eau, je veux, en passant, parler d'une roue employée à Potsdam, en Amérique, dans une rivière sans chute.

Cette *roue* flotte et peut s'élever plus ou moins, suivant la force dont on a besoin.

Voici une figure (fig. 21) qui donnera les détails de sa construction : à gauche, une coupe de cette roue; au centre, un croquis du support de l'arbre opposé à l'usine; le coussinet est suspendu à un contrepoids; enfin, à droite, le détail du montage de la transmission dans l'usine et au-dessus une coupe de la roue par l'axe. Elle tourne de 6 à 30 tours par minute et a développé 200 chevaux. La dépense totale, avec poulie, courroie et câble de transmission, etc., a été de 2 500 dollars. Toutes les parties ont travaillé sans bruit et sans usure. Elle a été construite par les employés ordinaires de la Potsdam Red Sandstone Company, et elle est utilisée à l'extraction du marbre.

La rivière, en hiver, sert à faire circuler des trains de bois; 200 000 bûches cir-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

culent pendant une saison. Durant plusieurs années, il ne s'est cassé aucune palette.

En dehors des moulins hydrauliques, il existe de temps immémorial, sur les côtes découpées du Finistère, des moulins de mer, à l'embouchure de quelques-unes des petites rivières. Sur les côtes du New-Jersey, il existe des appareils destinés à utiliser l'énergie des vagues de la mer, lesquelles, venant frapper sur des plaques de 7 mètres de long, donnent une impulsion suffisante afin de produire un coup de piston employé pour faire monter de l'eau. Il y a encore le *vent*, dont on a fait de nombreuses applications en vue de produire de l'électricité. La première tentée en France est celle de M. de L'Angle Beaumanoir, pour éclairer le phare de la Hève en 1885; depuis, il s'en est produit beaucoup en Amérique, et très peu chez nous (1).

On voit que, de plus en plus, les forces naturelles se substituent à la vapeur, et cela par l'intermédiaire de l'électricité.

Terminons l'étude de cette question en rappelant que le champ qui lui est ouvert n'est pas nécessairement restreint par l'obligation de capter une force naturelle. C'est ainsi que M. Mankiewick, fermier à Falkenrehde, utilisant depuis six ans l'électricité dans sa ferme tout entière, emprunte l'énergie qui lui est nécessaire à une machine à vapeur. La consommation de charbon de terre, qu'il employait autrefois pour mettre sa batteuse seule en mouvement, n'a pas changé. En dix ans, le capital sera amorti.

Il faudrait encore parler d'une charrue américaine, essayée près de Chicago, qui peut marcher dans toutes les directions avec une vitesse quelconque.

Elle consiste (fig. 22). dans une plate-forme à deux roues, un moteur et une charrue. Les deux roues sont en fer avec des lames affilées pour avoir une bonne adhérence sur le sol.

Il y a une boîte de résistance pour régulariser le courant.

On emploie un fil un peu plus gros que celui employé dans la lumière à incandescence, pour relier la charrue à la ligne fixe.

Le courant est à 500 volts.

Un tambour dévide le câble flexible.

(1) La première application importante qui ait été faite de cette combinaison du vent et de l'électricité est celle de M. C. F. Brush à Cleveland (États-Unis). Tout dans cette installation est automatique, le courant est coupé lorsque la charge des accumulateurs atteint 75 volts et s'ouvre lorsqu'elle retombe à 70. La propriété de M. Brush est munie de 350 lampes à incandescence de 10 à 15 bougies. Pendant le jour, on effectue de nombreux travaux.

M. de Graffigny a fait une installation semblable chez un menuisier qui avait besoin douze heures par jour d'une force de 2 chevaux.

Le moulin est loué environ 1 franc par jour.

L'installation, comprenant dynamo génératrice, batterie d'accumulateurs, moteurs et lampes, revient à 6 500 francs.

Donc, pour 24 chevaux-heure pendant 290 jours, les dépenses sont de :

	Francs.
Pour l'intérêt de 6 500 francs à 4 p. 100.	260
Location de la force motrice.	375
Entretien des accumulateurs.	175
Graissage, réparation, etc.	190
Total.	1 000

Le cheval-heure revient ainsi à 0 fr. 14, environ moitié moins qu'avec le pétrole.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Cet appareil peut aussi servir comme moyen de traction pour les machines en dehors de la ferme.

Enfin on est à même de l'employer pour les semoirs et les moissonneuses, car il n'est pas très lourd.

On a construit un modèle semblable à vapeur, mais son poids considérable l'a fait abandonner.

Chez plusieurs viticulteurs d'Algérie, où le travail des Arabes est coûteux et peu

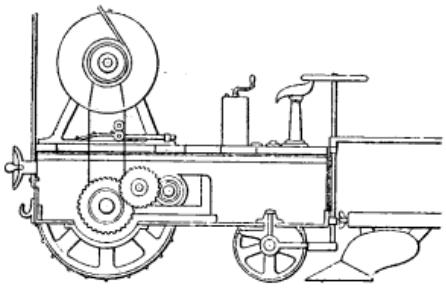


Fig. 22. — Charrue électrique américaine.

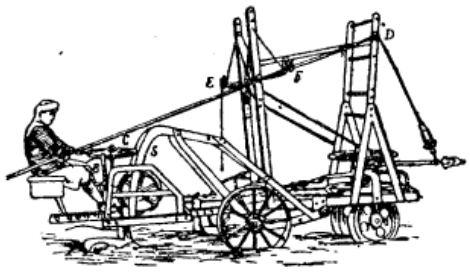


Fig. 23. — Charrue de Ben Sala.

satisfaisant, on a disposé, depuis quelque temps déjà, un matériel électrique qui se charge de toute la besogne. A l'aide d'une machine à vapeur et d'une dynamo, on se propose d'obtenir d'abord l'éclairage des pressoirs; le courant actionne en outre sept moteurs d'une puissance de 2 à 10 chevaux chacun. L'un de ces moteurs met en

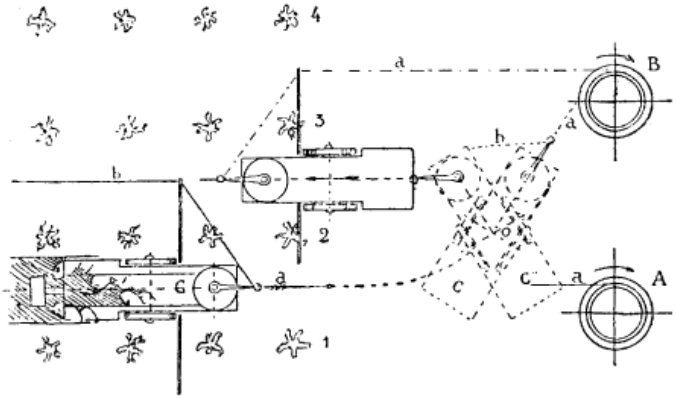


Fig. 24. — Labourage électrique de Ben Sala. Opération du retournement.

mouvement une sorte d'appareil dragueur, qui ramasse les grappes amoncelées sur la terre et les dépose dans les pressoirs. Ceux-ci sont mis en mouvement par trois autres moteurs; quant aux trois derniers, ils sont directement accouplés à des pompes centrifuges qui entonnent le vin.

M. Abel Pilon, propriétaire du domaine de Ben-Sala, près Boufarick, emploie l'électricité pour effectuer le labourage de sa vigne avec le système à double effet à 2 treuils. La charrue a (fig. 23) une disposition très ingénieuse; on a appliqué, dans sa construction, des idées absolument nouvelles, qui faciliteront l'emploi de l'électricité dans ce genre de travail. Le câble tracteur n'est pas attaché à un point fixe sur la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

charrue, mais à une tige mobile autour d'un axe vertical. On obtient la direction au moyen d'une roue C, analogue à celle employée pour le gouvernail des bateaux; elle agit sur les deux roues antérieures formant avant-train au moyen de deux chaînes. Le conducteur est ainsi absolument maître de la direction de sa charrue qui est à plusieurs socs. La charrue allant d'un sens, pose le câble B (fig. 24) nécessaire à la traction pour le retour. Ce câble est fixé aux retenues E ou F alternativement. Le volant C sert à régler la profondeur. L'opération du retournement est expliquée par la fig. 24. Soit A le treuil qui amène la charrue en C, lorsque la charrue est de cette position, on déplace le treuil A en B, puis on amène la charrue en C, et, à ce moment, le treuil placé à l'extrémité opposée tire sur le câble B.

Il faudrait encore décrire les installations de M. Pech à Abziza (Algérie), où l'on dispose d'une machine de 60 chevaux qui, par l'intermédiaire de l'électricité, actionne des wagonnets, des pompes et des monte-charges, et celle de l'usine municipale d'El Biar, près d'Alger, qui éclaire cette petite ville et vend de la force motrice aux particuliers pour faire tourner leurs norias au moyen desquels ils élèvent l'eau pour arroser leur jardin. Il y aurait aussi à parler des différentes fermes qui, en Savoie et en Suisse, emploient depuis longtemps la transmission électrique (1).

En terminant, je ferai remarquer que notre pays tient l'un des premiers rangs dans l'étude de cette question; mais l'Allemagne s'en occupe beaucoup également en ce moment.

La Société d'agriculture allemande de Berlin organise un concours de labour en vue d'encourager et de développer l'application de l'énergie électrique aux opérations agricoles.

Il serait intéressant qu'un pareil concours fût organisé en France; malheureusement, chez nous, le progrès marche très lentement; mais il ne faut pas se décourager, car on peut et on doit avoir confiance dans les ressources inépuisables de la science et de l'ingéniosité françaises.

(1) Une application, qui n'a pas encore été réalisée et qui serait certainement très praticable, est le transport des moissons jusqu'à la ferme.

Il suffirait, pour cela, d'utiliser les appareils employés en Amérique et en Transylvanie pour le défrichement des forêts.

Sur des arbres, le plus possible en ligne droite, on fixe deux câbles en cuivre nu, parallèles. L'un assez gros, sert à la fois de conducteur et de porteur pour un chariot mu par l'électricité, et sur lequel sont chargées les pièces de bois.

Le second câble, plus fin, est le deuxième conducteur; le courant passe dans la machine qui se trouve sur le chariot par un petit trolley.

Il suffirait d'installer ces appareils le long des routes, et l'on verrait alors les gerbes circuler silencieusement du lieu de production jusque dans les greniers.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

AGRICULTURE

RECHERCHES SUR LA COMPOSITION DES BLÉS ET SUR LEUR ANALYSE,

PAR **Aimé Girard**, MEMBRE DU CONSEIL (1)

Les procédés auxquels les chimistes, depuis cinquante ans, ont généralement recours pour établir la composition des blés ne sauraient apporter à la meunerie les renseignements qu'exige la transformation de ces blés en farine panifiable et en bas produits.

Appliqués, en effet, au grain pris dans son entier, ces procédés peuvent bien aboutir à la détermination globale des matières azotées, hydro-carbonées et minérales que ce grain contient, mais ils ne peuvent apprendre au meunier quelle quantité de farine il en peut retirer, quelle sera la valeur de cette farine, non plus que la proportion et la valeur des issues qui formeront le résidu de la mouture.

C'est à un point de vue différent que, à mon avis, il convient de se placer; c'est, non pas sur le grain entier grossièrement divisé, mais sur le grain analysé mécaniquement et déjà séparé en ses parties principales que l'analyse chimique doit porter. Toute analyse de blé, en un mot, pour être utile, doit être précédée d'une mouture rationnelle qui sépare le grain en farine panifiable d'un côté, d'un autre en bas produits et issues.

C'est sur l'application de ce principe qu'est basé le procédé d'analyse que je propose aujourd'hui.

Pour rendre possible au laboratoire, et précis en même temps, un travail identique à celui que le meunier accomplit, j'ai prié MM. Brault, Teisset et Gillet, de Chartres, de bien vouloir étudier en vue de mes recherches la construction d'un petit moulin à cylindres permettant de reproduire sur 1 kilo ou 2 kilos de blé toutes les opérations de la mouture moderne.

Ce moulin, dont le fonctionnement est des plus satisfaisants, comprend deux jeux de cylindres, l'un à cannelures hélicoïdales, l'autre à surfaces polies, dont le remplacement sur le bâti est facile. Ces cylindres marchent à vitesse différentielle et peuvent être, à volonté, rapprochés ou éloignés l'un de l'autre.

A l'aide de ce moulin, on peut, en quelques heures, exécuter les cinq broyages et les huit à dix convertissages qu'exige une bonne mouture. Un homme y suffit et la précision de la machine est telle que j'ai rarement vu, à la mouture, la perte dépasser 5. p. 100.

C'est sur les produits séparés de cette mouture qu'il faut, ensuite, faire porter l'analyse chimique, et c'est au nombre de deux qu'il convient de les réduire : d'un côté la farine panifiable, d'un autre les bas produits et les issues mélangés.

Le taux d'extraction de la farine peut être fixé, au gré de chacun, aussi bien à 60 qu'à 70 ou 80 p. 100. C'est à la formule que j'ai souvent indiquée que je préfère me tenir, formule qui réserve à l'homme 70 p. 100 *au plus* de farine, au bétail 30 p. 100 *au moins* de bas produits et issues.

Avant que d'entreprendre la mouture, cependant, il est des renseignements intéressants que l'analyste peut demander au blé entier.

Le dosage de l'eau dans ce blé est utile à connaître; le poids moyen du grain l'est également; enfin il est important de déterminer les proportions relatives d'amande farineuse, de germe et d'enveloppes qui entrent dans la constitution du grain; j'ai fait connaître, en 1884 (2), la marche à suivre pour arriver à cette détermination.

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 26 avril et 3 mai 1897.

(2) *Annales de chimie et de physique*, 6e série, t. III, p. 293; 1884.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Comme exemples des résultats que l'on peut ainsi obtenir, j'indiquerai ci-dessous ceux que m'a fournis récemment l'étude de quatre blés français de la récolte de 1895 et d'origine certaine :

		BLÉ			
		de Bordeaux (Seine-et-Oise).	d'Altkrich (Meuse).	de Flandre (Nord).	de Saint-Laud (Eure-et-Loir).
Humidité du blé entier p. 100. . .		14,97	14,50	15,12	14,94
Poids moyen d'un grain.		0gr,051	0gr,038	0gr,041	0gr,050
Constitution du grain.	Amande	85,98	84,69	83,04	84,72
	Germe.	1,50	1,41	1,35	1,16
	Enveloppe	12,52	13,90	15,61	14,12
		100,00	100,00	100,00	100,00

ANALYSE DE LA FARINE A 70 P. 100 D'EXTRACTION

Dans l'estimation de la valeur des farines, le commerce, et avec raison, accorde une place importante à la détermination de leur degré d'humidité; les procédés ordinaires de l'analyse lui donnent à cet égard pleine satisfaction; mais il est d'autres questions également importantes qui, jusqu'ici, n'ont pas été résolues avec exactitude; telle est, notamment, l'évaluation des matières solubles, évaluation qui, cependant, mérite toute attention, puisque, parmi ces substances, il en est qui, par leur fermentation, interviendront à la levée du pain.

Lorsque, dans les publications compétentes, on se rapporte aux analyses de farine, on voit généralement le pourcentage des matières solubles correspondre à des chiffres importants qui, quelquefois, s'élèvent jusqu'à 10 et 12 p. 100 du poids du blé; parmi ces matières figurent alors, environ par moitié, le glucose et la dextrine.

L'expérience m'a montré que ces chiffres étaient inexacts; d'une part, la proportion des matières solubles contenues dans une farine fraîchement moulue ne dépasse pas 4 à 5 p. 100; d'une autre, parmi ces matières, le glucose ne figure que pour quelques millièmes et la dextrine enfin ne s'y rencontre pas.

C'est du procédé suivi jusqu'ici, pour le dosage des matières solubles, que dérive l'erreur que je signale. Ce procédé, en effet, consiste à laisser la farine en contact avec l'eau, à la température ordinaire, en agitant de temps en temps, pendant un nombre d'heures qu'aucune donnée scientifique ne limite, pour ensuite analyser la solution filtrée.

Dans ces conditions, les diastases de la farine agissent sur l'amidon et le saccharifient, et, comme l'action de ces diastases est continue, on ne peut reconnaître le moment limité auquel il convient de s'arrêter; j'ai pu, en prolongeant le contact pendant quelques jours, porter à 15 et 18 p. 100 la proportion des matières ainsi solubilisées.

Sans aller jusque-là, il est aisé de constater, qu'à la température ordinaire, cinq ou six heures de contact avec l'eau suffisent pour augmenter de 1 p. 100 la proportion normale des matières solubles de la farine; après vingt-quatre heures, cette proportion qui, au début, était de 3 50 p. 100, par exemple, s'élève à 6 et 7 p. 100.

Pour éviter cette solubilisation partielle et progressive, après avoir essayé en vain les antiseptiques et reconnu ainsi que ce ne sont pas les ferments figurés, mais les diastases qui agissent dans ce cas, j'ai pensé, qu'en atténuant par le froid l'énergie de ces diastases, je pourrais obtenir le dosage exact des matières solubles de la farine.

Agitée d'une manière continue au contact de l'eau glacée qu'un petit appareil mécanique maintient en mouvement, la farine abandonne à cette eau, en quelques heures, toutes les matières solubles qu'elle contient et bientôt, quel que soit le temps pendant lequel l'agitation est prolongée, le pourcentage des matières dissoutes devient constant.

Quatre heures d'agitation suffisent, en moyenne, pour obtenir un résultat exact.

Mais ce n'est pas seulement au point de vue de la quantité des matières dissoutes que les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

procédés habituellement suivis doivent être considérés comme défectueux; c'est aussi au point de vue de la nature de ces matières : l'expérience l'établit nettement.

Il suffit, en effet, d'additionner la solution glacée d'un volume quadruple d'alcool à 95°, pour y déterminer la formation d'un précipité blanc, floconneux, et pour séparer ainsi en deux groupes les matières dissoutes.

Dans la liqueur alcoolique, si la farine provient d'une mouture récente, on trouve alors, non pas, comme on le croit généralement, une proportion importante de glucose, mais quelques millièmes seulement de ce sucre; par contre, on y trouve un centième, quelquefois deux centièmes de saccharose; la présence de ce sucre a déjà été signalée par M. Müntz.

D'autre part, dans le précipité, j'ai toujours en vain cherché la dextrine que, d'habitude, on fait figurer parmi les composants normaux de la farine : je ne l'y ai point trouvée; mais, à côté de matières azotées solubles dans l'eau, parmi lesquelles figurent des diastases, j'y ai rencontré une proportion de 1 p. 100 de cette galactine, ou gomme à sucre de lait, que M. Müntz a découverte dans un grand nombre de tissus végétaux, diastase et galactine dont la présence importe au boulanger, la première par ses propriétés saccharifiantes, la seconde par la douceur qu'en se dissolvant, lors du pétrissage, elle doit donner à la pâte.

Les procédés ordinaires de l'analyse suffisent au dosage des diverses matières : sucres, galactine, matières azotées et minérales ainsi séparées.

Parmi les matières insolubles dans l'eau qui entrent dans la composition des farines, celles dont le dosage est le plus à considérer sont, d'un côté le gluten, d'un autre l'amidon.

Le procédé classique qui consiste à malaxer un pâton de farine sous un filet d'eau est, sans conteste, le plus facile et le plus exact pour isoler le gluten; le plus souvent, c'est à l'état hydraté que ce gluten est pesé; c'est là une coutume défectueuse. Dans un remarquable travail, M. Wyley, directeur du Département de Chimie au Ministère de l'Agriculture des États-Unis, a rapproché, pour plus de 150 échantillons de blé, le poids du gluten humide du poids du gluten séché à l'étuve, et, de ce rapprochement, il résulte que l'état d'hydratation des glutens obtenus par un même opérateur peut varier de 60 à 64 p. 100 d'eau.

Pour doser exactement le gluten, il est nécessaire de sécher celui-ci à 100°-105°. Pour activer cette dessiccation, j'ai depuis longtemps recours à un artifice qui consiste à immerger pendant quelques minutes le gluten essoré dans l'eau bouillante; ainsi coagulé, il devient facile à diviser et par suite à sécher.

Dans l'estimation de la valeur boulangère des farines, on a pu, jusqu'ici, se contenter de la pesée du gluten sec, mais c'est aujourd'hui chose nécessaire que de joindre à cette pesée l'analyse du gluten lui-même.

M. E. Fleurent, en effet, nous a récemment appris, qu'à la constitution du gluten, interviennent plusieurs produits, dont les deux principaux possèdent des propriétés physiques opposées : la gliadine visqueuse et fluente, la glutenine pulvérulente et sèche. Mélangés à la proportion de 25 parties de glutenine pour 75 de gliadine, ces deux produits constituent un gluten plastique, qui communique aux farines la propriété de donner des pains de levée régulière et de bonne tenue. Mais, dès que le rapport 25/75 se modifie, les propriétés du gluten se trouvent elles-mêmes modifiées, et la farine ne fournit plus que des pains mal levés ou plats.

Aussi doit-on considérer comme indispensable, dorénavant, la connaissance du *rapport glutenine-gliadine*. Pour évaluer ce rapport, M. Fleurent a fait connaître en détail la méthode opératoire à laquelle il convient de recourir; je n'y insisterai pas (1).

Quant à l'amidon, c'est, à de rares exceptions près, par différence qu'en a eu lieu, jusqu'ici, l'évaluation, et c'est exceptionnellement que, dans ce but, on a eu recours à la saccharification. Cette manière de faire est fâcheuse; l'amidon, en effet, représente près des deux tiers du poids du blé, et quand, après avoir analysé farine, bas produits et issues, on considère le blé dans son entier, le dosage de cet amidon par différence, dosage sur lequel se concentrent toutes les erreurs, devient absolument inexact. Aussi le dosage direct de l'amidon s'impose-t-il

(1) *Comptes rendus*, t. CXXIII, p. 327. Voir aussi p. 698 du présent *Bulletin*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à l'analyste, et, de tous les procédés qu'il y peut employer, le plus simple, à mon avis, est la pesée de cet amidon en nature.

Exécuté avec soin, sous un filet d'eau et au-dessus d'un tamis profond du n° 60, le malaxage du pâton de farine en détache la totalité de l'amidon; passée ensuite à travers un tamis du n° 220, comme je l'ai précédemment indiqué (1), l'eau amylacée laisse à la surface de celui-ci les cellules déchirées de l'amande et les débris du germe et de l'enveloppe qui s'y trouvaient mélangés, débris que l'on peut ensuite évaluer soit par le dénombrement, soit par la pesée.

Abandonné alors au repos, le liquide laisse, du jour au lendemain, déposer tout l'amidon, qu'il suffit ensuite d'essorer et de sécher à 50° d'abord, puis à 100°-105°. Pour rendre cet essorage plus rapide, j'emploie de petites coupes en biscuit de faïence de 3 centimètres d'épaisseur sur 14 centimètres de diamètre qu'a bien voulu fabriquer, à ma demande, M. Boulenger, de Choisy-le-Roi, et qui peuvent, en quelques heures, absorber jusqu'à 100 grammes d'eau.

Pour achever alors l'analyse de la farine, il ne reste plus à y doser que les matières grasses et les matières minérales : pour le premier de ces dosages, l'emploi de la benzine cristallisée me paraît préférable à l'emploi de l'éther; pour le second, la fusibilité des phosphates que la farine contient rend nécessaire le recours à une calcination ménagée, suivie d'une reprise par l'eau et d'une nouvelle calcination du résidu charbonneux qui retient les cendres insolubles.

Sans m'étendre sur les détails pratiques des diverses opérations que je viens de décrire, j'indiquerai ci-dessous, pour les quatre blés qui, déjà, m'ont servi d'exemple, les résultats auxquels conduit l'emploi de la méthode d'analyse que je propose.

		BLÉ			
		de Bordeaux (Seine-et-Oise).	d'Altkirch (Meuse).	de Flandre (Nord).	de Saint-Laud (Eure-et-Loir).
Eau		15,42	14,92	15,58	14,74
Matières solubles dans l'eau.	Glucose	0,21	0,16	0,20	0,09
	Saccharose	0,86	1,20	1,70	0,98
	Matières azotées, diastases, etc.	1,10	1,02	1,02	1,28
	Galactine, etc	0,52	0,59	0,78	0,99
	Matières minérales	0,36	0,32	0,30	0,22
	Non dosé	0,07	»	»	»
	Total	3,12	3,29	4,00	3,56
Matières insolubles dans l'eau.	Gluten	7,45	8,04	8,32	8,14
	Amidon	71,22	70,93	69,88	71,22
	Matières grasses	1,07	0,84	1,12	0,95
	Matières minérales	0,20	0,29	0,40	0,40
	Cellules et débris	0,23	0,25	0,22	0,23
	Total	80,17	80,35	79,94	80,94
	Total général	98,71	98,56	99,52	99,24
Inconnu et perte		1,29	1,44	0,48	0,76
Acidité exprimée en acide sulfurique		0,009	0,006	0,009	0,011
Rapport $\frac{\text{glutenine}}{\text{gliadine}}$		$\frac{25}{87}$	$\frac{25}{70}$	$\frac{25}{62}$	$\frac{25}{72}$

(1) *Comptes rendus*, t. CXXI, p. 858.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

COMPOSITION DES BAS PRODUITS ET ISSUES A 30 P. 100 DE REFUS

En excluant de l'alimentation humaine les 30/100 de la masse du blé auxquels s'applique le nom de *bas produits* et d'*issues*, la meunerie met à la disposition de l'agriculture un résidu particulièrement riche pour l'alimentation du bétail.

Si la farine a été bien préparée, celle-ci doit y retrouver d'une part l'enveloppe de l'amande farineuse, c'est-à-dire le péricarpe encore adhérent à la membrane à grandes cellules qui forme l'assise externe de l'albumen (1), enveloppe dans laquelle figurent en abondance, comme aussi dans le germe, des matières azotées assimilables, sinon par l'homme, du moins par les animaux et, d'autre part, les fragments provenant de la zone périphérique de l'amande : gruaux vêtus et de basse qualité, dont l'introduction dans la farine eût donné des pains colorés, gras et lourds, mais qui, riches en gluten et en amidon, constituent pour le bétail un aliment de premier ordre.

Ce serait chose extrêmemennt ïmportante que de séparer et de classer, suivant l'ordre de leur digestibilité par les animaux, les matières azotées ou hydrocarbonées de nature ligneuse qu'apportent l'enveloppe et le germe; la science, malheureusement, n'est pas assez avancée pour permettre cette séparation et cette classification, mais, tout au moins, pouvons-nous prétendre à isoler et à doser le gluten et l'amidon qui, dans les gruaux vêtus et dans les sons, restent adhérents à l'assise externe de l'albumen.

Pour obtenir cette séparation, j'ai eu l'idée de soumettre à un frottement prolongé, au milieu de l'eau glacée, les bas produits et les issues, de façon à détacher, par ce frottement, les dernières parties de l'amande farineuse, sans entamer les divers téguments du germe et de l'enveloppe.

Dans un vase entouré de glace au milieu duquel se meut d'un mouvement accéléré un agitateur à palettes, on loge, par exemple, 50 grammes de bas produits et issues et 500 grammes d'eau glacée. Pendant vingt heures, l'agitation est maintenue par un petit moteur et, dans ces conditions, on voit des sons et des gruaux, qui incessamment se rencontrent et frottent les uns sur les autres, se détacher à la fois les grains d'amidon et les fragments de gluten qui, grâce à la basse température, flottent sans se souder à travers le liquide.

Jeté ensuite sur un tamis du n° 80, le mélange laisse passer à travers la toile une eau laiteuse tenant en suspension l'amidon et le gluten pulvérulents, tandis qu'à la surface de cette toile sont retenus les débris de germes et d'enveloppe qu'on y lave avec de l'eau glacée, et à la face interne desquels on ne trouve plus alors ni amidon ni gluten en quantités appréciables.

Abandonnée pendant vingt-quatre heures dans un vase entouré de glace, l'eau laiteuse qui a traversé le tamis laisse déposer le mélange de gluten et d'amidon qu'on essore sur une coupe en biscuit de faïence pour enfin y déterminer les proportions relatives de gluten et d'amidon.

Quelquefois, la qualité du gluten permet de pâtonner directement le mélange, qu'on malaxe ensuite sous un filet d'eau, de manière à obtenir la séparation de l'un et de l'autre; mais, le plus souvent, le gluten est de nature telle qu'il est presque impossible de le réunir. Pour obtenir, dans ce cas, une séparation exacte, il suffit d'ajouter au mélange en cours d'essorage une quantité connue de la farine à 70 p. 100 du même blé dont on a déjà déterminé la teneur en gluten et en amidon. Le pâton se fait alors aisément et fournit d'un côté le gluten des bas produits augmenté d'un poids connu, d'un autre l'amidon augmenté, de même, d'un poids connu.

La détermination du poids de substance que les bas produits et issues peuvent abandonner à l'eau semblerait devoir être concomitante de l'opération qui vient d'être décrite; celle-ci, cependant, ne saurait donner des résultats exacts; filtrer la totalité de l'eau chargée de gluten et d'amidon deviendrait alors nécessaire, et, par suite de la lenteur de cette filtration, on ver-

(1) Cette assise était, il y a peu de temps encore, désignée improprement sous le nom de *membrane interne* du tégument séminal.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rait le gluten et l'amidon subir une altération souvent profonde. Mieux vaut, pour connaître le pourcentage des matières solubles, procéder à une opération semblable à la précédente et jeter sur le filtre la totalité du mélange ; divisés par les débris de l'enveloppe, l'amidon et le gluten n'obstruent plus les pores du filtre, et, en peu de temps, on récolte ainsi les 200 centimètres à 250 centimètres cubes de liquide clair qu'exige le dosage des matières azotées, hydrocarbonées et minérales que les bas produits et issues ont cédées à l'eau ; ce dosage, bien entendu, n'est exact que si, pour éviter les transformations diastasiques, l'agitation a eu lieu constamment sous l'influence d'une température voisine de 0° ; c'est en très peu de temps, d'ailleurs, que, dans ces conditions, la solubilisation se complète ; à partir de quatre heures d'agitation, le pourcentage des matières solubles devient constant.

Les bas produits et issues sont, on le sait, très riches en matières grasses, mais leur nature ligneuse offre à l'action des dissolvants une certaine résistance ; pour faciliter cette action, celle de la benzine cristallisable par exemple, j'ai conseillé, il y a plusieurs années (1), d'humecter ces produits d'acide chlorhydrique à 5 p. 100 et de les sécher ensuite, de façon à transformer les cellules et les vaisseaux en hydrocellulose pulvérulente, que la benzine ou l'éther pénètrent avec facilité.

Au cours du traitement à l'eau glacée que subissent les bas produits et issues, une partie notable de la matière grasse est chassée des cellules, de telle sorte que, si à la suite de ce traitement on veut connaître le poids exact des débris de l'enveloppe et du germe, il est nécessaire de faire sur ces débris, lavés et séchés à 100°, un nouveau dosage de matières grasses pour en comparer le résultat au résultat fourni par le dosage direct.

Les opérations que je viens de décrire laissent définitivement aux mains de l'analyste la totalité des débris de germes et d'enveloppes lavés et séchés à 100° ; la proportion en est considérable : elle représente en général, à l'état sec, 11 à 14 p. 100 du poids du blé, 40 à 50 p. 100 du poids des bas produits et issues.

Il est donc extrêmement important d'en établir la composition, pour ensuite déduire de cette composition les avantages que peut donner leur emploi dans l'alimentation du bétail.

De cette composition, on s'est peu préoccupé jusqu'ici ; en général, aujourd'hui encore, appliquant les procédés conseillés il y a cinquante ans par Peligot et Millon, on se contente de soumettre les issues à l'action successive des acides et des alcalis. On obtient ainsi un résidu représentant 1 à 2 p. 100 seulement du poids de ces issues, et formé exclusivement par la cellulose résistante de Payen. Ce dosage, que l'on intitule dosage de la cellulose, est absolument sans intérêt pour le meunier qui doit, mouture faite, mettre ses bas produits à la disposition de l'agriculture.

Dans les tissus de l'enveloppe et du germe, cependant, figurent non seulement la cellulose résistante de Payen, mais encore des hydrates de carbone nombreux, rangés jusqu'ici dans la famille des celluloses, se saccharifiant au contact des acides et fournissant les uns des hexoses, les autres des pentoses, figurent également des matières azotées plus ou moins attaquables, que les acides et les alcalis font disparaître en les solubilisant. De telle sorte que, du fait du procédé généralement adopté, on dissout une quantité considérable de produits qui, ne se retrouvant plus au moment de la totalisation des résultats, sont portés au compte de l'amidon, qu'on a dosé par différence, et dont la proportion se trouve ainsi exagérée.

La détermination du pourcentage de ces divers produits mérite pourtant toute attention. Si l'homme, ainsi que je l'ai démontré par l'expérience directe (2), ne peut les assimiler, il en est autrement des animaux ; ceux-ci, le fait est aujourd'hui prouvé, digèrent et utilisent pour leur accroissement une partie au moins des matières azotées et hydrocarbonées que l'enveloppe et le germe du grain contiennent.

Parmi ces matières, et quoique des recherches actuelles permettent d'espérer la solution prochaine de la question, nous ne saurions séparer et doser celles qui sont digestibles par les

(1) *Annales de chimie et de physique*, 6e série, t. III, p. 317 ; 1884.
(2) *Annales de chimie et de physique*, 6e série, t. III, p. 326 ; 1884.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

animaux et celles qui ne le sont pas, mais nous pouvons, en tout cas, établir le pourcentage des deux groupes dans lesquelles elles sont comprises.

Le traitement aux acides et aux alcalis n'en fournit pas le moyen. Poggiale qui, dès 1853, avait reconnu les défauts de ce traitement, avait proposé d'agir autrement; en traitant par la diastase les résidus de la mouture, il avait pu donner, des matières cellulosiques, un dosage exact; les conseils de ce savant n'ont pas été écoutés.

Le procédé mécanique que j'ai décrit tout à l'heure, permet plus simplement la séparation de l'amidon et du gluten contenus dans les bas produits, et laisse, en résumé, l'analyste en face des débris d'enveloppes et de germes, débarrassés par l'eau des matières solubles qu'ils contiennent.

Pesés avec soin après dessiccation à 100°, additionnés du poids des matières grasses détachées par le frottement, ces débris d'enveloppes et de germes représentent alors tout ce qui, dans les bas produits et issues, n'est pas farine ou n'est pas soluble dans l'eau; de telle sorte que si, dans ces débris, on dose les matières azotées et les matières minérales, si l'on tient compte des matières grasses précédemment dosées, on obtient, par différence et avec précision, le poids des tissus non azotés et insolubles qu'on peut alors désigner sous le nom générique de *celluloses*, comprenant la gomme de bois, les hydrates analogues et la cellulose elle-même.

En adoptant cette méthode d'analyse, on obtient, de la composition des bas produits et issues, une expression rationnelle que l'insuffisance de nos connaissances laisse, à la vérité, incomplète encore, qui se modifiera dans le temps, mais qui, dès à présent, peut fournir au meunier et à l'éleveur une notion approchée de leur valeur alimentaire.

Appliquée aux quatre blés que j'ai pris comme exemple, elle donne les résultats suivants :

		BLÉ			
		de Bordeaux (Seine-et-Oise).	d'Altkirch (Meuse).	de Flandre (Nord).	de Saint-Laud (Eure-et-Loir).
Eau		15,12	14,56	14,89	14,33
Matières solubles dans l'eau :	azotées	2,72	2,80	2,48	2,92
	hydrocarbonées	5,74	6,58	6,57	5,91
	minérales	2,04	1,82	1,50	1,72
	Total	10,50	11,20	10,55	10,55
Matières insolubles dans l'eau.	Gluten	4,78	4,31	4,36	4,67
	Amidon	28,35	26,36	26,46	29,79
	Matières azotées ligneuses	5,05	6,49	6,52	4,88
	Matières grasses	3,55	3,65	2,68	3,16
	Celluloses	29,87	30,26	31,38	29,06
	Matières minérales	2,12	1,82	1,86	1,81
	Total	73,72	72,89	73,20	73,37
	Total général	99,34	98,65	98,64	98,25
Inconnu et pertes		0,66	1,35	1,36	1,75
		100,00	100,00	100,00	100,00

Rapprochés les uns des autres, les trois tableaux dans lesquels j'ai résumé les données numériques fournies par l'étude du blé entier, par l'analyse de la farine à 70 p. 100 d'extraction et par celle des bas produits et issues à 30 p. 100 de refus que fournit la mouture de ce blé, apportent, relativement à la composition de celui-ci, des données dont le meunier peut tirer parti pour la conduite de son travail.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'expression, d'ailleurs, en peut être modifiée par un calcul simple, en rapprochant les uns des autres les produits analogues de façon à reconstituer le blé dans son ensemble et à présenter sa composition sous une forme plus simple. Cette composition se traduit alors par les chiffres suivants :

COMPOSITION DE BLÉS ENTIERS

		BLÉ			
		de Bordeaux (Seine-et-Oise).	d'Altkirch (Meuse).	de Flandre (Nord).	de Saint-Laud (Eure-et-Loir).
Poids moyen d'un grain		0gr,051	0gr,038	0gr,041	0gr,050
Constitution du grain en centièmes.	Amande	85,98	84,69	83,04	84,72
	Germe	1,50	1,41	1,35	1,16
	Enveloppes	12,52	13,90	15,61	14,12
Eau		14gr,97	14gr,50	15gr,12	14gr,94
Matières azotées (*a*) :	Gluten	6,64	6,92	7,13	7,10
	solubles, diastases, etc.	1,59	1,54	1,37	1,74
	ligneuses	1,51	1,95	1,95	1,46
Amidon		58,35	57,55	56,84	58,78
Matières grasses		1,81	1,68	1,58	1,61
Hydrates de carbone solubles (*b*) :	Sucres	0,75	0,95	1,33	0,75
	Galactine, etc.	0,36	0,41	0,55	0,69
	autres (de l'enveloppe)	1,79	1,97	1,97	1,77
Celluloses		9,12	9,08	9,56	8,88
Matières minérales		1,49	1,31	1,50	1,54
Inconnu et pertes		1,62	1,94	1,30	0,74
Total		100,00	100,00	100,00	100,00
(*a*) Total des matières azotées		9,74	10,41	10,45	10,30
(*b*) Total des hydrates de carbone solubles		2,75	3,33	3.85	3,21

Tels sont les résultats auxquels conduit l'application de la méthode d'analyse des blés que je propose. Cette méthode est délicate, je le reconnais, et elle exige un temps assez long, mais elle met aux mains de l'industrie meunière des résultats nets et tangibles, tout différents des résultats incomplets et, sur certains points, inexacts que les méthodes employées jusqu'ici lui présentaient.

Sur la détermination de la composition immédiate du gluten des farines de blé Note de **M. E. Fleurent** (1).

Dans une précédente Communication j'ai montré l'influence qu'exercent, sur la qualité boulangère des farines, les proportions variables de gliadine et de glutènine renfermées dans le gluten, et j'ai exposé la méthode que je conseille pour effectuer le dosage de ces produits.

Depuis la publication de cette Note, j'ai été amené à faire, de cette méthode, de nombreuses applications, et, pour en rendre l'exécution plus rapide, j'ai cherché à lui faire subir quelques modifications de détail que je demande la permission de présenter aujourd'hui à l'Académie :

Actuellement, la recherche de la qualité boulangère des farines de blé, basée sur la détermination de la composition immédiate de leur gluten, doit être conduite de la manière suivante.

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 3 mai 1897.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On dose d'abord le gluten, à la manière ordinaire, sur 33gr,33 de farine et ensuite la gliadine sur le gluten extrait d'une même quantité de l'échantillon soumis à l'examen.

Pour cela, le gluten, tel qu'il est obtenu par le malaxage de la pâte sous le filet d'eau, est placé dans un mortier en biscuit de porcelaine et recouvert d'une petite quantité de la solution préparée à l'aide d'alcool à 70°, et contenant une quantité exactement connue de potasse caustique (3 grammes environ de KOH par litre). Cela fait, on triture doucement la masse à l'aide du pilon de façon à en commencer la pénétration par la solution alcaline. Au bout de quelques instants, on décante le liquide en excès dans un flacon à large ouverture bouchant à l'émeri, en ayant soin de laisser dans le mortier le gluten qui commence à se désagréger; on le pilonne alors énergiquement et, après quelques minutes, on le voit qui change d'aspect et tend à se fluidifier.

Lorsqu'on a ainsi obtenu un produit pâteux dont toutes les parties sont imprégnées du liquide nécessaire à la désagrégation, on verse la masse dans le flacon et on lave le mortier avec de l'alcool potassé en s'arrangeant de façon à employer en tout, pour la trituration et le lavage, exactement 80 cc. de solution alcoolique caustique. Finalement, on termine le nettoyage du mortier et du pilon avec un peu d'alcool à 70° sans potasse.

Lorsque les liqueurs alcooliques ainsi employées ont rejoint la matière azotée dans le flacon, on ajoute quelques perles de verre, on place le bouchon et l'on agite énergiquement à des reprises fréquentes. Après une demi-heure, une heure au maximum, suivant que la trituration a été plus ou moins bien effectuée, le gluten est complètement désagrégé : la glutenine reste émulsionnée en partie, la gliadine est totalement dissoute.

On traite alors la solution obtenue, jusqu'à refus, par l'acide carbonique, puis on verse le liquide dans une fiole jaugée de 150 cc.; on lave le flacon et l'on complète jusqu'au trait de jauge avec de l'alcool à 70° sans potasse.

On agite pour rendre la liqueur homogène et, dans ces conditions, on voit la glutenine se séparer rapidement à l'état pulvérulent; on prélève alors 50 cc. de la solution claire de gliadine obtenue par filtration et l'on y dose l'extrait à 105°-110, en tenant compte, par soustraction, de la quantité de carbonate de potasse déterminée à l'avance.

Par un calcul simple, on rapporte la quantité de gliadine ainsi trouvée à 100 de gluten et l'on obtient la glutenine par différence. Il n'y a plus qu'à déterminer le rapport glutenine-gliadine, le numérateur étant pris égal à 25; j'ai montré, en effet, que cette valeur est celle qui, lorsqu'elle correspond à 75 de gliadine, assigne aux glutens et, par conséquent, aux farines la qualité boulangère supérieure.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MÉTALLURGIE

ÉTUDE MICROCHIMIQUE DE QUELQUES ALLIAGES, PAR JOHN E. STEAD (*Journal of the Society of chemical Industry*, t. XVI, p. 200-208, 31-3-97). EXTRAIT PAR **H. Lechatelier**, *membre du Conseil.*

Dans leur ensemble, les expériences de M. Stead conduisent à des résultats semblables à ceux de M. Charpy (voir dans ce *Bulletin*, n° de février 1896, page 180), mais les alliages étudiés ont été beaucoup moins nombreux. On se contentera de mentionner ici quelques faits particuliers qui peuvent présenter un certain caractère de nouveauté par les lecteurs du Bulletin de la Société d'Encouragement.

Alliages Plomb-antimoine. — Ces alliages, comme l'avait déjà reconnu M. Charpy, sont constitués par la juxtaposition de cristaux de plomb et d'antimoine. Les cristaux

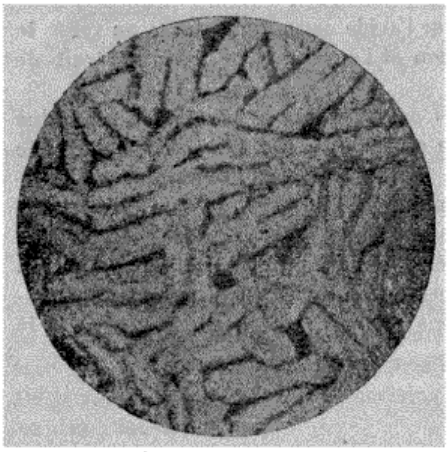


Fig. 1. — Étain, 50 p. 100; antimoine, 50 p. 100. Grossissement : 50.

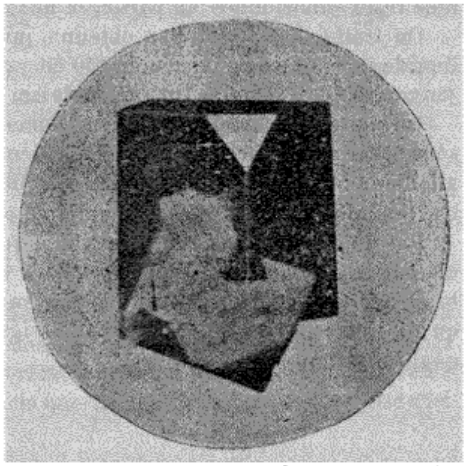


Fig. 2. — Cristaux séparés Su Sb. Antimonite d'étain. Grossissement : 200.

d'antimoine isolés par une attaque à l'acide nitrique étendue de 10 fois son volume d'eau ont donné à l'analyse 99,8 d'antimoine.

Par refroidissement lent, les cristaux plus légers d'antimoine viennent se réunir à la partie supérieure du culot. Il n'y a cependant, avant la solidification, aucune séparation de l'alliage en deux couches liquides; M. Stead le démontre par des expériences très ingénieuses.

L'alliage eutectique renferme exactement 12,7 p. 100 d'antimoine; son point de fusion, déterminée au pyromètre Le Chatelier, est de 247°; son point de fusion, déterminé au pyromètre Le Châtelier, est de 247°; son poids spécifique est de 10,48; il est donc une fois et demie aussi dense que les cristaux d'antimoine, et l'on comprend que ceux-ci tendent à se réunir à la partie supérieure du bain métallique.

Alliage étain-antimoine. — Pour les teneurs en antimoine inférieures à 45 p. 100

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

(fig. 1) M. Stead en observe, comme M. Charpy, des cristaux durs, d'apparence cubique. Il les a isolés par l'action prolongée de l'acide nitrique étendue de 10 fois son volume d'eau. La figure 2 donne la photographie d'un de ces cristaux. Leur densité est de 6,96; ils répondent exactement à la formule Sb.Sn, comme le montre l'analyse ci-jointe :

	Observé	Calculé
Antimoine	50,54	50,21
Étain	49,46	49,79
	100	100

Cette combinaison ne peut pas être obtenue par la fusion directe de ses éléments dans les proportions voulues; et elle se détruit quand on la résoud isolément de l'alliage dans lequel elle cristallise. Elle ne prend naissance qu'en présence d'un excès d'étain. Le dernier alliage dans lequel elle puisse se former renferme 45 p. 100 d'antimoine pour 55 p. 100 d'étain.

Les alliages renfermant de 45 à 55 p. 100 d'antimoine sont formés de lames enche-

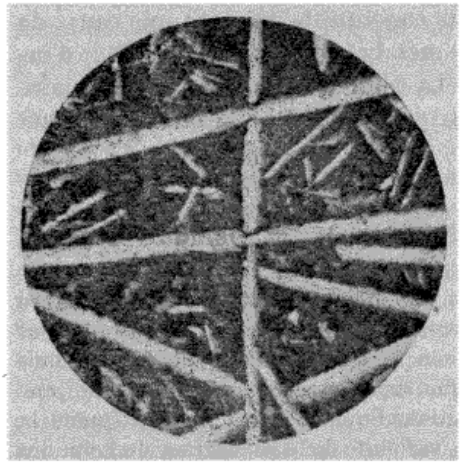


Fig. 3. — Étain 97,5 p. 100; phosphore, 2,5 p. 100.

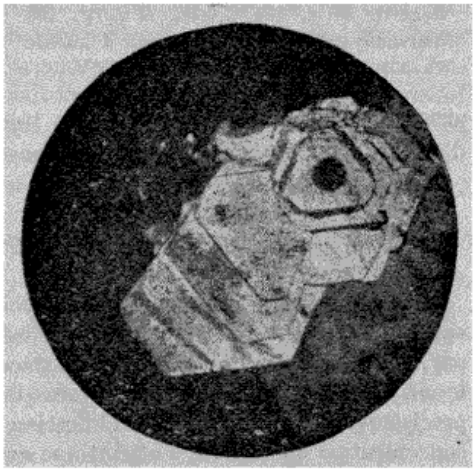


Fig. 4. — Phosphure d'étain Sn_3Ph_2 séparé de son alliage.

vêtrées dans tous les sens et, dans leurs intervalles d'un remplissage, attaquable à l'acide étendu en laissant un résidu noir d'antimoine. L'alliage à 55 p. 100 d'antimoine, inattaquable à l'acide étendu, semble, d'après ce premier examen, être homogène, mais l'acide nitrique plus concentré, de densité 1,42, met en évidence l'existence de deux constituants inégalement attaquables. L'auteur suppose que les cristaux les moins attaquables sont de l'antimoine pure, mais cette opinion paraît très discutable.

Tous les alliages renfermant de 7,5 à 50 p. 100 d'antimoine présentent au refroidissement un arrêt à la température de 256°, soit à 25° au-dessus du point de fusion de l'étain. Si cette température est celle de solidification d'un alliage eutectique, sa sensibilité est anormale, car elle devrait être inférieure à celle de l'étain.

Alliages d'étain et de phosphore. — Les alliages d'étain et de phosphore contenant de 0 à 5 p. 100 de ce dernier corps montrent tous à l'examen microscopique des lamelles dures et cassantes, qui, après séparation à l'acide nitrique étendu, répondent

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

exactement à la formule Sn^3Ph^2. La figure 3 montre l'alliage à 3 p. 100 de Ph, et la figure 4 une lamelle de la combinaison isolée de l'alliage précédent.

Fig. 5. — Surface d'un petit lingot d'un alliage de 80 p. 100 d'étain et 20 p. 100 d'arsenic montrant les cristaux d'arsenic et la rupture dans une enclume en V.

Alliage d'arsenic et d'étain. — Cet alliage est analogue au précédent, avec cette différence que l'on peut préparer des alliages beaucoup plus riches en arsenic, jusqu'à la teneur de 40 p. 100. La combinaison correspondant à celle du phosphure a la même composition Sn^3As^2 et le même aspect (fig. 5).

M. Stead termine cette étude en signalant un nouveau mode d'examen microscopique des métaux qui mérite une attention sérieuse. Il recommande, après avoir poli une surface, de courber l'échantillon par un procédé mécanique approprié de façon à produire une certaine convexité de la surface polie. L'examen des fissures qui se produisent permet de reconnaître ceux des éléments constitutifs qui sont une cause de faiblesse du métal et de préciser leur mode d'intervention. La photographie de l'alliage étain-arsenic à 20 p. 100 d'As montre très nettement que la fragilité résulte du défaut d'adhérence des cristaux avec la masse.

Sur les alliages du groupe argent-cuivre. Note de **M. F. Osmond** (1).

J'ai montré antérieurement que les aciers, refroidis lentement à partir d'une température suffisamment élevée, laissant d'abord s'isoler dans leur masse solide soit du fer pratiquement pur, soit le carbure Fe^3C, suivant leur teneur en carbone (2). La liquidation du fer, sauf dans les aciers extra-doux, suit la transformation allotropique supérieure du métal, laquelle joue précisément ici le rôle de la solidification dans les solutions liquides et les alliages. Quand la concentration du carbure a atteint une certaine valeur, par suite de la séparation de celui des composants qui se trouvait en excès, le fer et le carbure s'isolent simultanément à température constante (recalescence de Barett) et donnent ainsi naissance au mélange de lamelles alternantes, découvert par Sorby, que l'on désigne couramment aujourd'hui sous le nom minéralogique de *perlite*. Si l'on figure graphiquement ces faits en prenant pour abscisses les proportions de carbures ou de carbone et pour ordonnées les températures initiales des liquations, on obtient une courbe formée de deux branches inclinées qui se coupent sur la branche horizontale représentative de la recalescence. La perlite est donc l'eutectique de la dissolution solide réciproque de l'une des formes allotropiques du fer et du carbure Fe^3C.

C'est ce que j'ai indiqué dans une communication envoyée en Amérique à la fin de l'année dernière, pour le *Meeting* de février 1897 des *Mining Engineers*.

Plus récemment, M. Charpy, en examinant sous le microscope différents groupes d'alliages, a constaté que la structure des eutectiques rappelait généralement celle de la perlite des aciers et la comparaison était, comme on le voit, justifiée à tous les points de vue (3).

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 17 mai 1897.

(2) *Comptes rendus*, t. CXIX, p. 329, et t. CXXI. p. 684; *Bull. de la Soc. d'Encouragement*, p. 480; 1895.

(3) *Bull. de la Soc. d'Encouragement*. p. 384; 1897.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'étude micrographique des alliages argent-cuivre fournit un nouvel exemple analogue, qui paraît mériter l'attention en raison des nombreux travaux auxquels ces alliages ont donné lieu et des questions d'intérêt général qui s'y rattachent.

Levol (1) avait trouvé que le seul alliage qui ne se liquate pas en se solidifiant correspond à la formule $Ag^3 Cu^2$. J'ai constaté que la surface de ce même alliage montrait des cristallites très nettement formées, et M. Behrens (2) décrit comme homogène un alliage très voisin (75 p. 100 d'argent au lieu de 72 que demande la formule). C'étaient là autant de caractères qui sembleraient caractériser un composé défini.

D'autre part, les points de solidification des alliages argent-cuivre ont été déterminés, dès 1875, par M. Roberts-Austen (3) et, dans ces derniers mois, par MM. Heycock et Neville (4), avec la précision que comportent les progrès de la pyrométrie. La courbe de fusibilité se compose de deux branches inclinées, partant des points de fusion des deux métaux et se coupant à 777° pour une composition qui répond exactement à celle de l'alliage de Levol $Ag^3 Cu^2$. Une troisième branche, horizontale, passe par le point de rencontre. Il résulterait de là que les alliages argent-cuivre sont de simples mélanges des deux métaux (après solidification, bien entendu), et que l'alliage de Levol est un eutectique. L'existence réelle de $Ag^3 Cu^2$ comme composé défini serait, si elle était prouvée, en contradiction avec la théorie.

La question est facilement résolue par l'examen microscopique. Il suffit de préparer une coupe bien polie, sur laquelle les deux métaux composants se reconnaissent à leurs couleurs respectives; on peut d'ailleurs, par un recuit aux couleurs d'oxyde, donner au cuivre une patine, orangée ou pourpre par exemple, tandis que l'argent reste blanc. On voit ainsi que l'alliage de Levol n'est nullement homogène, comme l'avait cru M. Behrens, qui a probablement observé, sous un grossissement trop faible, un bouton refroidi trop vite. La structure est identique à celle de la perlite des aciers : le métal jaune est distribué soit en fines mouchetures, soit en lamelles courbes alternant avec des lamelles blanches, comme Fe^3C dans le fer, et donne lieu, en lumière oblique, après une légère oxydation superficielle qui crée des différences de niveau, aux effets connus d'irisation que rappelle le mot *perlite*. Les grains de première consolidation ne peuvent être convenablement résolus que sous un grossissement de 1000 diamètres; mais, bien que la température de solidification soit pratiquement constante, ils sont englobés dans un réseau de seconde consolidation, dont la structure, d'ailleurs semblable, est plus grossière. Si l'on hâte le refroidissement en coulant dans une lingotière, les lamelles alternantes restent encore indiquées par les jeux de lumière, mais ne se résolvent pas d'habitude aux plus forts grossissements; la séparation des deux métaux est restée imparfaite et la coloration générale semble uniforme. C'est exactement, ici encore, ce que l'on observe avec les aciers refroidis rapidement, mais non assez rapidement pour prendre la trempe.

Tous les autres alliages argent-cuivre, abstraction faite de ceux qui ne contiennent qu'une faible proportion de l'un des métaux, sont formés, suivant leur composition, soit de cristallites jaune de cuivre, soit de cristallites blanc d'argent enveloppées plus ou moins complètement par l'alliage de Levol (c'est-à-dire par l'eutectique), sous une épaisseur variable.

La micrographie confirme donc absolument les indications de la courbe de fusibilité, et ne laisse subsister aucun doute sur la non-existence de Ag^3Cu^2 comme composé défini.

D'autres problèmes, qui peuvent être abordés par la même méthode, restent à résoudre et feront l'objet d'un travail ultérieur.

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. XXXVI, p. 193.
(2) *Das mikrosk Gefüge der Metalle und Legierungen*, p. 43.
(3) *Proc. of the Royal Society*, p. 481; 1875.
(4) *Transactions of the Royal Society*, t. CLXXXIX, p. 25.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS CHIMIQUES

RECHERCHES SUR LA COLORATION DES VERRES PAR LA PÉNÉTRATION DIRECTE DES MÉTAUX OU SELS MÉTALLIQUES. Note de **M. Léon Lémal** (1).

Le procédé généralement employé pour obtenir un verre de couleur consiste à fondre ensemble le verre et l'oxyde colorant.

Le verre est alors coloré uniformément dans toute sa masse.

Les expériences suivantes ont eu pour objet de colorer le verre directement, et d'y produire des dessins, en faisant pénétrer les métaux ou oxydes colorants par des procédés analogues à ceux de la cémentation.

Appliquons sur un verre un sel d'argent, et élevons la température vers 500° ou 550° ; le verre, refroidi et débarrassé par un lavage de l'excès de sel, se trouve coloré en jaune. La nuance obtenue peut aller du jaune paille au jaune orangé rouge, selon la composition du verre employé.

En effet, le verre ordinaire ne prend que la coloration jaune clair, tandis qu'un verre composé comme suit :

Sable.	100	Carbonate de soude.	5
Calcaire.	40	Arsenic.	0,5
Sel marin.	30	Alumine	3
Sulfate de soude.	34	Charbon	1,5

donne une coloration pouvant atteindre le rouge orangé pour la même composition de matière colorante, soit 10 grammes de sulfure d'argent mélangé à 100 grammes d'ocre rouge.

La quantité de sel d'argent mise en présence du verre peut être très faible.

Ainsi, une dentelle de fil plongée dans une solution à 1 p. 1 000 de nitrate d'argent, puis dans une solution de sulfure de potassium, appliquée sur une plaque de verre et chauffée, laisse l'empreinte de son image en jaune foncé.

Un cliché photographique sur collodion, traité dans les mêmes conditions, laisse également son impression en couleur jaune.

Cette dernière expérience m'a permis de constater que la coloration, pour un même temps d'exposition à la chaleur, est proportionnelle à la quantité de sel d'argent mise en contact avec le verre, car l'image photographique est reproduite avec ses noirs et ses demi-teintes.

La pénétration est d'autant plus profonde que la température est soutenue pendant un temps plus long.

Prenons, par exemple, une plaque de verre jaunie à l'argent pendant cinq minutes de cuisson; mesurons l'épaisseur de verre traversée par la couleur, nous trouverons environ 17 centièmes de millimètre.

Remettons au feu de nouveau, et cela pendant une heure, sans ajouter de nouvelle composition colorante ; nous trouverons que la pénétration de la couleur a atteint une épaisseur de 32 centièmes de millimètre.

Enfin, par une exposition à la chaleur d'une durée de dix-huit heures, et en renouvelant de six heures en six heures la composition colorante, une plaque de verre de $1^{mm},37$ d'épaisseur a été complètement traversée.

Dans cette dernière expérience, le verre avait un peu perdu de sa transparence; mais j'attribue ce fait plutôt à la dévitrification qui se produit toujours dans les longues recuissons qu'à la couleur elle-même.

Les verres ainsi colorés présentent les phénomènes du dichroïsme : toujours jaunes par transparence, ils ont, par réflexion, des teintes d'aspect fluorescent allant du vert jaunâtre au violet bleuâtre.

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 17 mai 1897.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On obtient le dichroïsme sûrement en mélangeant à la composition d'argent quelques parcelles de cuivre en poudre réduit d'une dissolution de sulfate par le zinc.

Ainsi, un cliché photographique exécuté sur une plaque de verre rouge coloré par l'oxyde cuivreux Cu^2O, laisse son image après passage au feu. Cette image, par transparence, est invisible, la couleur jaune se trouvant perdue dans la nuance très intense du rouge; mais, par réflexion, l'image dichroïque est nette et parfaitement visible.

Ceci m'a conduit à rechercher si les verres colorés dans la masse se laissaient pénétrer comme les verres blancs, et j'ai reconnu que la plupart de ces verres se laissent traverser, à l'exception toutefois des verres colorés en rose par l'oxyde de manganèse.

On obtient les mêmes phénomènes de pénétration et de coloration avec d'autres métaux : l'or, le cuivre et le fer donnent des résultats analogues.

M. *Armand Gauthier*, à propos de la note précédente de M. Lémal, présentée par M. Troost, fait remarquer que, en collaboration avec M. Hélier, il a déjà observé la pénétration du verre par l'argent métallique déposé à la surface intérieure d'ampoules de verre pleines de gaz hydrogène ou de gaz tonnant, à des températures de 450° prolongées quelques heures seulement. L'argent disparaît, et le verre reste seulement opalescent; il redevient transparent.

Ces observations ont été publiées par M. Hélier, dans sa Thèse de doctorat ès sciences, en 1896.

SUR LES DISSOLUTIONS D'ACÉTYLÈNE ET SUR LEURS PROPRIÉTÉS EXPLOSIVES; PAR **MM. Berthelot** ET **Vieille.**

Nous nous sommes proposé d'étudier les propriétés explosives des dissolutions d'acétylène, telles que celles de ce gaz dans l'acétone, récemment préconisées pour atténuer les dangers de l'emploi de ce gaz dans l'éclairage. Présentons d'abord quelques données relatives à ces dissolutions; puis nous examinerons l'aptitude à la détonation et à l'inflammation de l'acétylène dissous, ainsi que celle de l'atmosphère gazeuse qui surmonte cette dissolution : elles donnent lieu à des observations fort intéressantes pour la Mécanique chimique, comme pour les applications industrielles.

I. — TENSIONS DE L'ACÉTYLÈNE DISSOUS

Le tableau suivant renferme les pressions développées, par centimètre carré, dans un récipient de 824 cc., renfermant 301 gr. (376 cc.) et 315 gr. (394 cc.) d'acétone, qui a été saturé à une température de 15° et sous des pressions initiales de 7 kilog. (1re série); 12kg,5 (2e série); 25kg,5 (3e série), environ.

Voici les résultats observés, en faisant croître progressivement les températures :

Première série		Deuxième série		Troisième série.		
Températures T	Pressions absolues.	Températures.	Pressions absolues.	Températures.	Pressions absolues.	Observations.
7°,8	5kg,60	6°,4	10kg,34	2°,8	16kg,17	Les tensions normales ne s'établissent, à chaque température, que par une agitation énergique du récipient.
14,0	6,74	14,0	12,25	13,8	19,98	
26,3	8,70	19,9	14,16	19,9	22,63	
33,7	10,55	36,0	19,46	25,0	24,76	
50,1	13,94	(50,5)	(22,64)	36,0	30,49	Cet état limite ne paraît pas avoir été complètement atteint aux températures les plus élevées des deuxième et troisième séries (nombres entre parenthèses).
59,6	16,30	(60,1)	(28,36)	(50,5)	(33,21)	
74,3	20,52	»	»	»	»	
Poids d'acétone 301gr		Poids d'acétone. 315gr		Poids d'acétone. 315gr		
Poids d'acétylène. 69gr		Poids d'acétylène. 118gr		Poids d'acétylène. 203gr		

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 10 mai 1897.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Observons d'abord que le volume d'acétylène dissous, par litre d'acétone et par kilogramme de pression absolue (P) à 10°, a varié, dans ces trois séries d'expériences, de 23 à 24,6 volumes environ ; ce qui fait à peu près 28 gr. × P par litre initial d'acétone, ou 35 gr. × P par kilogramme d'acétone : le coefficient le plus élevé correspond aux pressions maxima.

Ces nombres mettent en évidence un fait déjà indiqué par MM. Claude et Hess, à savoir que le volume dissous croît à peu près proportionnellement à la pression (*Comptes rendus*, t. CXXIV, p. 626), du moins entre les limites de 0 et de 35° ; mais ils conduisent à des conséquences d'un ordre plus général et d'un intérêt théorique considérable.

Les nombres de la première série, qui a été la plus étendue, sont très exactement représentés par une formule simplifiée à trois constantes, la même que celle que Regnault a appliquée à la représentation des tensions de vapeur saturée d'un nombre considérable de corps volatils,

$$\log F = a + b\alpha^t,$$

F étant évalué en millimètres de mercure; il suffit de prendre, dans le cas présent :

$$\begin{aligned} a &= 5{,}11340, \\ b &= \overline{1}{,}5318, \\ \log \alpha &= \overline{1}{,}99696. \end{aligned}$$

Or, voici, en particulier, les valeurs données par Regnault pour l'acétone :

$$\left.\begin{aligned} a_1 &= 5{,}15169 \\ b_1 &= -2{,}85634 \\ \log \alpha_1 &= \overline{1}{,}997 \end{aligned}\right\} t = T - 22.$$

Nous citons ces derniers chiffres à titre d'exemple; car les tensions attribuables au dissolvant dans nos expériences, c'est-à-dire à l'acétone (1), ne forment qu'une petite fraction de la tension totale. Soit, par exemple, dans la première série, où la dose d'acétone est la plus considérable : vers 36°, les 4,2 centièmes; vers 50°, les 5,8 centièmes; vers 75°, les 12 centièmes.

Dans la deuxième série, la dose relative du dissolvant étant environ double la tension de l'acétone, comparée à la tension totale, en forme : vers 36°, les 2,4 centièmes; vers 50°, les 3,6 centièmes.

Dans la troisième série, la dose relative du dissolvant étant triplée, la tension de l'acétone comparée à la tension totale, en forme : vers 36°, les 1,5 centièmes ; vers 50° les 2,4 centièmes.

On voit que les tensions observées sont attribuables, presque en totalité, à l'acétylène; circonstance qu'il importe de mettre en évidence, pour établir la loi des tensions propres à un gaz dissous dans un liquide sous différentes pressions. Or, il est très remarquable de voir que ces tensions de dissolution obéissent à la même loi générale que les tensions des vapeurs saturées d'un liquide homogène. En effet, nous retrouvons, dans la circonstance présente, pour log α, la valeur 1,997, signalée par Regnault comme une constante commune à tous les corps.

II. — APTITUDE A LA DÉTONATION DE L'ACÉTYLÈNE DISSOUS

Une bouteille métallique de 700 cc. de capacité, renfermant 320 gr. d'acétone, a été chargée de 132 gr. d'acétylène : soit 41,25 p. 100 du poids d'acétone; le tout sous une pression initiale de 13 kilog. environ, et à la température de 15°.

La bouteille était munie, à sa partie inférieure, d'une douille métallique à parois minces, pénétrant dans le liquide et pouvant recevoir une amorce au fulminate renforcée, de 1gr,5. L'explosion de cette amorce n'a donné lieu qu'à un bruit sec, accompagné d'une fuite de gaz, sans explosion ni inflammation.

Le tube amorce a été cependant pulvérisé par l'action du détonateur, et la bouteille a été élée par la violence du choc transmis par le liquide à la paroi. Rappelons qu'une expérience

(1) Regnault, *Relation des expériences*, etc., t. II, p. 470.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

identique, effectuée sur l'acétylène liquéfié, avait entraîné la rupture en menus fragments de la bouteille de fer (1).

Le choc explosif de l'amorce de fulminate, exercé sur l'acétylène dissous, dans ces conditions, n'en a donc pas déterminé l'explosion. Il s'est comporté, à cet égard, comme la nitroglycérine dissoute dans l'alcool méthylique, lors des essais faits autrefois pour atténuer les propriétés explosives de cette redoutable substance. Mais la stabilité d'un semblable liquide n'est assurée que jusqu'à une certaine proportion relative du composé explosif. En effet, nous montrerons plus loin qu'une dissolution renfermant un poids d'acétylène égal à 64 p. 100 du poids de l'acétone, sous une pression initiale de 20 kilog., à 13°, fait explosion par simple inflammation.

III. — APTITUDE A L'INFLAMMATION DE L'ATMOSPHÈRE SATURÉE, EN CONTACT AVEC LES DISSOLUTIONS D'ACÉTYLÈNE, ET DE LA DISSOLUTION COEXISTANTE

Une éprouvette en acier, munie de manomètres crushers enregistreurs, éprouvette de 50 cent. cubes de capacité (2), a été chargée avec des poids d'acétone tels qu'ils remplissaient 56 p. 100 de cette capacité, dans une première série d'expériences, et 33 p. 100, dans une deuxième série. L'acétone a été saturé d'acétylène à la température ordinaire, sous des pressions de 10 kilogr., ou de 20 kilogr., par centimètre carré.

L'inflammation interne a été provoquée par un *fil fin de platine* ou *de fer, porté à l'incandescence* et maintenu immergé : tantôt dans l'acétone, tantôt dans l'atmosphère gazeuse superposée. Dans ces conditions, l'inflammation explosive de l'acétylène gazeux a toujours été obtenue, et parfois celle de l'acétylène dissous, ainsi qu'il va être spécifié.

Il y a lieu de distinguer divers cas, suivant la valeur de la pression initiale et le mode d'inflammation :

1° Lorsque *la pression initiale n'est pas supérieure à* 10 kilogr. et que l'inflammation est provoquée par un fil métallique rougi *au sein de l'atmosphère gazeuse*, les pressions observées ne diffèrent pas de celles qui correspondent à la combustion de l'acétylène pur sous la même pression. On peut en conclure que la portion d'acétylène dissous dans l'acétone a été entièrement soustraite à la décomposition : celle-ci ne s'est pas propagée au sein du liquide.

2° Dans les mêmes conditions de *pressions initiales de 10 kilogr.*, si l'inflammation est produite *au sein de l'acétone*, — ce qui exige l'incandescence énergique d'un fil de platine, — une portion de l'acétylène dissous se dégage par l'échauffement de la dissolution et les pressions produites s'élèvent sensiblement au-dessus des pressions normales qui correspondraient à la décomposition explosive de l'acétylène gazeux envisagé sous sa tension initiale avant cet échauffement. Mais la décomposition paraît limitée au gaz dégagé du sein de la dissolution; en effet, les pressions produites n'ont pas dépassé le double de la pression qui serait produite au sein du gaz, pris sous sa tension initiale.

D'après ces observations, l'acétylène dissous sous une pression initiale de 10 kilogr. est presque entièrement soustrait à la combustion. Aussi, les pressions maxima observées ont-elles été à peu près dix fois plus faibles que celles qui correspondraient à la décomposition explosive de la totalité de l'acétylène contenu, tant à l'état gazeux qu'à l'état dissous, dans la capacité intérieure de l'éprouvette.

3° Il en est autrement si le rapport entre le poids de l'acétylène dissous et le poids de l'acétone est accru par une saturation accomplie sous des *pressions initiales notablement supérieures à 10 kilogr.* Dans ces conditions, la dissolution participe à la décomposition de l'atmosphère gazeuse et l'on retombe sur un fonctionnement explosif analogue à celui de l'acétylène pur, liquide. Voici les résultats observés, lorsque nous avons opéré sous une pression initiale de 20 kilogr., à la température ordinaire.

L'éprouvette en acier, de 50 cent. cubes de capacité, avait été remplie au tiers d'acétone pur, puis le liquide saturé d'acétylène.

(1) *Bulletin* d'octobre 1896, p. 1368.

(2) *Annales de chimie et de physique*. 7e série. t. XI. p. 6.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Soit d'abord l'inflammation provoquée à l'aide d'un fil de platine incandescent *au sein de l'atmosphère gazeuse*. Elle a donné lieu à des pressions dépassant parfois le double de la pression qui eût été développée par le gaz pur se décomposant sous la même pression initiale : au lieu de 212 kilogr. obtenus avec le gaz pur, nous avons obtenu 303 et 558 kilogr. dans deux expériences.

4° La pression initiale étant toujours de 20 kilogr., les choses se passent tout autrement lorsqu'on provoque l'inflammation soit *au sein de l'acétone* (la bombe étant tenue verticale), soit *à la surface du liquide* (la bombe étant tenue horizontale). Dans ces conditions, trois expériences nous ont fourni des pressions de plusieurs milliers d'atmosphères : c'est-à-dire que l'acétylène, même dans la portion dissoute, a fait explosion. Cette explosion est accompagnée de circonstances très remarquables. Examinons-en de plus près la marche et les résultats.

Dans le dernier essai, l'enregistrement de la loi de combustion a été recueilli au moyen du cylindre tournant. La pression maximum a atteint 5 100 kilogr. par centimètre carré. Or, cet enregistrement montre que la pression développée résulte d'une réaction relativement lente, sensiblement uniforme, et qui s'est effectuée en près de 4/10 de seconde, soit $0^s,3\,871$. Ce temps est relativement énorme pour une réaction explosive : il rappelle la durée de combustion d'une poudre qui fuse. Pour citer un exemple opposé, l'onde explosive provoquée par la détonation du mélange tonnant d'acétylène et d'oxygène ($C^2\,H^2 + O^5$) parcourrait la longueur de la même éprouvette en 1/22500 de seconde; c'est-à-dire que sa vitesse est 9 000 fois plus considérable. Dans la décomposition précédente de l'acétylène, le tracé s'étend sur plusieurs tours de cylindre et la pression s'élève avec une vitesse moyenne qui répondrait à un accroissement de 13 tonnes par seconde. A la vérité, la vitesse de développement de la pression a d'abord été plus rapide (répondant à 114 tonnes par seconde au début); mais l'accroissement est tombé à 22 t. 5, après 1/50 de seconde; pour se maintenir entre des vitesses répondant de 10 à 12 tonnes par seconde, pendant le temps 20 fois plus considérable de la période principale de la combustion.

Les phénomènes chimiques sont particulièrement importants. En effet, non seulement l'acétylène est décomposé; mais l'acétone qui le tenait dissous se détruit simultanément. On n'en retrouve plus trace dans l'éprouvette après la décomposition explosive. Celle-ci donne naissance à une masse compacte de charbon, moulée dans la capacité intérieure de l'éprouvette.

Les gaz formés sont constitués par de l'hydrogène et de l'oxyde de carbone, mélangés d'acide carbonique. L'acétone a été, on le répète, totalement décomposé; résultat extrêmement intéressant pour la mécanique chimique, ainsi que nous le montrerons dans une note spéciale.

Le tableau ci-dessous renferme les résultats observés.

BOMBE CYLINDRIQUE DE 50^{cc} : 22^{mm} DE DIAMÈTRE, 120^{mm} DE LONGUEUR.
PRESSION DE SATURATION, 10 KILOG.

Rapport du volume de l'acétone à la capacité de l'éprouvette.	Pressions observées en kilogrammes par cent. carré.	Observations.
	$88^{kg},1$	Bombe droite. Inflammation dans le gaz.
	89,3	
0,56.	142,4	Bombe horizontale. Inflammation à la surface de l'acétone.
	123.0	
	155.4	Bombe droite. Inflammation inférieure dans l'acétone.
	141.0	
	95.0	Bombe droite. Inflammation dans le gaz.
0,33.	117,4	Bombe horizontale. Inflammation à la surface de l'acétone.
	106.9	
	115	Bombe droite. Inflammation inférieure dans l'acétone.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

PRESSION DE SATURATION, 20 KILOG.

Rapport du volume de l'acétone à la capacité de l'éprouvette.	Pressions observées en kilogrammes par cent. carré.	Observations.
	303kg	Bombe droite. Inflammation dans le gaz.
	558	
0,33.	> 2,000	Bombe droite. Inflammation dans l'acétone.
	> 2,000	Bombe horizontale. Inflammation à la surface de l'acétone.
	5,100	

Il a paru utile de contrôler les résultats obtenus dans de petits récipients, portant sur des réservoirs de dimensions analogues à celles qui pourraient être utilisées dans la pratique.

Une grande bouteille de fer, de 13 lit.5 de capacité, telle que les récipients employés pour l'acide carbonique liquide, a reçu 7 litres d'acétone. Cet acétone a été saturé d'acétylène, sous des pressions qui ont atteint 6 kilogr. environ dans un premier essai, et 8kg,2 dans une deuxième expérience (poids de l'acétylène dissous, 1 170 grammes) : on s'est placé ainsi dans les limites où l'atmosphère gazeuse seule est susceptible de faire explosion; à l'exclusion de l'acétylène dissous.

Le feu était mis à la partie supérieure de la bouteille, maintenue verticale, par le moyen d'un fil métallique porté à l'incandescence. L'inflammation n'a donné lieu, dans les deux expériences, à aucune fuite par la fermeture. La bouteille est devenue brûlante à la main, sur la moitié supérieure de sa hauteur, c'est-à-dire dans la partie qui renfermait l'acétylène gazeux; tandis que la partie inférieure, dans laquelle se trouvait l'acétone saturé d'acétylène, est demeurée froide. La bouteille a pu servir ensuite à des essais d'éclairage avec l'acétylène non décomposé. En l'ouvrant postérieurement pour la vider, on y a trouvé un volumineux dépôt de charbon, en poudre impalpable, délayée dans l'acétone et occupant, après repos, un volume apparent de plusieurs litres.

Cette expérience montre que des récipients commerciaux de semblable nature (timbrés à 250 atmosphères) peuvent supporter sans rupture, aux températures ambiantes de 10° à 15°, les pressions qui résulteraient d'une inflammation interne fortuite de l'atmosphère gazeuse surmontant des dissolutions d'acétone saturées d'acétylène sous des pressions initiales de 6 à 8 kilogr. Ce résultat s'explique, la pression développée n'ayant pas dépassé 155 kilogr., dans les expériences précédentes, exécutées sous une pression initiale inférieure à 10 kilogr., et la bouteille de fer employée ayant été essayée sous une pression presque double. Mais cette sécurité relative cesserait si la pression initiale surpassait notablement 10 kilogr. En effet, avec une pression de 20 kilogr., l'inflammation provoquée au sein de l'atmosphère gazeuse a été susceptible de développer une pression de 568 kilogr., double de celle sous laquelle la bouteille actuelle a été essayée. Enfin, quand l'inflammation a été provoquée dans le liquide même, la pression s'est élevée à 5 100 kilogr. Il est évident que, dans ces conditions, aucun récipient industriel n'est susceptible de résister.

Ce n'est pas tout : au point de vue du risque d'explosion, même avec une pression initiale de 6 à 8 kilogr., il importe de tenir compte de l'influence qu'exerce la température sur les tensions d'acétylène correspondant à une dissolution donnée. En effet, nous avons montré plus haut qu'un récipient ayant été rempli d'acétone saturé d'acétylène sous une pression initiale de 6kg,74, à la température de 14°; si ce récipient vient à être porté ensuite à 35°,7, il subit une pression de 10kg,55; et cette pression s'élève à 14 kilogr. vers 50°; à 20kg,5, vers 74°,5. Un récipient, inexplosible par inflammation à la température de 14°, peut donc le devenir, s'il vient à être porté à des températures supérieures à 35, par un échauffement dû soit à la chaleur solaire, soit au voisinage de sources de chaleur industrielles. Cette possibilité doit être signalée d'autant plus que toute élévation de température accroît, et même fort vite, l'apti-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tude à la décomposition des matières explosives en général : la limite de 10 kilogr., qui suffit à 15°, deviendrait certainement dangereuse à une température notablement plus élevée.

Ces réserves étant formulées, il convient d'insister sur le fait établi par nos observations, à savoir que l'acétylène, dissous dans un liquide tel que l'acétone, devient moins dangereux, attendu que le carbure dissous cesse d'être explosif par inflammation interne, non seulement sous une pression de 2 kilogr., mais jusqu'à une pression initiale de 10 kilogr. au moins, toujours vers la température de 15°.

Bref, l'acétylène gazeux est susceptible de faire explosion par inflammation interne lorsqu'un récipient d'un litre contient 2gr,5, ou plus, de ce composé ; tandis que l'acétylène dissous dans l'acétone, étant soumis à la même cause d'inflammation interne, n'est exposé à faire explosion, vers 15°, que si la pression initiale surpasse 10 atmosphères. Or, un tel récipient pourrait contenir 100 à 120 grammes d'acétylène, c'est-à-dire 50 fois plus, avant que le risque commençât dans ces conditions.

Observons toutefois que, même dans ces conditions favorables, la portion gazeuse qui surmonte la dissolution conserve ses propriétés explosives et la faculté de développer par là des pressions voisines du décuple de la pression initiale. Pour y résister, il faudra employer des récipients suffisamment épais, de l'ordre de ceux où l'on a coutume de renfermer l'acide carbonique liquéfié.

Enfin, si la pression initiale de dissolution atteint 20 kilogr. (et sans doute déjà au-dessous de cette limite), on est exposé à réaliser, en cas d'inflammation interne, les conditions d'une explosion totale de l'acétylène, avec développement d'une pression de plusieurs milliers d'atmosphères et rupture des récipients métalliques. Ce risque existe également si le récipient, même rempli sous une pression initiale inférieure à 10 kilogr., à la température ordinaire, vient à subir l'influence d'une température notablement plus élevée. Il sera essentiel de tenir compte de ces diverses circonstances dans les applications industrielles des dissolutions d'acétylène au sein de l'acétone ou d'autres liquides.

REMARQUES SUR LA DÉCOMPOSITION EXPLOSIVE DES DISSOLUTIONS D'ACÉTYLÈNE

Dans les expériences que nous venons de rapporter, tantôt l'acétylène dissous dans l'acétone n'éprouve aucune décomposition, tantôt il subit une décomposition explosive. Or, dans ce dernier cas, le dissolvant, c'est-à-dire l'acétone, se décompose en même temps en ses éléments, le carbone et l'hydrogène étant mis en liberté, du moins en majeure partie, tandis que l'oxygène se trouve régénéré sous forme d'acide carbonique et d'oxyde de carbone : ce dernier est corrélatif sans doute d'une certaine proportion d'eau, car l'acide carbonique est en partie réduit par l'hydrogène dans les réactions opérées à haute température.

$$2\,C^3H^6O = \begin{cases} 5\,C + 12\,H + CO^2, \\ 5\,C + 10\,H + CO + H^2O. \end{cases}$$

Cette décomposition totale du dissolvant est très digne d'intérêt, en tant que provoquée par le choc explosif qui résulte de la destruction de l'acétylène accomplie à volume constant. Elle rentre dans la catégorie des réactions par entraînement (1) et elle donne lieu au phénomène exceptionnel de la destruction totale et brusque d'un corps formé avec dégagement de chaleur, tel que l'acétone. Il paraît utile d'en approfondir le mécanisme.

Ce qui fait la différence entre la stabilité de l'acétylène dissous et sa décomposition en éléments, d'après nos expériences, c'est la pression initiale du système : sous une pression de 10 atmosphères (ou kilogr.) l'acétylène est stable, à l'égard des agents d'inflammation interne. Tandis que, sous une pression de 20 atmosphères il se détruit complètement et provoque la décomposition simultanée du dissolvant.

(1) *Essai de mécanique chimique*. t. II. p. 30.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Cette différence s'explique par la thermochimie, ainsi qu'il va être dit. Observons d'abord que, d'après les résultats consignés dans la note précédente, sous une pression P (exprimée en kilogr.), 1 kilogr. d'acétone dissout sensiblement, à 10°, un poids d'acétylène égal à 35 gr. × P : soit 350 gr., sous une pression de 10 kilogr. et 700 gr., sous une pression de 20 kilogr.

Or, la décomposition de 26 gr. d'acétylène gazeux en ses éléments, carbone amorphe et hydrogène, dégage + 51^{cal},4. L'acétylène dissous dégagera en moins sa chaleur de dissolution, que nous admettrons égale à la chaleur de dissolution du même gaz dans l'eau, soit 5^{cal},3, donnée qui peut être acceptée comme suffisamment approchée. Sa chaleur de décomposition sera réduite à +46^{cal},3. La chaleur de vaporisation d'une molécule d'acétone (sous la pression normale) étant exprimée par 7^{cal},5, on voit que la décomposition d'une molécule d'acétylène serait susceptible de vaporiser à cette pression 6 molécules d'acétone, c'est-à-dire peu à peu 13 fois son poids : tel serait l'effet produit dans une dissolution renfermant 77 gr. d'acétylène par kilogr. d'acétone. Encore faudrait-il y ajouter la chaleur nécessaire pour échauffer au même degré le carbone et l'hydrogène résultant de la décomposition de l'acétylène. Il est clair que l'on ne saurait atteindre, dans ces conditions, les températures élevées nécessaires pour la destruction totale de l'acétylène. Il faut évidemment employer une dose notablement plus forte de ce composé endo-thermique. On s'explique dès lors que les dissolutions d'acétylène dans l'acétone ne soient décomposées que lorsque la proportion du carbure est beaucoup plus considérable.

Faisons le même calcul pour les dissolutions saturées sous les pressions initiales de 10 kilogr. et de 20 kilogr. Nous l'exécuterons, afin de simplifier, avec les données relatives à la pression normale, les seules qui aient été observées; elles fournissent d'ailleurs une approximation suffisante pour l'objet que nous nous proposons.

Sous une pression de 10 kilogr., les 350 gr. d'acétylène dissous dans 1 kilogr. d'acétone dégageraient, par leur décomposition propre : 623^{cal},3;

Sous une pression de 20 kilogr., les 700 gr. d'acétylène dissous dégageraient 1246^{cal},6.

Acceptons, pour la chaleur spécifique moléculaire de l'acétone gazeuse à volume constant, la valeur 29, déduite des expériences de Regnault, valeur calculée pour la température de 100° environ et qui croît certainement beaucoup au delà avec la température; soit encore 4,8 pour la chaleur spécifique de H^2; soit 6 pour celle de C^2, à haute température. Envisageons la dissolution de l'acétylène dans l'acétone saturé sous une pression de 10 kilogr. et supposons que l'acétylène dissous soit décomposé en ses éléments; nous trouvons, la chaleur de vaporisation de l'acétone déduite, que le mélange d'acétone (supposé inaltéré), de carbone et d'hydrogène (C^2+H^2) atteindrait au plus une température de 730°, à volume constant. La température serait même notablement moins élevée si on la calculait à l'aide des chaleurs spécifiques réelles. Or, cette température est insuffisante pour résoudre l'acétylène en ses éléments.

Le calcul, effectué par l'hypothèse d'une décomposition simultanée de l'acétone, c'est-à-dire du dissolvant, en ses éléments et acide carbonique conduirait seulement à une température voisine de 400°. Ces chiffres rendent bien compte de l'impossibilité d'une semblable décomposition lorsqu'on opère avec les proportions relatives d'acétylène et d'acétone répondant à une pression initiale de 10 kilogr., ou moindre.

Pour le liquide saturé sous une pression de 20 kilogr., un calcul semblable indiquerait 1308° à volume constant; ce chiffre répondant à la décomposition de l'acétylène seul. Or, nous atteignons ici la température de décomposition de l'acétylène, c'est-à-dire que la dose d'acétylène mise en jeu est capable de produire les effets observés, en raison de la chaleur qu'elle dégage en se décomposant.

Ce n'est pas tout : nous avons constaté, qu'en élevant ainsi la température du système, la destruction de l'acétylène dissous détermine en même temps un effet nouveau, à savoir la décomposition du dissolvant, l'acétone en éléments et acide carbonique; décomposition qui absorbe pour son propre compte une dose de chaleur considérable, soit 328 cal. pour 1 kilogr. Établissons le calcul de ces nouveaux effets, d'après les équations données plus haut. Comm

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

elles sont à peu près équivalentes au point de vue thermique, nous nous bornerons à la première. Dans ce calcul, il suffit de remplacer la chaleur spécifique de l'acétone par celle de ses produits, laquelle est, d'ailleurs, mieux connue.

On trouve ainsi, pour la chaleur dégagée : 919 cal., nombre qui peut être regardé comme assez exact; et pour la température développée : 1160°. Ce dernier chiffre n'est qu'approché, en raison des variations de la chaleur spécifique du carbone et de celle de l'acide carbonique.

Ces valeurs rendent bien compte des phénomènes et notamment de la diversité des effets observés avec les dissolutions d'acétylène saturées sous les pressions de 10 kilogr. et de 20 kilogr., et spécialement de la décomposition propre de l'acétone, laquelle accroît singulièrement la pression finale des gaz produits par l'inflammation du mélange. Dans ces conditions de haute pression initiale, la présence de l'acétone, au lieu d'atténuer le phénomène, risque au contraire d'en augmenter l'intensité.

En effet, la décomposition de l'acétone en carbone, hydrogène et acide carbonique remplace un volume gazeux, mesuré sous la pression normale, par $3\frac{1}{2}$ volumes; c'est-à-dire, qu'à température égale et à volume constant, la pression attribuable à la présence de l'acétone est accrue dans le rapport de $3\frac{1}{2} : 1$, tandis que la température s'abaisse seulement de 1300° à 1160°. Si l'on tient compte de la décomposition simultanée de l'acétylène et de ses produits, on trouve, en calculant d'après les lois ordinaires des gaz, que les pressions développées à volume constant, aux températures produites par les quantités inégales de chaleur dégagées, — soit par le système où l'acétone subsisterait, soit par le système où l'acétone serait résolu en carbone, hydrogène et acide carbonique, sont entre elles comme 47 est à 83; c'est-à-dire que la décomposition de l'acétone, malgré l'absorption de chaleur qu'elle entraîne, doublerait à peu près la pression due à la décomposition isolée de l'acétylène.

A un point de vue plus général, les conditions théoriques des réactions par entraînement se trouvent nettement définies par les explications qui viennent d'être données (1). Ces réactions portent, dans la plupart des cas, soit sur des combinaisons endothermiques, dont la décomposition dégage de la chaleur, soit sur des transformations exothermiques, dans l'enchaînement desquelles les phénomènes chimiques qui absorbent de la chaleur doivent être compensés et au delà par les phénomènes qui en dégagent. Cette condition est surtout essentielle dans les cas où il ne paraît exister aucune liaison d'ordre chimique entre le phénomène exothermique, tel que la destruction explosive de l'acétylène, et le phénomène endothermique simultané, tel que la décomposition de l'acétone.

Il y a plus : la comparaison entre les chiffres calculés dans l'hypothèse de la décomposition totale de l'acétone saturé d'acétylène sous des pressions de 10 kilogr. et de 20 kilogr. montre que, pour déterminer cette composition, il est nécessaire que la destruction simultanée de l'acétylène fournisse une quantité de chaleur susceptible non seulement de compenser la chaleur absorbée par l'acétone, mais en outre de porter tout le système final à la température de la décomposition totale du dernier composé. Ainsi, dans les conditions de nos expériences, l'explosion de l'acétylène, étant accompagnée par un développement de chaleur et de pression énorme à volume constant, produit un *échauffement interne et instantané du système* comparable, par ses effets chimiques, à celui qui résulte de la compression brusque d'un gaz; tel que l'échauffement instantané à l'aide duquel l'un de nous a décomposé autrefois le protoxyde d'azote, en le comprimant subitement à 500 atmosphères, par la chute d'un mouton (2).

Remarquons, en terminant, que nos expériences montrent, une fois de plus, que la pression, si grande qu'elle soit, n'empêche pas l'accomplissement des réactions exothermiques, en dehors des cas d'équilibre ou de dissociation (3). Elle tend, au contraire, à en accroître la vitesse et à abaisser la limite d'inflammabilité (4).

(1) Voir aussi *Essai de mécanique chimique*, t. II, p. 30 et 31.

(2) *Annales de chimie et de physique*, 5e série, t. IV, p. 144.

(3) *Annales de chimie et de physique*, 4e série, t. XVIII, p. 95; 5e série, t. XII, p. 310, etc.

(4) Berthelot, *Sur la force des matières explosives d'après la Thermochimie*, t. I, p. 78; t. II, p. 163, *et passim*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

SUR QUELQUES CONDITIONS DE PROPAGATION DE LA DÉCOMPOSITION DE L'ACÉTYLÈNE PUR

Nous avons montré, dans une précédente communication (1), que l'acétylène ne propage pas, sous la pression normale, la décomposition excitée en un de ses points; mais il reprend, sous des pressions plus élevées et dès le double de la pression normale, les propriétés des mélanges explosifs usuels.

Sous une même pression, cette aptitude à la propagation dépend des conditions d'excitation et des influences extérieures de refroidissement. Entre les conditions où l'explosion se produit à coup sûr et celles où elle ne présente point de probabilité sensible, il existe un intervalle correspondant à la mise en train de la plupart des machines et réactions (2) : c'est cet intervalle que nous allons chercher à définir. En effet, il nous a paru utile de préciser, en vue des applications pratiques actuellement à l'étude, les valeurs limites des pressions à partir desquelles les propriétés explosives de l'acétylène sont susceptibles de prendre une importance dangereuse.

Nous avons étudié deux modes d'excitation :

Excitation par l'incandescence d'un fil métallique;

Excitation par une amorce au fulminate de mercure.

Le premier mode correspondrait, en pratique, à l'échauffement intense et localisé, qui peut se produire soit dans l'attaque d'une masse de carbure en excès par de petites quantités d'eau, soit par des frictions énergiques entre des pièces métalliques en contact avec le gaz (serrage d'écrou ou de pointeaux de fermeture).

Le deuxième mode d'excitation peut se trouver réalisé par la déflagration de petites quantités d'acétylure très explosifs, tels que ceux dont se recouvrent, au contact de l'acétylène, les pièces de cuivre ou de ses alliages, dès que l'ammoniaque ou ses sels, et même divers autres composés salins, se trouvent en demeure d'intervenir.

Pour mettre en évidence l'influence du refroidissement sur les phénomènes de propagation, nous avons expérimenté tantôt sur des masses de gaz renfermés dans des vases de diamètre sensiblement égal à la hauteur, la capacité des vases variant de 4 litres à 25 litres, tantôt dans des tubes métalliques de 22 millimètres de diamètre et de 3 mètres de longueur, dans lesquels l'influence des surfaces de refroidissement était considérable.

PROPAGATION DANS DE LARGES RÉCIPIENTS

Les tableaux suivants résument les résultats observés.

Pour chaque expérience, on faisait le vide dans le récipient, puis on laissait rentrer le gaz acétylène provenant d'une bouteille métallique où il était liquéfié; le vide était fait une deuxième fois, et une nouvelle introduction de gaz permettait d'établir une pression, mesurée cette fois par un manomètre à mercure. L'excitation était produite successivement par un double dispositif de mise de feu, formé d'un boudin de fil métallique porté à l'incandescence, et par une amorce au fulminate disposée vers le centre de la capacité.

Ces essais montrent qu'il n'est pas possible, pour un mode d'excitation déterminé, de définir une pression critique absolument fixe, au-dessous de laquelle la propagation serait impossible, tandis qu'immédiatement au-dessus la propagation serait certaine.

Le passage se fait progressivement, suivant une échelle de pressions auxquelles correspondent des probabilités croissantes d'explosion.

Ce fait, d'ailleurs, n'est pas particulier à l'acétylène. Pour tous les explosifs, les phénomènes de propagations, par choc ou par influence, présentent le même caractère, et les con-

(1) *Annales de chimie et de physique*, 7e série, t. XI, p. 5.

(2) Voir aussi *Essai de mécanique chimique*, t. II, p. 6 et surtout p. 39-42. *Force des matières explosives*, t. I, p. 187.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ditions qui assurent l'explosion certaine sont toujours largement séparées de celles qui assurent l'insensibilité certaine : dans l'intervalle, il existe des zones dangereuses où l'on ne peut définir autre chose que la probabilité de l'explosion.

RÉCIPIENT DE 4 LITRES, EN ACIER

Pression initiale du gaz en centimètres de mercure	AMORÇAGE. par fil incandescent au centre du récipient.	par une charge de 0gr,1 de fulminate de mercure placée au centre du récipient.
76cm + 17cm		10 expériences. Sans propagation.
76 + 24	1 expérience. Pas d'inflammation.	4 expériences. Une inflammation.
76 + 30,5	1 expérience. Pas d'inflammation.	3 expériences. Deux inflammations.
76 + 38	4 expériences. Pas d'inflammation.	3 expériences. Deux inflammations.
76 + 46	4 expériences. Pas d'inflammation ; deux fils de fer, deux fils de platine.	
76 + 52	6 expériences. Pas d'inflammation.	
76 + 61	5 expériences. Une inflammation.	
76 + 70	7 expériences. Quatre inflammations.	

FLACON DE 25 LITRES, EN VERRE

76		1 expérience. Pas d'inflammation.
76 + 7,5	3 expériences. Pas d'inflammation.	2 expériences. Pas d'inflammation.
76 + 10,5		1 expérience. Pas d'inflammation.
76 + 16,8	1 expérience. Pas d'inflammation.	1 expérience. Pas d'inflammation.
76 + 24	2 expériences. Pas d'inflammation.	2 expériences. Pas d'inflammation.
76 + 38		1 expérience. Inflammation et rupture du récipient.

Toutefois, la loi rapide de décroissance de ces probabilités conduit à regarder comme sans danger probable, dans le cas qui nous occupe, une surpression de 52 centimètres de mercure (7 mètres d'eau), lors de l'inflammation provoquée par un point en ignition, et la surpression de 17 centimètres de mercure (2m,30 d'eau), pour l'inflammation provoquée par l'amorce au fulminate. L'un des modes d'excitation est donc ici trois fois plus énergique que l'autre.

Les essais effectués dans le flacon de 25 litres n'ont pas mis en évidence une influence appréciable de la capacité du récipient.

L'inflammation donne lieu, sous toutes les pressions, à la production de volumineux flocons de charbon, d'une extrême ténuité, qui tapissent les parois du récipient et le remplissent partiellement. En même temps, le récipient métallique devient brûlant. Lorsque l'inflammation ne se propage pas, on n'observe que des fumées, qui se déposent sous forme d'une légère buée transparente, visible seulement dans les récipients en verre.

Observons enfin que, dans ces essais, le poids de l'amorce a été choisi assez faible pour ne pas modifier d'une façon sensible la pression générale du récipient, tout en assurant une excitation initiale violente.

PROPAGATION DANS LES TUBES MÉTALLIQUES

Il était difficile de prévoir l'influence qu'exercerait sur le phénomène de propagation la forme tubulaire donnée au récipient. Si l'on devait admettre, en effet, dans le cas d'une excitation par fil incandescent, que le refroidissement tendrait à s'opposer à la propagation ; au contraire, il y avait lieu de penser que l'influence de l'amorce serait accrue, en raison des pressions locales énergiques développées au sein de la région de capacité réduite occupée par la charge fulminante.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les essais ont été effectués dans un tube en acier de 22 millimètres de diamètre et de 3 mètres de longueur, fermé à l'une de ses extrémités par un tampon métallique et à l'autre par une cloche en verre fort, mastiquée elle-même dans un raccord. Ces essais n'ont fourni que des résultats négatifs pour des surpressions initiales de 76 centimètres de mercure, trois fois plus élevées que celles qui avaient permis d'observer la propagation dans des capacités de même ordre, dont la largeur était considérable. La capacité du tube employé était de 1 litre environ et les premiers essais furent effectués avec une charge amorce de $0^{gr},025$ de façon à conserver le rapport du poids de la charge amorce au volume total tel que ce rapport avait été admis lors des expériences exécutées dans un récipient de 4 litres. La propagation ne se produisant pas, on a employé alors, malgré le volume réduit du tube, la même amorce de $0^{gr},1$ précédemment expérimentée. Cette fois, encore, avec des surpressions ne dépassant pas 1 atmosphère, soit $2^{kg},06$ absolue par centimètre carré, aucune propagation n'a été observée. L'explosion de l'amorce, produite soit contre l'une des extrémités du tube soit à une distance de 30 centimètres, n'a entraîné qu'une légère buée charbonneuse dans son voisinage immédiat.

Les résultats de ces essais sont relevés dans le tableau suivant :

TUBE EN ACIER DE 22^{mm} DE DIAMÈTRE ET DE $2^{m}89$ DE LONGUEUR. CAPACITÉ : $1^{lit},098$.

Pression initiale.	Amorçage.	Observations.
$76^{cm} + 17^{cm}$	$0^{gr},025$ fulminate.	1 expérience. Pas de propagation; buée charbonneuse sur le bouchon.
76 + 30,5	0,025 fulminate.	1 expérience. Pas de propagation; buée charbonneuse sur le bouchon.
76 + 38	0,025 fulminate.	1 expérience. Pas de propagation; buée charbonneuse sur le bouchon.
76 + 24	0,1 amorce placée au voisinage de l'extrémité.	1 expérience. Pas de propagation; buée charbonneuse sur le bouchon.
76 + 38,8	0,1	1 expérience. Pas de propagation; buée charbonneuse sur le bouchon.
76 + 61	0,1	1 expérience. Pas de propagation; buée charbonneuse sur le bouchon.
76 + 76	0,1	
76 + 38	0,1 amorce à 30^{cm} de l'extrémité.	1 expérience.
76 + 76	0,1	3 expériences. Pas de propagation; buée charbonneuse sur le bouchon.

Dans les trois dernières expériences, l'inflammation par fil rougi, sous la pression de 76 centimètres, a été préalablement essayée sans résultat.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

NOTES DE MÉCANIQUE

BASCULAGE ET TRIAGE DES CHARBONS D'APRÈS M. J. RIGG (1)

BASCULAGE. — Les types de wagonnets ordinairement employés dans les mines anglaises pour le roulage des charbons au jour sont représentés par les figures 1, 2 et 3 : leurs charges sont respectivement de 1 250, 750 et 550 kilos. On préfère en général les wagonnets sans portes, moins coûteux et plus durables. Il faut, pour les

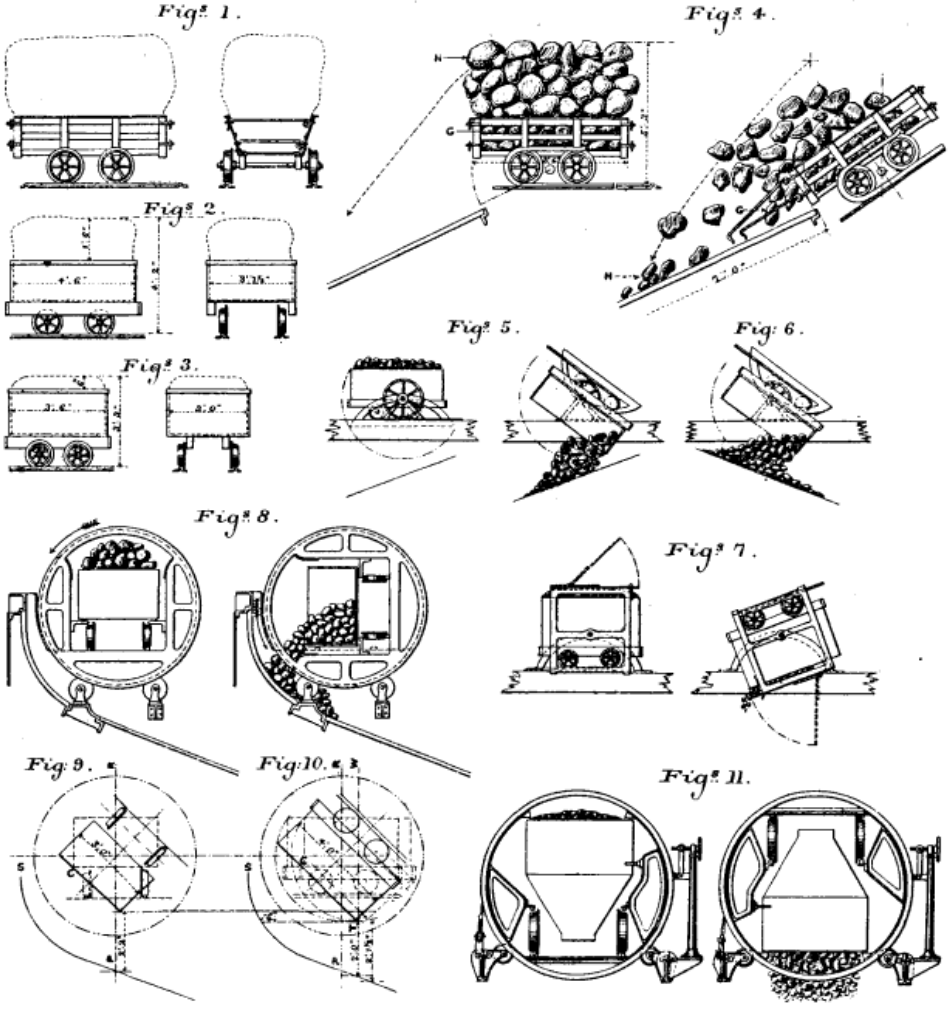


Fig. 1 à 11.

vider sans raclettes, les basculer de 130 à 135°, ce qui oblige à en renforcer les châssis et les plaques de garde. Les caisses des wagonnets en acier sont, pour être aussi légers que les caisses en bois, faites en tôles très minces, de 1^{mm} 1/2, rapidement corrodées, et qui subissent des chocs, des avaries plus longues à réparer : on aurait avantage à

(1) *Institution of Civil Engineers* (London), 8 décembre 1899

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

faire le châssis et la caisse en bois avec le fond en tôles d'acier de $4^{mm}1/2$ et longerons entre les roues.

Le fond du wagonnet fig. 4 est fermé par deux tringles, en guise de porte, qui lui permettent de se décharger sous une inclinaison de 40°, mais sans éviter la chute brutale des gros charbons H sur la plaque avant des grilles de triage et sans que le glissement, problématique d'ailleurs, des menus G puisse les protéger. Avec des charges de $1^{m},50$ à $1^{m},80$ de haut, les gros charbons H, lancés à $2^{m},50$ ou $3^{m},60$ sont sérieusement

Figs 12.

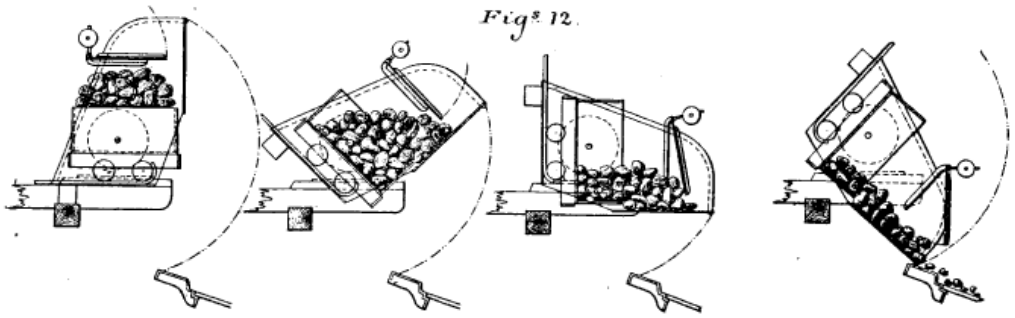


Fig. 13.

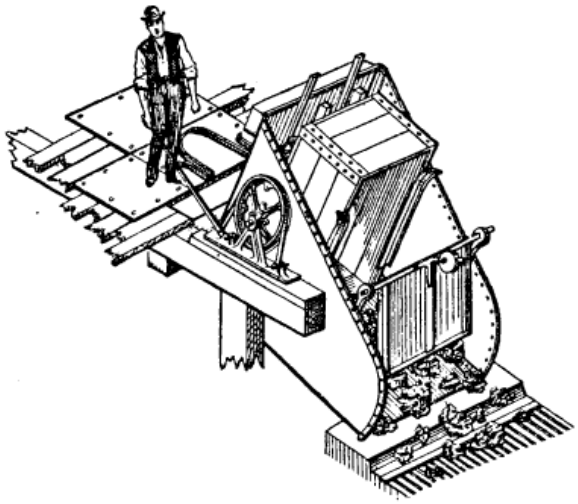


Fig. 12 et 13. — Basculeur *Rigg*.

endommagés. En outre, les côtés du wagon, lâchés par l'ouverture de la porte, fatiguent beaucoup.

Les basculeurs ouverts déversent le plus souvent (fig. 5) le charbon dans le sens même des barreaux de la grille de triage, dont l'avant ne fait alors qu'étaler le charbon ; il en est de même pour le type fig. 6 qui, en outre, projette violemment le charbon en sens contraire de sa descente sur la grille. Le basculeur fig. 7, employé dans le nord de l'Angleterre, n'ouvre sa porte que sous une inclinaison de 20°, mais son ouverture rapide en ce point diminue encore plus le rendement de la grille. Dans le dispositif fig. 8, le wagon bascule, comme en fig. 9, latéralement, au lieu de par bout, comme en fig. 10 ; la hauteur de la chute du charbon, de $0^{m},65$ dans le premier cas, est réduite

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

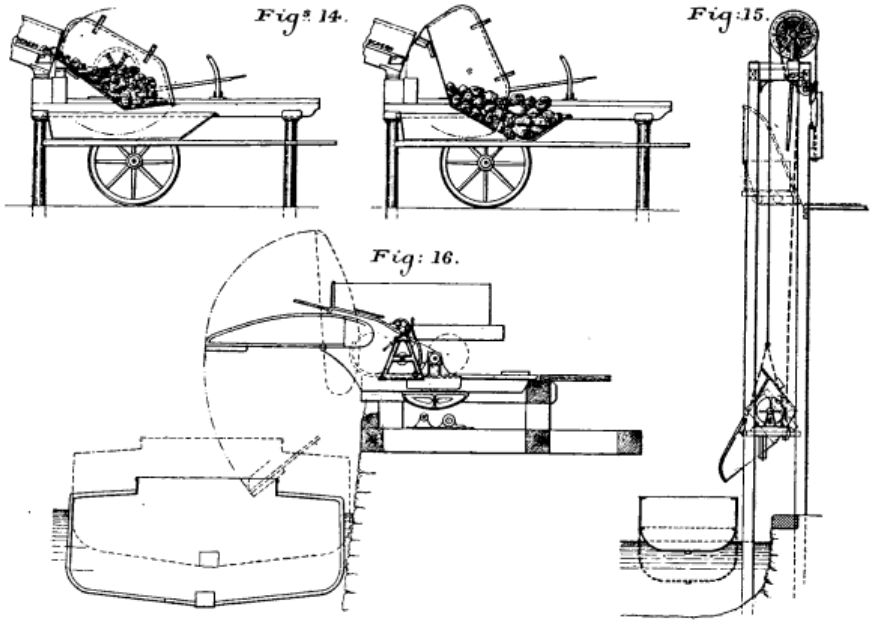


Fig. 14 à 16.

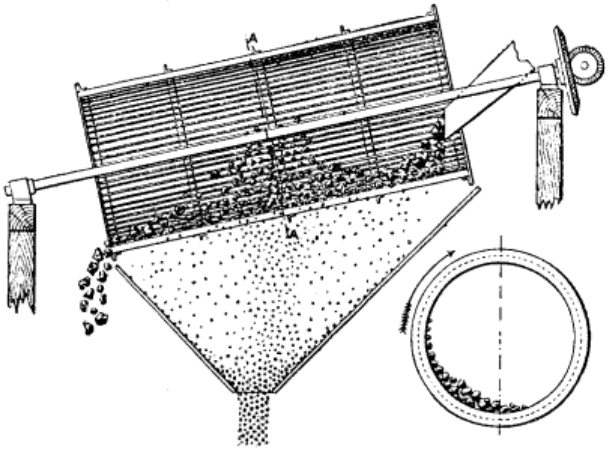


Fig. 17. — Grille tournante.

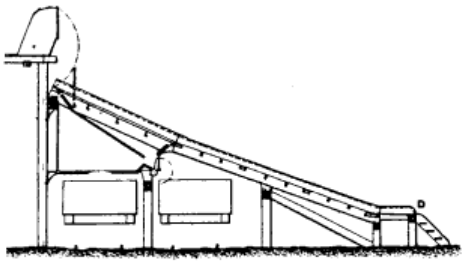


Fig. 18. — Barreaux oscillants.

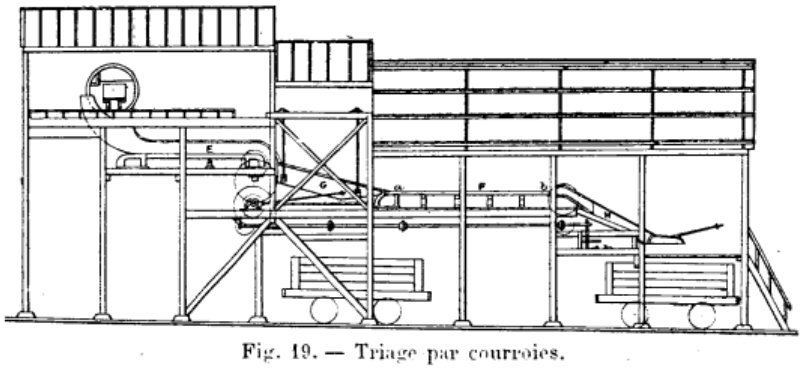


Fig. 19. — Triage par courroies.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à 0m,60 dans le second. La distance du plan de rotation PR à l'origine S de la grille est la même dans les deux cas, et cet avantage persiste, bien que réduit, quand on recule PR en WT de manière à égaliser les longueurs SC en fig. 9 et 10. On n'a donc pratiquement aucun avantage à décharger les wagons latéralement.

Pour éviter ces inconvénients, le basculeur devrait satisfaire aux conditions suivantes : 1° agir dans les deux sens sous l'action de la pesanteur seule; 2° régler sa décharge au frein ; 3° décharger le charbon dans le sens de la pente de la grille ; 4° ne lâcher le charbon qu'au contact même de la grille ; 5° l'étaler avant qu'il n'arrive sur la grille.

Ces conditions paraissent remplies par le basculeur (fig. 12 et 13) où la décharge, automatiquement ralentie par une porte équilibrée, est réglée par un frein à main. Il peut décharger 55 tonnes par heure. Une fois vidé, il reprend automatiquement sa

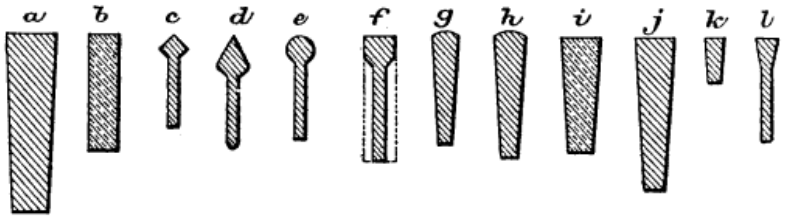


Fig. 20. — Types de barreaux de grilles. Échelle 1/4.

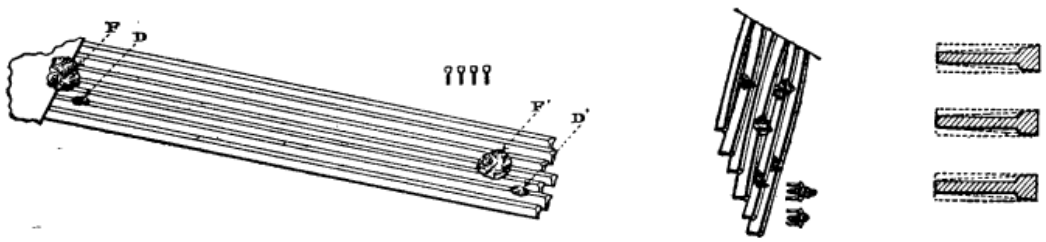


Fig. 21 à 23. — Grille à barreaux continus.

position de chargement. Les mêmes principes sont appliqués aux dispositifs fig. 14, pour charger des chariots, fig. 15, pour charger des bateaux avec une chute de 6 mètres, et (fig. 16) pour le déchargement par bout des wagons d'un chemin de fer à voie étroite.

Triage. — Parmi les grilles mobiles, la plus efficace pour la séparation des pierres et gaillets des charbons durs seulement est le type de grille tournante représenté par la fig. 17, car le charbon remonté par la rotation des barreaux, retombe, comme l'indique la coupe AB, et détériorerait notablement les charbons tendres, même après avoir remplacé les barreaux par des toiles métalliques.

Les barreaux oscillants du type fig. 18, bien que moins rudes que le tambour fig. 17, n'en détériorent pas moins encore trop les charbons tendres. Ce triage est desservi par quatre basculeurs et a 8m,50 de large; les charbons ronds tombent en D, et le reste dans des wagons, ainsi que les pierres séparées.

Le triage par courroies est représenté par l'installation type fig. 19 avec deux courroies E et F, deux cribles G et H, dont l'un G, à secousses, envoyant le charbon débarrassé des pierres en *a*, où commence le triage à la main, qui finit en *b*, et cela avec

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

un nombre d'ouvriers forcément trop considérable, parce qu'il doit suffire pour les charbons les plus impurs. Ce système exige en outre un grand emplacement et de grosses dépenses d'installation. On a cherché, mais sans grand succès, à remplacer les courroies par des tables tournantes. En somme, comme tout mouvement autre que ceux dus à la pesanteur seule détériorent le charbon, le mieux est de recourir aux grilles fixes.

Les barreaux de ces grilles de la forme *a* (fig. 20) ne permettent pas le débourrage automatique des pierres et menus; elle est presque abandonnée, ainsi que la forme *b*. Les formes en acier *c*, *d*, *e* facilitent l'entrée des pierres dans leurs intervalles; mais

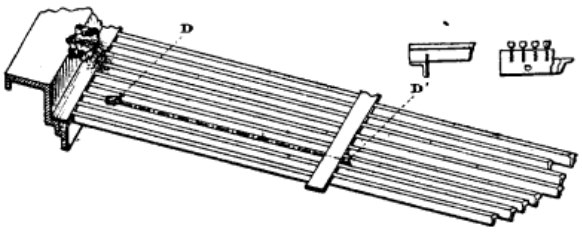


Fig. 24. — Grille à traverse.

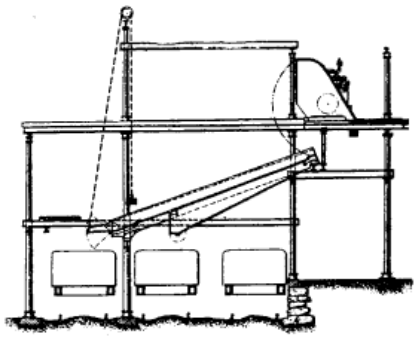


Fig. 25. — Grille continue simple à porte automatique.

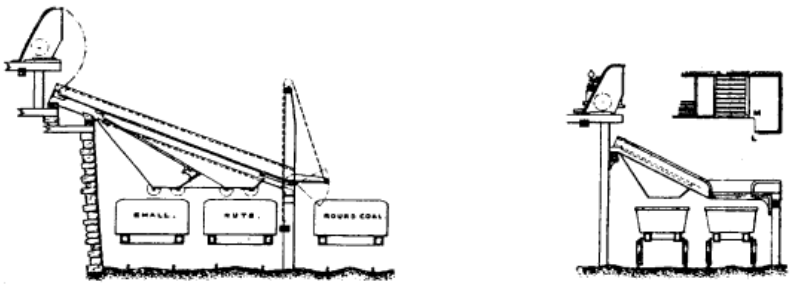


Fig. 26 et 27. — Grilles doubles.

quand ces barreaux sont continus (fig. 23) les pierres s'y coincent en les faussant (fig. 21). Avec le type *f* (fig. 20), ce coincement est moins à craindre. Les sections *g* à *k*, plus massives, ne sont pas aussi efficaces que *f*; la section *l*, bonne quand elle est neuve, ne tarde pas à s'user rapidement aux angles supérieurs. Les sections à angles obtus (fig. 23) s'usent beaucoup moins vite et laissent passer librement les pierres.

La disposition des barreaux continus (fig. 23) présente l'inconvénient qu'une pierre droite et lisse engagée en D suit le barreau jusqu'au bout, en D', sans s'éliminer, et passe avec le charbon F F', qui l'entraîne. L'interruption des barreaux par des traverses (fig. 24) réglables suivant la nature des charbons empêche cet inconvénient, et l'on ajoute à l'entrée de la grille un seuil assez haut pour imprimer au charbon un choc suffisant pour le dégager de ses pierres sans le briser. L'inclinaison de la grille

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

variable avec la nature du charbon et l'état des barreaux, doit être suffisante pour assurer à elle seule la descente.

Pour les houilles domestiques friables, on peut employer des grilles continues plus simples (fig. 25) avec porte automatiquement relevée par un contrepoids de manière à ralentir suffisamment la chute du charbon. Les doubles grilles fixes (fig. 26) séparent,

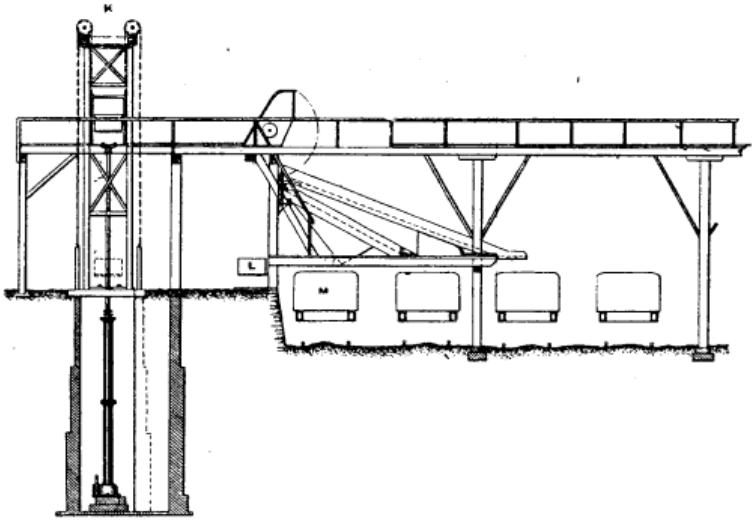


Fig. 28. — Grilles triples.

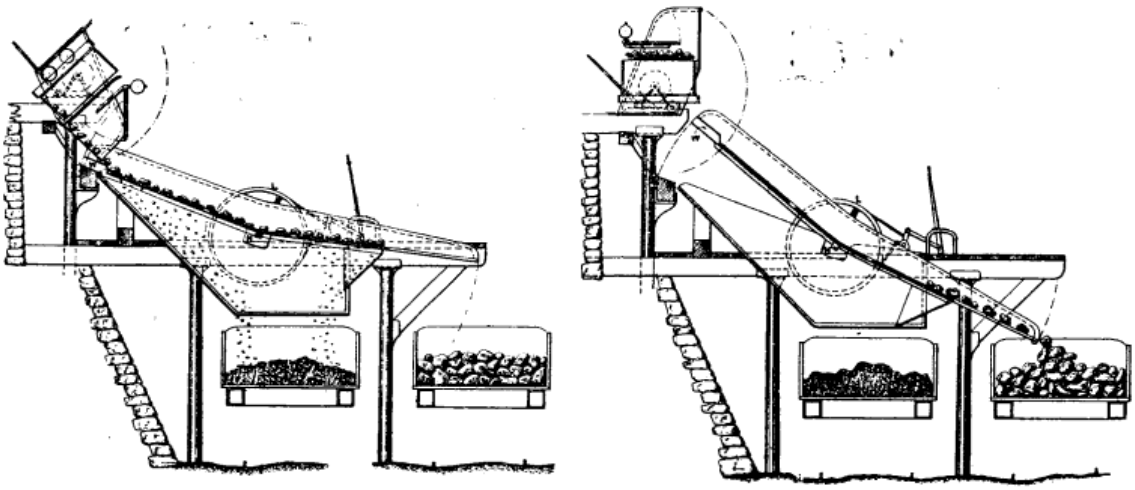


Fig. 29 et 30. — Grille basculante à contrepoids W.

grâce à leurs inclinaisons différentes, les menus des moyens; le dispositif, fig. 27, divise le charbon en tout-venant pour le premier wagonnet, moyen pour le second et gros pour la plate-forme L M. En fig. 28, le gros charbon très tendre est passé pour ne pas le briser, à la main de L en M : le reste, monté aux grilles par l'ascenseur K, est trié en trois sortes.

La disposition des figures 29 et 30 est destinée au triage des charbons tendres et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pierreux. Le dessus du wagonnet passe sur la grille dans la position fig. 29, puis, à la fin de la décharge, le contrepoids W le ramène, avec une vitesse réglée par le frein L, dans la position fig. 29, où le restant du charbon s'étale pour le triage à la main : après quoi, cette charge de charbon ayant contre-balancé W, il suffit de relâcher L pour le

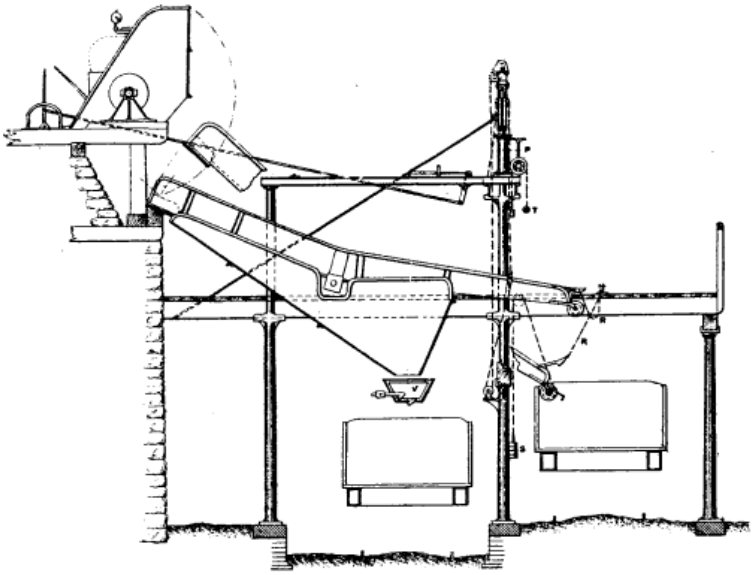


Fig. 31. — Grille basculante à cataracte.

vider. Avec les fortes charges, on peut facilement régler la bascule de la grille par une cataracte P T (fig. 30). Quand la grille atteint l'inclinaison voulue, la clavette R déclenche une porte équilibrée, dont la fermeture empêchait la chute anticipée du charbon, et qui en modère ensuite la chute au wagon. Une bascule automatique V pèse le menu, qui ne doit pas dépasser une proportion donnée.

CONCASSEUR *Rouse*

Dans cet appareil (fig. 32 à 36) le cône fixe 13 est enveloppé d'une cloche mobile 28, surmontée d'un plateau 38, entraîné par les pitons 36 36 et roulant, par un chemin de billes 39, sur la cloche 28, à l'intérieur de laquelle roulent les galets 27 27, montés, comme 36 36, sur la manivelle 23 de l'arbre 17. Il en résulte que la cloche 13 reçoit un mouvement pivotant analogue à celui de la noix du concasseur *Gates* (1), et tel que tous les points de son sabot 49 viennent successivement au contact du cercle 50, sur lequel il écrase le minerai admis par les ouvertures 48 avec une force limitée par la raideur des ressorts 11-11, dont la poussée s'exerce sur 38 par la bielle 41, à joint universel 43.

(1) *Bulletin* de janvier 1897, p. 110.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

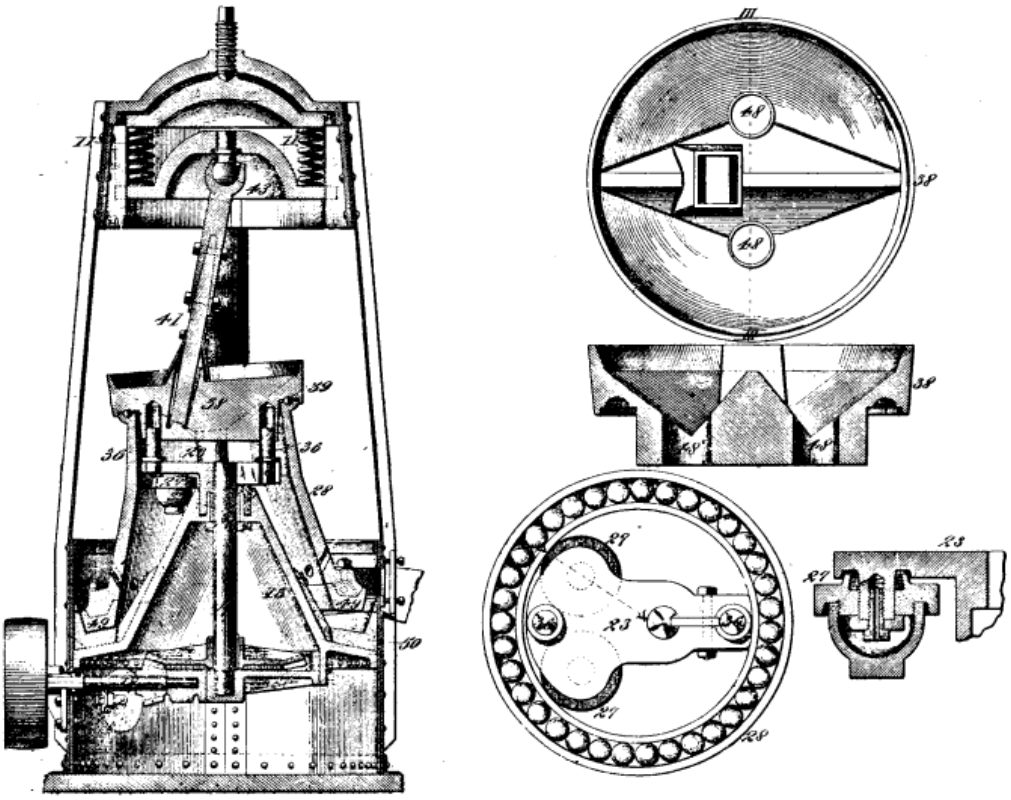


Fig. 32 à 36. — Concasseur *Rouse*. Coupe verticale, détail du plateau 38 et d'un galet 27.

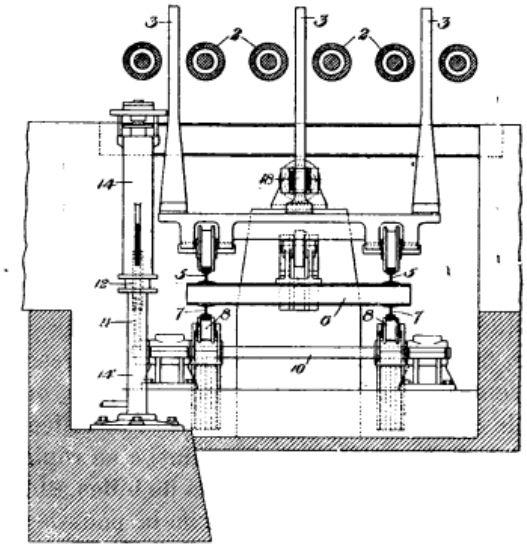


Fig. 37. — Transbordeur *Mac Clure*. Vue par bout.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TRANSBORDEUR DE LINGOTS *Mac Clure*.

Les lingots apportés fig. 37 et 38 aux différentes passes du laminoir par les cylindres rouleurs 22 sont ripés et soulevés sur ces cylindres par les gardes 3, à chariot 4, sur plate-forme 5, 6, 7, guidée en 19. La levée de la plate-forme 5 et du lingot pris

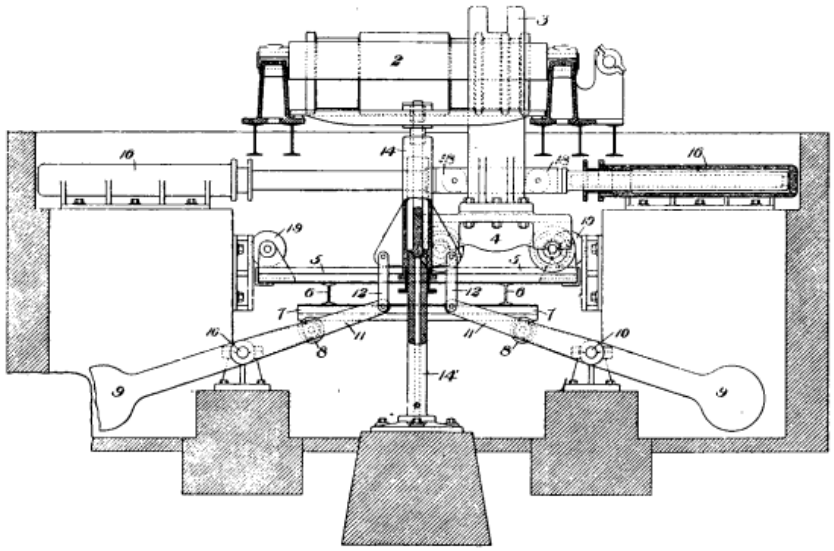


Fig. 38. — Transbordeur de lingots *Mac Clure*. Élévation.

en 3 se fait par le cylindre hydraulique à piston fixe 14′ et les renvois 12, 11, 8, 10, à équilibrage 9, 9; le ripage ou la translation des lingots levés s'opère sur 5 par les cylindres hydrauliques 16, 16, dont le piston commun enveloppe en 18, 18 la garde médiane 3.

CHANGEMENTS DE VITESSE *Bélanger* POUR BICYCLETTES.

Quand les différentes pièces occupent les positions indiquées en figure 39, les griffes n_7 n_7 (fig. 42) solidaires du pignon de chaine f, rendent, par leur pénétration dans les encoches n_8 du moyeu a, le pignon f solidaire de ce moyeu, qui se trouve ainsi directement entraîné. Pour marcher à faible vitesse, il faut, par le levier p, reculer la tringle n vers la droite (fig. 39) dans l'essieu fixe b, de manière à dégager, par n_7, f du moyeu, et à enclencher, par n_2, l'excentrique h avec b. Il en résulte que f, solidaire du manchon ee', fou sur b, entraine alors a par le pignon g de e, en prise avec la denture intérieure i' de la douille i, excentrée comme h dans a, et reliée à ce moyeu a par le verrou i_2, à coulisse i_3, permettant à i d'entraîner ainsi a en roulant sur l'excentrique h avec une vitesse réduite. De nombreux roulements de billes atténuent les frottements de ce mécanisme élégant, compact et bien abrité de la poussière.

(1) *Bulletin* de décembre 1896, p. 1669.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

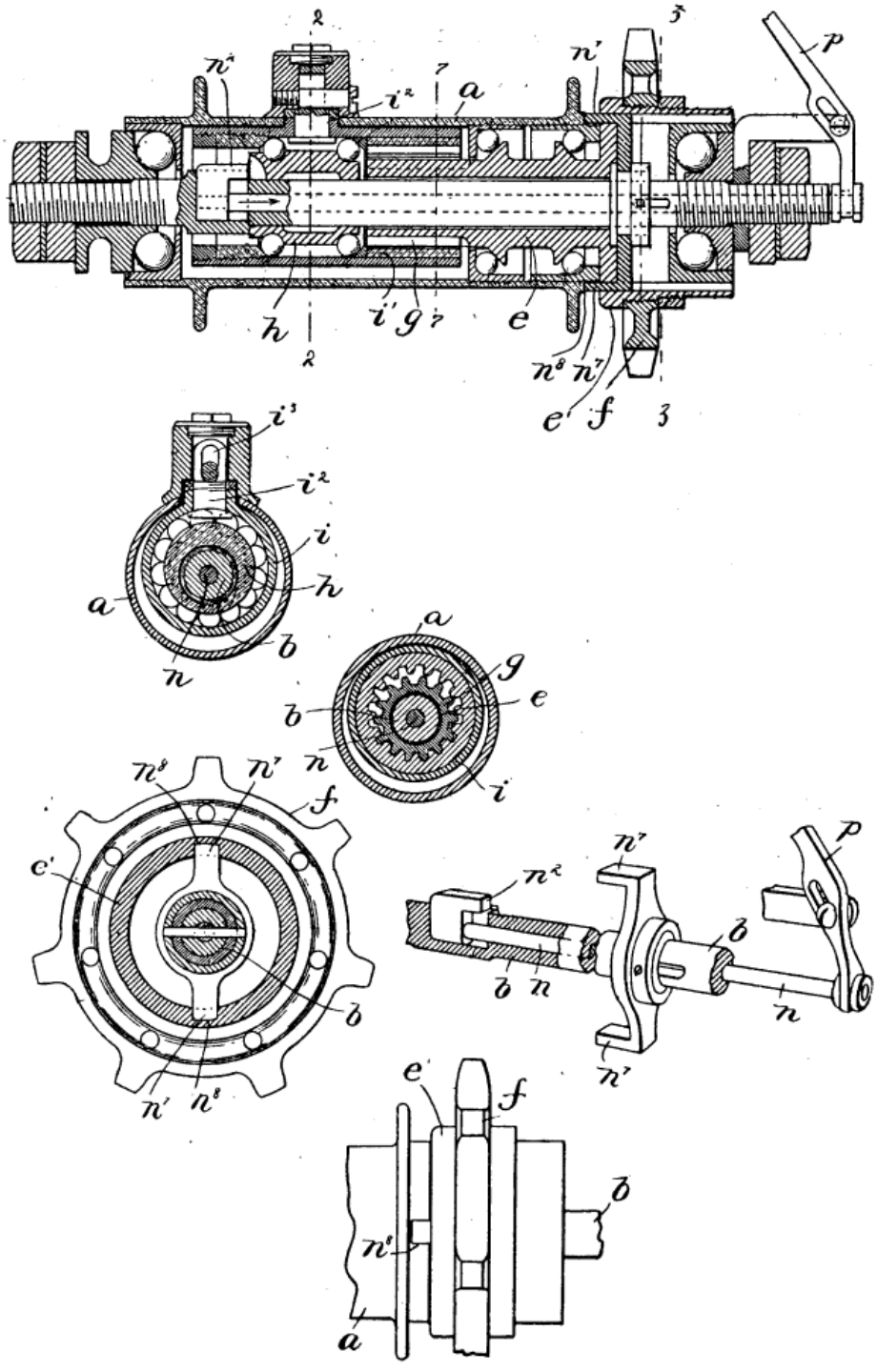


Fig. 39 à 44. — Changement de vitesse *Bélanger* pour vélocipèdes. Coupe longitudinale. Coupes (2-2), (3-3) et (7-7). Détail de l'embrayeur.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LAMINOIR POUR FOYERS ONDULÉS *Fox*.

Après avoir introduit dans le laminoir le foyer lisse F, par le retrait du cylindre C en D, on lui donne sa forme ondulée par le rapprochement des cylindres EÉ et CC′,

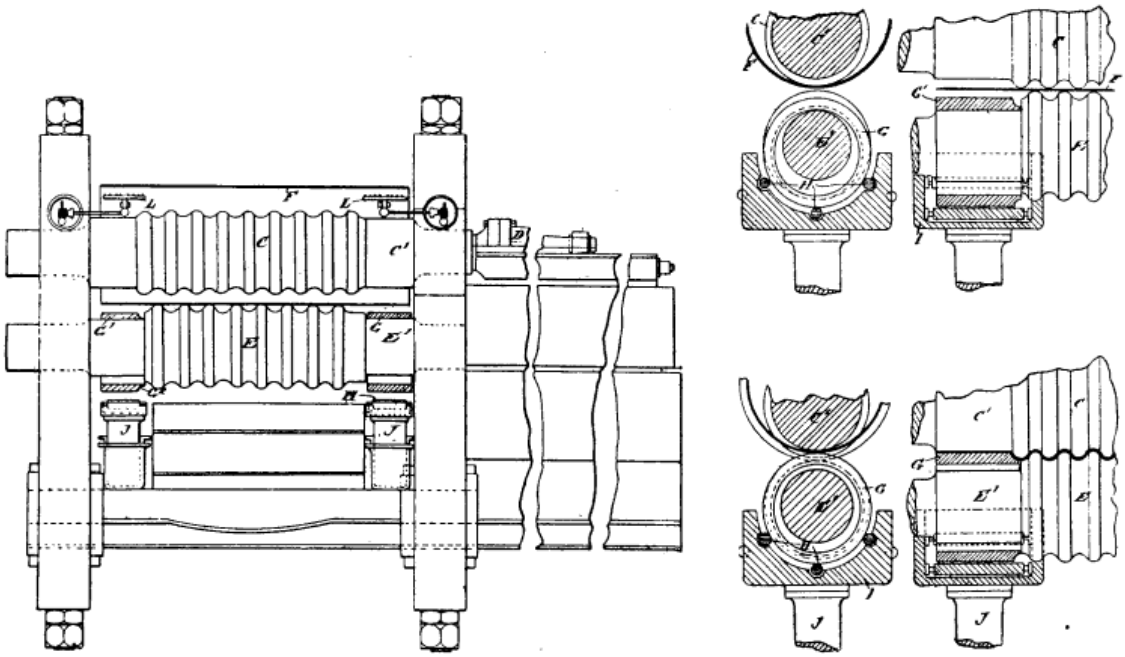


Fig. 45 à 49. — Laminoir pour foyers ondulés *Fox*. Ensemble et détail des anneaux GG′.

puis on termine ses extrémités par l'appui, au moyen des pistons hydrauliques JJ, des anneaux finisseurs C et C′, portés par les galets H. Pendant cette opération, des flammes de gaz à l'eau S maintiennent au rouge les extrémités du foyer.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

PROCÈS-VERBAUX

Séance du 30 avril 1897.

Présidence de *M. Mascart*, président.

Correspondance. — *MM. Collignon* et *Aimé Girard*, secrétaires, dépouillent la correspondance.

M. Diligeon adresse ses remerciements pour sa nomination de membre au *Comité de mécanique*.

M. Blérie, à Argenlieu, soumet à l'appréciation de la Société plusieurs inventions mécaniques. (Arts mécaniques.)

M. Delaurier soumet à l'appréciation de la Société plusieurs notices sur la *Richesse des océans, l'utilisation de la puissance des marées et des fleuves*. (Arts mécaniques.)

M. Evelegh, 9, rue Frochot, demande une annuité de brevet pour une *machine à trancher les légumes*. (Arts économiques.)

M. Mamy envoie la liste des récompenses décernées en 1897 par l'*Association des industriels de France contre les açcidents du travail*.

M. Holcroft, 13, rue du Château-d'Eau, présente un système de *machine motrice à vapeurs combinées*. (Arts mécaniques.)

M. P. Guedon, 65, rue de Lagny, présente un système de *distribution à coulisse et à échappement anticipé indépendant*. (Arts mécaniques.)

M. E. Dutheil, 18, rue de la Montagne, à Ivry, présente un projet de *locomotive rationnelle*. (Arts mécaniques.)

Correspondance imprimée. — *M. le Président* signale, parmi les pièces de la correspondance imprimée, la brochure publiée par la maison *Blanzy-Poure* à l'occasion de son cinquantenaire. Cette maison a importé en France la fabrication des plumes métalliques, qui emploie actuellement, à Boulogne-sur-Mer, 2 000 ouvriers.

MM. les Secrétaires signalent, avec remerciements aux donateurs, les ouvrages mentionnés à la page 733 du présent *Bulletin*.

Déclaration d'une vacance au comité des arts chimiques. — *M. Aimé Girard* déclare l'ouverture d'une vacance au Comité des Arts chimiques en suite du décès de *M. Vée*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

NOMINATIONS DE MEMBRES DE LA SOCIÉTÉ. — Sont nommés membres de la Société :

M. le Directeur général de la Compagnie de Fives-Lille, présenté par *M. Aimé Girard*.

M. Bazin (Philippe), filateur à Condé-sur-Noireau, par *M. Jordan*.

M. Pralon (Léopold), ingénieur, délégué général au Conseil de la Société des forges et aciéries de Denain et d'Anzin, présenté par *M. Jordan*.

CONFÉRENCE. — *M. Levasseur* fait une conférence sur l'*Ouvrier américain*,

M. le Président remercie et félicite M. Levasseur de sa très intéressante conférence, qui sera publiée au *Bulletin*.

Séance du 14 mai 1897.

Présidence de *M. Mascart*, président.

CORRESPONDANCE. — *M. L. Simon*, ingénieur à Troyes, présente un *étau à serrage différentiel*. (Arts mécaniques.)

M. V. Triger, ouvrier bouchonnier, 236, faubourg Saint-Honoré, demande une annuité de brevet pour un *gilet de sauvetage*. (Arts économiques.)

MM. Dutto et Terzicolo présentent une *baratte à action rapide*. (*Comité d'agriculture*.)

M. Chapuis, directeur de l'*École professionnelle de la Chambre syndicale du papier*, invite la Société à se faire représenter à la distribution des récompenses aux élèves de cette école, qui aura lieu au Trocadéro le 16 mai.

MM. Duval, directeur de la Compagnie de Fives-Lille et *Pralon*, administrateur délégué de la Société des hauts fourneaux, forges et aciéries de Denain et d'Anzin, remercient le Conseil de leur nomination comme membres.

CORRESPONDANCE IMPRIMÉE. — *MM. les Secrétaires* présentent au Conseil, avec remerciements aux donateurs, les ouvrages mentionnés à la page 733 du présent *Bulletin*.

NOMINATIONS DE MEMBRES DE LA SOCIÉTÉ. — Sont nommés membres de la Société, *M. L. Vignon*, professeur à la Faculté des sciences de Lyon, présenté par *MM. Aimé Girard* et *de Luynes* et la *Société anonyme des teintures et blanchiments de Villefranche-sur-Saône*, présentée par *M. Aimé Girard*.

RAPPORTS DES COMITÉS. — *M. Risler*, au nom du *Comité d'Agriculture*. Rapport sur les *ouvrages de M. Barillot*. (Voir p. 617 du présent *Bulletin*.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. Bérard, au nom du *Comité de Chimie*, sur un *travail de M. Bishop relatif aux essais des huiles* (p. 628).

M. Gruner, au nom du *Comité du Commerce*, sur les *ouvrages de M. Garnault* (p. 624).

M. Fontaine, au nom du *Comité des Arts économiques*, sur les *travaux de M. A. Minet* (p. 619), et sur la *lampe à arc de M. Suisse* (p. 622).

COMMUNICATIONS. — *M. Maglin* fait une communication sur la *Fonte du bronze d'art. Procédé Le Bourg.*

Ce procédé est basé sur ce que la gélatine, additionnée de glycérine et de glucose, conserve à l'air une élasticité durable. Avec elle, M. Le Bourg peut mouler une statue dans son entier, l'entourant d'une enveloppe en deux pièces qui se détachent avec une grande facilité et donnent des moulages d'une grande finesse. Par suite, il obtient une cire d'un seul jet, la couture du joint du moule étant très facile à faire disparaître, puisque c'est sur de la cire molle que s'exécute la réparure. Cela fait, par les procédés ordinaires de la cire perdue, on recouvre de barbotine la statue à reproduire, on fond la cire et on coule après avoir réservé les évents et les jets de coulée. Ce qu'il y a de particulier dans ce procédé, c'est que, tout en permettant d'obtenir un nombre considérable d'exemplaires absolument identiques, il supprime l'intervention de l'artiste, du ciseleur et du monteur en bronze.

M. Le Bourg a également exécuté avec grand succès d'autres recherches : les unes pour éviter les craquelures de la cire, les autres pour réaliser, par voie sèche et par oxydation, des patines diverses sans passer d'enduit.

M. Emilio Damour présente à la Société d'Encouragement un *four à moufle à récupération*, permettant d'obtenir dans les laboratoires les températures industrielles de 1300° à 1400°.

L'outillage actuel des laboratoires ne possède pas de four réalisant ce desideratum, et la lacune est d'autant plus regrettable qu'elle est souvent un obstacle aux recherches de laboratoire sur des questions industrielles. Les fours Forquignon et Leclerc, le chalumeau Schlœsing, la lampe Deville permettent bien de chauffer de petits creusets à des températures supérieures à 1200°, mais ils exigent une soufflerie. Le four Bigot, modification du four Seger, a pu de même fondre le palladium, mais il ne chauffe que des creusets. Le four de M. Damour est au contraire un moufle permettant de chauffer un objet quelconque à l'abri de l'air.

Les moyens par lesquels l'auteur a obtenu ce résultat sont d'abord le chauffage préalable de l'air de combustion, obtenu par une boîte à récupération qui porte cet air à une température de 600° à 700°, élevant de près de 200° le point de combustion : ce moyen n'est pas nouveau, bien qu'il soit fort peu utilisé dans les laboratoires, mais il est souvent insuffisant.

Pour obtenir une haute température dans une enceinte donnée, il ne suffit pas, en effet, que la température de combustion y soit très élevée, il faut encore que la combustion s'effectue complètement dans l'enceinte à chauffer, ou que la flamme ne soit pas trop longue. La plupart des dispositifs de laboratoire destinés à élever la température se sont inspirés de cette seule idée, et tendent à raccourcir la flamme en donnant à l'un des gaz, l'air, une vitesse très grande; de là les soufflerie. Mais lorsqu'on veut se passer du tirage forcé, il faut évidemment recourir à un autre moyen ; il faut, renonçant à raccourcir la flamme, trouver le moyen d'utiliser tout son développement, et là est la difficulté lorsqu'il s'agit de très petits fours.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le dispositif par lequel on a pu la surmonter est l'emploi de la flamme renversée, bien connue des céramistes, et particulièrement commode dans le cas des moufles. La flamme, au lieu de traverser de part en part l'enceinte à chauffer, est envoyée vers le sommet du four par une cloison parallèle à la voûte, puis repliée sur elle-même par cette cloison et dirigée contre la paroi du moufle, puis sous la sole où se fait l'échappement. Grâce à ce renversement, deux brûleurs peuvent être placés symétriquement de chaque côté du four, et les deux flammes, se rencontrant au sommet, se répartissent de part et d'autre de façon à envelopper complètement le moufle avant de se rencontrer de nouveau à l'orifice d'échappement.

L'emploi de flamme renversée avec brûleurs symétriques présente une série d'avantages qu'il est utile de signaler, et parmi lesquels le plus important est l'égalité de température que l'on a pu constater en explorant tout le moufle par un couple thermo-électrique, et qui est assurée par la disposition symétrique des brûleurs et de tous les organes de distribution par rapport au plan médian du moufle.

D'autre part, le renversement a son utilité au point de vue même de l'élévation de température, et la cloison joue, à cet égard, un rôle : dans une flamme non soufflée, la partie la plus chaude est au milieu de la flamme et plus près de son extrémité que de sa naissance; or, grâce au renversement, c'est cette portion chaude qui est précisément au contact du moufle, tandis que la portion moins chaude sert d'enveloppe protectrice contre le rayonnement; la cloison de renversement est elle-même paroi protectrice contre le rayonnement et dans des conditions particulièrement favorables, puisque, chauffée sur ses deux faces à des températures peu différentes, elle ne laisse passer qu'une quantité de chaleur très faible.

Enfin comme, dans le chauffage d'un moufle, toute la chaleur se transmet par conductibilité, il est clair que si l'on donne à la cloison de renversement une épaisseur plus grande que celle du moufle, ou mieux une conductibilité moindre, la chaleur de la flamme traversera plus facilement la paroi du moufle et aura tendance à se concentrer vers l'intérieur. Il importe donc, pour l'obtention de la haute température, que les trois cloisons extérieure, de renversement et du moufle soient régulièrement décroissantes, c'est un troisième point important dans la construction du four.

L'auteur présente deux fours construits d'après ces principes : l'un possédant un moufle de 14 centimètres de longueur, 10 centimètres de hauteur, 35 centimètres de profondeur (intérieures) a été construit par lui-même au moyen de trois moufles concentriques; il a parfaitement chauffé, a cuit la porcelaine dure, et atteint une température minima de 1 300° mesurée au pyromètre Le Chatelier. L'autre est un appareil de laboratoire à deux moufles étagés, dont l'essai n'a pas encore pu être fait.

Un troisième modèle, un peu plus grand, à l'étude, est plus spécialement destiné aux cuissons céramiques de vases de dimensions moyennes; ce serait le moufle pour couleurs de grand feu.

Note complémentaire sur la question des couleurs de grand feu.

A propos de cette *question des couleurs de grand feu*, M. Emilio Damour croit devoir revenir sur le mémoire qu'il a publié au *Bulletin* de mars, et présente à la Société une *note additionnelle*.

Quelques observations, très amicales et courtoises, lui ont été adressées par des savants ou céramistes, et il désirerait y répondre de façon à ne laisser aucune arrière-pensée aux auteurs qui ont avant lui étudié la décoration au grand feu.

Le travail qu'il a effectué sous les auspices de la Société d'Encouragement n'a aucune prétention de priorité concernant l'emploi de tel ou tel corps comme colorant; le seul côté original de son étude est d'avoir fait intervenir des *atmosphères rigoureusement constantes et définies*, et d'avoir passé en revue à peu près tous les oxydes colorants dans des conditions scientifiquement comparables.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En rendant compte de ces essais, il était intéressant, à propos de chaque oxyde, de rappeler les usages et tentatives d'emploi antérieurs; et c'est ainsi que l'auteur a été conduit à citer quelques noms et à rappeler des travaux ou mémoires qui, récemment publiés au *Bulletin* de la Société d'Encouragement, étaient tous présents à sa mémoire; mais il a pu en oublier, et en a, de fait, oublié de beaucoup plus importants.

Sans parler des travaux de Brongniart, Ebelmen et Salvetat, dont les recherches sur les couleurs font encore autorité en la matière, M. Lauth, à la manufacture de Sèvres, a effectué une longue série de recherches sur les rouges de cuivre, les bleus de cobalt, le céladon; plus récemment, Seger a produit des rouges de cuivre très voisins du rouge chinois, et dont il a donné la formule; M. Peyrusson a obtenu un vert chrome-glucine et une palette très variée de couleurs titanifères, tungstifères, etc.; M. Halot a trouvé un rose de manganèse. Enfin, beaucoup de fabricants de porcelaine de Limoges ont des palettes fort belles, généralement tenues secrètes, mais dont on peut admirer les œuvres au Musée de Limoges.

Aucun de ces travaux antérieurs n'a été cité dans le mémoire de M. Emilio Damour, et ces omissions ont été d'autant plus faciles, presque inévitables, que ses études céramiques, exécutées d'après un programme précis, n'exigeaient pas de recherches bibliographiques; mais l'auteur les regretterait vivement si elles étaient prises pour une méconnaissance d'antériorités qu'il n'a jamais songé à revendiquer pour son propre compte. Aussi se fait-il un agréable devoir de réparer celles qui lui ont été signalées ou dont il a pu s'apercevoir.

M. le Président remercie *MM. Maglin* et *Damour* de leurs très intéressantes communications qui seront envoyées aux *Comités des Beaux-Arts* et *des Arts chimiques*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

BIBLIOGRAPHIE

L'Éclairage Électrique. Traité pratique de montage et de conduite des installations d'éclairage électrique, par **M. François Miron** (1).

Cet ouvrage, l'un des plus complets sur la matière, est divisé en trois parties distinctes qui sont détaillées chacune dans un volume spécial.

La première partie comprend l'étude des générateurs d'énergie mécanique, des générateurs d'énergie électrique, des modes de distribution et de la photométrie.

La deuxième partie est surtout relative aux installations privées. Elle possède des chapitres fort intéressants sur les appareils de mesure et de contrôle, sur les tableaux de distribution et sur les plans d'installation.

La troisième partie traite, avec de grands développements, l'éclairage des grands espaces et donne des détails assez précis sur les stations centrales de Paris et sur quelques stations de province et de l'étranger. Elle est complétée par une série de renseignements relatifs à l'éclairage de l'Exposition de 1889 ; à l'application des projecteurs, aux phares et aux opérations militaires.

L'auteur donne, pour terminer son ouvrage, plusieurs documents d'une utilité incontestable : cahier des charges imposé à Paris et à Rouen ; ordonnances diverses, règlement du bureau de contrôle, etc., etc.

Cet ouvrage sera consulté avec fruit par les ingénieurs électriciens, par les directeurs de stations centrales et par toutes les personnes qui s'intéressent au développement de l'éclairage électrique.

H. F.

Recueil de Procédés de Dosage pour l'analyse des Combustibles, des Minerais de fer, des Fontes, des Aciers et des Fers. par G. ARTH, professeur de Chimie industrielle à la Faculté des sciences de Nancy. 1 vol. in-8 de 313 pages, avec 61 figures et 1 planche hors texte. (Carré et C. Naud, Paris.)

Ce recueil contient la description des procédés classiques employés pour l'analyse des substances mentionnées dans son titre. On y trouvera l'indication des ustensiles spéciaux usités pour certains de ces dosages, avec des détails suffisants pour faciliter l'exécution des analyses, sans qu'il soit nécessaire de recourir aux mémoires originaux. L'auteur a pensé faire œuvre utile en développant spécialement ce qui concerne l'emploi de l'*obus calorimétrique* de M. Mahler pour la détermination du pouvoir calorifique des combustibles, ce sujet étant encore peu familier, même aux chimistes très experts en d'autres genres d'opérations. En outre, chaque fois que la chose a été possible, l'auteur a joint à la description des méthodes une appréciation des résultats qu'elles peuvent fournir, en se fondant sur son expérience personnelle ou sur des renseignements qu'il a pu se procurer.

(1) 3 volumes in-8. Paris, Fritsch.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LIVRES ET OUVRAGES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE

EN MAI 1897

Traité des routes, rivières et canaux, par M. P. Berthot, 3 vol. in-4, 420, 908 et 968 p. Paris, Fanchon et Artus.

Les Annuaires parisiens de Montaigne à Didot, par M. A.-B. Bénard. Le Havre, imprimerie Lemale.

Assainissement de la fabrication des allumettes, rapport d'une commission composée de MM. Ch. Roussel, Magitot, Ch. Monod et Henriot, Vallin rapporteur. Extrait du *Bulletin de l'Académie de médecine.*

Étude sur l'économie rurale du département de Seine-et-Marne, par M. Rayer, 1 vol. in-18, 306 p. Imprimerie Crété, à Corbeil (présenté pour concourir au prix d'agriculture de 1898).

Recherches sur les dissolutions, par M. Le Chatelier, 1 broch. in-8, 92 p. Extraite des *Annales des mines.* Paris, Vicq, Dunod et Cie.

Du ministère du Commerce. Direction de l'office du travail. **Bulletin du Conseil supérieur de statistique** n° 5, session de 1894, 1 vol. in-8, 155 p. Imprimerie Nationale et *Office du travail.* **Statistique des Grèves en 1896,** 1 vol. in-8, 358 p. Imprimerie Nationale.

De la Bibliothèque du conducteur de travaux publics. **Droit administratif**, par M. P. Tourag et **Législation et contrôle des appareils à vapeur,** par M. T. Cuvillier, 2 vol. in-8, 400 p. Paris, P. Vicq, Dunod et Cie.

De l'Encyclopédie Leauté. **Les électromoteurs et leurs applications,** par M. G. Dumont. Paris, Gauthier-Villars.

Leçons sur l'électricité et le magnétisme, de MM. E. Mascart et J. Joubert. 2e édition, par M. E. Mascart, 2 vol. *Méthodes de mesures et applications,* 2 vol. in-8, 920 pages. Paris, Masson et Gauthier-Villars.

Vignole des mécaniciens d'*Armengaud.* 3e édition, 1 vol. in-8, 720 pages, 825 figures. Paris, Bernard.

Sur la stabilité du mouvement de la machine réglée par un régulateur à action directe, par M. A. Gretchaninow, professeur à l'Institut technologique de Kharkow, 1 brochure in-8, 91 p. Imprimerie Darré à Kharkow.

Tables logarithmiques graphiques, par A. Tichy, 1 broch. in-8, 30 p. Vienne, chez R. Spies.

Recherches sur les forces mutuelles et leurs applications, par M. P. Berthot. Extrait des Mémoires de la Société des ingénieurs civils de France.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Bulletin de l'Enseignement professionnel et technique des pêches maritimes. Rédigé par M. HAMON, nos 1 à 4 (1896), siège social, 25, quai Saint-Michel, à Paris.

Sur la **Traction mécanique dans Paris**, par M. L. FRANCQ. Extrait du Bulletin de la Société internationale des électriciens.

Codes et lois pour la France, l'Algérie et ses Colonies, par M. A. CARPENTIER, t. II, *Lois*, 1 vol. in-4, 1605 p. Paris, Marchal et Billard.

Guide-adresses français, *Annuaire de la métallurgie, du génie civil et de l'entreprise*, publié par le journal *la Métallurgie*, 1 vol. in-4, 2965 p. Paris, 20, rue Turgot.

Régence de Tunis, **Bulletin de la direction de l'Agriculture et du Commerce**, 2e année, n° 3. Tunis, Picard et Cie.

Du Bureau of Statistics of Labor, 13e rapport annuel, l'**État de New-York en 1895**, 2 vol. in-8, 588 et 670 p. New-York, Wynkoop, Hallenbeck and Co et du *Commissioner of Labor*, 10e rapport annuel, **Grèves et Lock outs**, 2 vol., 1900 p. Washington, Government Printing Office.

Rewiew of The World's Commerce, années 1895-1896, 1 vol. in-8, 292 p. Washington, Government Printing Office.

De M. E. GARNAULT. **La juridiction consulaire et la bourse de commerce de la Rochelle. Le commerce Rochelais au XVIIIe siècle. Les Rochelais et le Canada. Le port en eau profonde de la Pallice-Rochelle**, publiés par l'auteur chez E. Martin, à la Rochelle.

De M. CAMILLE BARBEY. **Les Locomotives suisses**, 1 vol. gr. in-4, 153 p. et 82 planches. C. Eggimann, à Genève.

De la Smithsonian Institution. **The Constants of Nature**. Part. V. *Recalculation of Atomic Weights*, par F. W. CLARKE. **Mountain observatories in America and Europe**, par E. S. HOLDEN. **Smithsonian Physical Tables**, par T. GRAY. **Virginia Cartography**, par LEE PHILLIPS. **The Atmosphere in Relation to Human Life and Health**, par F. A. R. RUSSELL. **Air and Life**, par H. DE VARIGNY. **The Air of Towns**, par J. B. COHEN. **Atmospheric Actinometry and the Actinic Constitution of the Atmosphere**, par E. DUCLAUX.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LITTÉRATURE

DES

PÉRIODIQUES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE DE LA SOCIÉTÉ

Du 15 Avril au 15 Mai 1897

DÉSIGNATIONS ABRÉGÉES DES PUBLICATIONS CITÉES

Ag. . . . Journal de l'Agriculture.
Ac. . . . Annales de la Construction.
Acp. . . . Annales de Chimie et de Physique.
AM. . . . Annales des Mines.
Ap. . . . Journal d'Agriculture pratique.
APC. . . . Annales des Ponts et Chaussées.
At. . . . Annales télégraphiques.
Bam. . . . Bulletin technologique des anciens élèves des écoles des arts et métiers.
Btp. . . . Bulletin du ministère des Travaux publics (statistiques).
BMA . . . Bull. du ministère de l'Agriculture.
Ci. . . . . Chronique industrielle.
Co. . . . . Cosmos.
CN. . . . Chimical News (London).
Cs. . . . . Journal of the Society of Chemical Industry (London).
CR. . . . Comptes rendus de l'Académie des Sciences.
DoL. . . . Bulletin of the Department of Labor des États-Unis.
Dp. . . . Dingler's Polytechnisches Journal.
E. . . . . Engineering.
E'. . . . . The Engineer.
Eam. . . . Engineering and Mining Journal.
EE. . . . . Eclairage Électrique.
El. . . . Electrician (London).
Elé. . . . L'Électricien.
Ef. . . . . Économiste français.
Es. . . . . Engineers and Shipbuilders in Scotland (Proceedings).
Fi . . . . Journal of the Franklin Institute (Philadelphie).
Gc. . . . Génie civil.
Gm. . . . Revue du Génie militaire.
IC. . . . . Ingénieurs civils de France (Bull.).
Ie. . . . . Industrie électrique.
Im . . . . Industrie minérale de St-Étienne.
IME. . . . Institution of Mechanical Engineers (Proceedings).
IoB. . . . Institution of Brewing (Journal).
La . . . . La Locomotion automobile.
Ln. . . . . La Nature.
Ms. . . . . Moniteur scientifique.
N. . . . . Nature (anglais).
Pc. . . . . Journal de Pharmacie et de Chimie.
Pm. . . . *Portefeuille* économ. des *machines*.
Rgc. . . . Revue générale des chemins de fer.
Rgds. . . . Revue générale des Sciences.
Ri . . . . Revue industrielle.
RM. . . . Revue de mécanique.
Rmc. . . . Revue maritime et coloniale.
Rs. . . . . Revue Scientifique.
Rso. . . . Réforme Sociale.
RSL. . . . Royal Society London (Proceedings).
Rt. . . . . Revue technique.
Ru. . . . . Revue universelle des mines et de la métallurgie.
SA. . . . Society of Arts (Journal of the).
ScP. . . . Société chimique de Paris (Bull.).
Sfp. . . . Société française de photographie (Bulletin).
Sg. . . . . Bulletin de la Société de géographie.
Sgc. . . . Bulletin de la Société de géographie commerciale.
Sie. . . . . Société internationale des Électriciens (Bulletin).
SiM. . . . Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse.
SiN. . . . Société industrielle du Nord de la France (Bulletin).
SL. . . . . Bull. de statistique et de législation.
SNA. . . . Société nationale d'agriculture de France (Bulletin).
SuE. . . . Stahl und Eisen.
USR. . . . Consular Reports to the United States Government.
VDI. . . . Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure.
ZOI. . . . Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieure und Architekten-Vereins.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

AGRICULTURE

Assolement triennal. *Ap*. 29 *Avril*, 597.

Betteraves et pommes de terre ensilées avec du maïs fourrage. *SNA*. *Février*, 79.

— Production des graines en France. *Ag*. 15 *Mai*, 770.

Bétail. Élevage des veaux au lait écrémé. *Ag*. 17 *Avril*, 620. *Ap*. 24 *Avril*, 562.

— Alimentation. *Ag*. 1er *Mai*, 685.

Blés allemands. Rendement en farine. *Ap*. 15 *Avril*, 525.

Cyclamen (Culture rationnelle du). *Ln*. 17 *Avril*, 305. *RSL*. 13 *Mai*, 135. *Ap*. 15 *Avril*, 521; 15 *Mai*, 785.

Engrais. Réduction des nitrates par les bactéries du fumier. *Ln*. 17 *Avril*, 311.

— Ferments du sol. Importance en agriculture (Wiley). *Fi Avril*, 293.

— Engrais stérilisés. *Ap*. 22 *Avril*, 558.

— Fabrication des fumiers. *SNA*. *Février*, 73.

— (Effets nuisibles des). *Ag*. 8 *Mai*, 728.

— Nitrate de soude et céréales. *Ap*. 6 *Mai*, 631.

— Superphosphates (Les). *Co*. 15 *Mai*, 612.

— Rôle de la chaux en agriculture. *Ap*. 13 *Mai*, 665.

Farines. Composition immédiate des glutens (Florent). *CR*. 3 *Mai*, 978.

Forêts. Estimation des arbres. *Ag*. 1er *Mai*, 699.

Machines agricoles au concours de Paris. *Ap*. 22-29 *Avril*, 570, 602, 6-13; *Mai*, 647, 670.

— Faucheuses (Albion et Brantford). *Ag*. 8 *Mai*, 736.

— Arracheur de betteraves (Bajac). *Ag*. 15 *Mai*, 774.

Pommes de terre stérilisées (Paulsens). *Ap*. 15 *Avril* 535.

— Ensilées. *SNA*. *Février*, 79, 83, 88.

Stations agronomiques en Belgique (Bénard). *SNA*. *Février*, 66.

Vignes. Bouillie bordelaise. *SNA*. *Fév*., 103. *Ap*. 6 *Mai*, 645.

— Régénérations de vignes déprimées. *Ap*. 29 *Avril*, 593.

— Colorants de la houille dans les vins blancs (Recherches des). *Sc P*. 20 *Avril*, 443.

— Levures des vins (Kayser). *Ms*. *Mai*, 384.

— Viticulture en Sologne. *Ag*. 1er *Mai*, 689.

CHEMINS DE FER

Chemins de fer américains. Accidents. *Rgc*. *Avril*, 328.

— Suisses. *Id*. 295.

— Russes. *Id*. 337.

— D'Alexandrie à l'Inde. *SA*. 7 *Mai*, 561.

— du Verein allemand. *Id*. 318.

— du Lanarkshire (Dumbarkon). *E*. 7 *Mai*, 597.

— de Berlin. *Id*. 314.

— du Venezuela. *USR*. *Avril*, 467.

— Djarjeelung Himmalaya. *E*. 30 *Avril*, 369.

— du Japon. *VDI*. 24 *Avril*, 470.

— du Sénégal au Niger (Calmel). *Ic*. *Mars*, 257.

— à voie étroite du Cap. *E*. 30 *Avril*, 581.

— secondaires. *E*. 14 *Mai*, 647.

— suspendu (Langen). *E*. 14 *Mai*, 664.

Gare de Madrid. Atocha. *Gc*. 24 *Avril*, 390.

Lanternes de signaux. Expériences. *Gc*. 8 *Mai*, 22.

Locomotives américaines. *E'*. 16 *Avril*, 394, 399.

— du Japon. *VDI*. 24 *Avril*, 470.

— Express roues libres (Webb). *E'*. 16 *Avril*, 392.

— Compound (Webb) fonctionnement. *E'*. 7 *Mai*, 459, 467, à marchandises du Northern Pacific. *E*. 7 *Mai*, 606. *RM*. *Avril*, 400.

— chauffage au pétrole en Russie. *Rt*. 25 *Avril* 183.

— à voie étroite pour les chemins du Cap. *E'*. 23 *Avril*, 422.

— Application des condenseurs aériens aux locomotives (Carcanagues). *Rgc*. *Avril*, 295.

Matériel roulant. Fabrication des châssis de voitures à la Cie de l'Est. *Rgc*. *Avril*, 261.

— Ferme-portes et indicateur de stations Fraser. *E'*. 30 *Avril*, 447.

— Attelages automatiques. *E*. 14 *Mai*, 491.

Rails types américains. *E'*. 30 *Avril*, 448.

Résistance des trains en alignement droit (Barbier). *Rgc*. *Avril*, 272.

Vitesse des trains de luxe en Europe. *Ln*. 1er *Mai*, 339.

Voie. Coussinets en acier laminé. *E'*. 7 *Mai*, 473.

— Traverses en bois (Conservation des). *Rt*. 10 *Mai*, 205.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TRANSPORTS DIVERS

Automobiles (Les) (D. Salomons). *SA.* 14 *Mai*, 581.
— Holt Sankey. *E.* 16 *Avril*, 532.
— à vapeur (Atkinson). *E'.* 16 *Avril*, 388.
— à gazoline (Les). *La.* 22 *Avril*, 182.
(Vallée). *La.* 15 *Avril*, 172.
— — (Gascoine). *E.* 23 *Avril*, 572.
— — (Brindley). *Id.* 185. (Foye).
— — *Id.* 185. (Beremberg). *Id.*
— — 188.
— électriques (Les) (Hospitalier). *Ie.* 10 *Mai*, 177.

Électricité. Traction par accumulateurs. *Ie.* — 25 *Avril*, 160.
— Monorail, Lartigues, Behr. *Elé.* 15 *Mai*, 305.
— Locomotives Heilmann. *EE.* 17 *Avril*, 150.

Tramways (Les). (Walckenaer). *Am. Avril*, 379.
— de Hanovre. *Ie.* 10 *Mai*, 181.
— de Zurich. *Gc.* 15 *Mai*, 33.
— contacts Deprez. *Gc.* 17 *Avril*, 386.
— à accumulateurs de la Madeleine-Courbevoie. *Ie.* 25 *Avril*, 154.
— à contacts souterrains (Lacroix). *Elé.* 15 *Mai*, 312.
— Avertisseur de rupture d'un câble aérien (Galard). *Elé.* 15 *Mai*, 312.
— (Production de la puissance pour les) (Raworth). *E.* 7 *Mai*, 623.

Tramways. Enquête de la Chambre de Commerce de Sheffield. *E'.* 14 *Mai*, 473.

Vélocipédie. Les pneumatiques. *E.* 16 *Avril*. 517.
— Divers. *Rs.* 17 *Avril*, 588.
— Mécanisme des vélocipèdes. *E'.* 14 *Mai*, 492.

CHIMIE ET PHYSIQUE

Alcaloïdes. Essences, etc. (Divers). *Cs.* 30 *Avril*, 351.

Acides hypo-azoteux (Hantsch et Haufmann). *Ms. Mai*, 336.
— sulfurique. Tour de Glover. *Ms. Mai*, 375.
— livulique. (Berthelot et André) *Acp. Mai*, 66, 71.

Alcools (Toxicité des). *CR.* 12 *Avril*, 829.
— Dosage Nicloux. *Pc.* 1 *Mai*, 424.
— (dénaturation des). (Lang). *Ms. Mai*, 389. *Cs.* 30 *Avril*, 346.

Amiante (L') (Jones). *IA.* 30 *Avril*, 544.

Ammoniac liquide. Essai commercial *Cs.* 30 *Avril*. 358.

Analyse spectrale. Application à la reconnaissance des gaz (Berthelot). *Acp. Mai*, 43.

Benzine. Emploi comme éclairage. *Bull. de la Société d'Encouragement de Berlin. Avril*, 91.

Biphosphure d'argent (Granger). *CR.* 26 *Avril*, 896.

Brasserie. Divers. *IoB. Mars*, 196; *Cs.* 30 *Avril*, 344.
— Pouvoir diastasique du malt (Ling). *Ms. Mai*, 380.
— Bouillonage des houblons. *IoB. Mars*, 150.
— Développement de la levure pendant la fermentation principale. *Ms. Mai*, 394.
— Fermentation et respiration des organismes végétaux (Weiss). *IoB. Mars*, 161.
— Analyse des bières et houblons. *Cs.* 30 *Avril*, 312.
— Dextrose (la). (Stern). *IoB. Mars*, 179.
— Composition du houblon. *Ms. Mai*, 392.
— Eaux de trempage (van Dam). *Ms. Mai*, 388.

Caoutchouc et ses sources. *N.* 29 *Avril*, 610.

Cadmium (Sels basiques de). (Tassily). *CR.* 10 *Mai*, 1022.

Celluloïd (Fabrication du). *EE.* 8 *Mai*, 336.

Céramique (Chimie de la). *Ri. Mai*, 322.

Carburendum. Fabrication au Niagara. *N.* 13 *Mai*, 42; *Ri.* 15 *Mai*, 197.

Chaleurs spécifiques. Des gaz élémentaires et leur constitution atomique. (Berthelot). *Acp. Mai*, 27.

Chaux et ciment. Divers. *Cs.* 30 *Avril*, 610.
dans l'eau de mer (Michaelis). *E.* 23 *Avril*, 559.
— Ciment armé. Calcul des ouvrages. *Le Ciment.* 25 *Avril*, 100.
— Dosage des mortiers. *Le Ciment.* 25 *Avril*, 106.
— Laboratoire des ciments de Philadelphie. *Le Ciment.* 25 *Avril*, 107.

Chlore. Procédé Deacon. *Ms. Mai*, 362.
— Préparation par l'oxyde de nickel (Mond). Id., 380.

Chlore et brome. Séparation. *CR.* 20 *Avril*, 859.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Chloroforme (Essai du). *Pc.* 1 *Mai*, 417.
Cokes (Analyse des). *Cs.* 30 *Avril*, 304.
Combinaisons des gaz (Théorie de la). Hélier. *Acp*, *Mai*, 77.
Constantes thermiques (Loi des). (Tommasi). *ScP.* 20 *Avril*, 438.
Cyanure d'ammonium. Formation et fabrication (Lance). *CR.* 12 *Avril*, 819.
Diamants dans l'acier (Demange). *Gc.* 15 *Mai*, 41.
Distillerie. Évaporateur Lamellaire Fullerton. *E'.* 30 *Avril*, 449.
Essences de bois de cèdre (Rousset). *ScP.* 5 *Mai*, 485.
— de géranium (Charabot). Id., 489.
Explosifs nitrogénés. (Stabilité des). (Guttmann). *Cs.* 30 *Avril*, 283.
Fermentations (Intervention du manganèse dans les oxydations provoquées par la laccase) (Bertrand). *CR.* 10 *Mai*, 1032.
— Combustion en présence de surfaces froides. *Cs.* 30 *Avril*, 316.
— Luminosité des flammes (Iriwin). *Cs.* 30 *Avril*, 296.
Ferrocyanures de zinc et de manganèse (Muller). *CN.* 15 *Avril*, 186.
Gaz à l'huile. Usine de Pontafel. *Gc.* 1 *Mai*, 13.
Gaz d'éclairage. Gazogène Kitson. *E.* 23 *Avril*, 561.
— Allumage électrique. *Elé* 1 *Mai*, 273.
— Allumeur électrique Guyenot-Chateau. *Ri.* 8 *Mai*, 181.
— Distributeurs Hour. *Ln.* 15 *Mai*, 379. Stegnier. *Elé.* 8 *Mai*, 301. Divers. *Bull. de la Société d'encouragement de Berlin. Avril*, 105.
— Enfourneur Kemmerling. *Ri.* 24 *Avril*, 161.
Acétylène. Les terres rares et les becs à incandescence (Merle). *Ns. Mai*, 346.
— Divers. *Cs.* 30 *Avril*, 318.
— État actuel de la fabrication (Dommer). *Rgds.* 15 *Mai*, 367.
— Lampe Trouvée. *Bam. Avril*, 440.
— Gazogène Airault. *Bam. Avril*, 458.
— Explosivité (Berthelot et Vieille). *AcP. Mai*, 5. *CR.* 10 *Mai*, 988, 996, 1000.
— Fabrication du carbure de calcium. Heibling. *Ri.* 8 *Mai*, 183. A Vernier. *EE.* 15 *Mai*, 351.
— Pour l'éclairage des phares. *Ri.* 8 *Mai*, 187.
Glycérine. Dosage de petites quantités. (Nicloux). *ScP.* 20 *Avril*, 455.
Hélium (Berthelot). *Acp. Mai*, 15.
Huiles. Essai au brome. *Cs.* 30 *Avril*, 309. Divers. *Cs.* 30 *Avril*, 339, 363.
Industrie chimique. Progrès depuis 1870. *Actualités chimiques. Fév. Mars*, 68, 90.
Laboratoire. Divers. *Cs* 30 *Avril*, 355. Zinc. Détermination volumétrique par le ferrocyanure de potassium. *CN.* 15 *Avril*, 181.
— Séparation du nickel d'avec le cobalt et le fer, et du cobalt et de l'aluminium (Pinerua). *CR.* 20 *Avril*, 862.
— Acide iodique. Application à l'analyse des iodures. *CN.* 23 *Avril*, 196.
— Dosage de l'oxygène dans l'eau de mer. *CR.* 3 *Mai*, 959. Du soufre dans la fonte et du silicium dans les fers. *ScP.* 5 *Mai*, 675.
— Calorimétrique du cuivre. *ScP.* 5 *Mai*, 671.
— Séparation qualitative de l'arsenic de l'antimoine et de l'étain (Rawson). *CN.* 7 *Mai*, 221.
— Titrage de l'argent par la méthode de Gay-Lussac. *ScP.* 5 *Mai*, 673.
— Analyse mécanique des scories basiques renfermant du phosphore. *ScP.* 5 *Mai*, 673.
Matières albuminoïdes. Putréfaction des. Emmerling. *ScP.* 20 *Avril*, 656.
Molybdène. Détermination par l'iode. *CN.* 30 *Avril*, 208.
Monazite (Recherches des terres des sables de). *CN.* 15 30 *Avril*, 205, 181.
Optique. Ectyoscope Moussard. *Ln.* 24 *Avril*, 331.
— Jumelle stéréoscopique Huet. *Rt.* 25 *Avril*, 185.
— Télémètre Watkin. *Rt.* 20 *Mai*, 201.
Rayons X. N. 15 *Avril*, 568. *RSL.* 14 *Avril*, 79. *CN.* 7 *Mai*, 218. *CR.* 12-20 *Avril*, 814, 826, 825, 855. 26.
— *Avril*, 892, 895. 3-10 *Mai*, 945, 979, 984.
— *Ln.* 24 *Avril*, 327. *LE.* 8 *Mai*, 326, 331.
— *Rs.* 1er *Mai*, 558.
Oxydations lentes, rôle des peroxydes (Bach). *CR.* 3 *Mai*, 951.
Oxyde de carbone (Réaction de l'). (Mermet.) *ScP.* 5 *Mai*, 466.
Or faux. Cause d'oxydation. *ScP.* 20 *Avril*, 441.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ozone (Applications de l'). (Otto.) *IC. Mars*, 310.
Papier. Divers. *Cs.* 30 *Avril*, 350.
Parfums (Industrie et Chimie des). (Passy). *Rs.* 8-15 *Mai*, 577, 613.
Pétrole (Le). *Gr.* 17 *Avril*, 380. Divers. *Cs.* 30 *Avril*, 363.
— de Roumanie. *Rt.* 10 *Mai*, 193.
Poids atomiques. Magnésium (Richards et Parker). *CN.* 15 *Avril*, 183.
— Azote et Arsenic (Hibbs). *CN.* 15 *Avril*, 184.
— Densités de l'oxygène et de l'hydrogène par rapport à leurs poids atomiques (Morley). *IcP.* 5 *Mai*, 664.
Point et chaleur latente de fusion des métaux (Richards). *Fi. Mai*, 379.
Résines et Vernis. Divers. *Cs.* 30 *Avril*, 340.
Solubilité des liquides (Aignan). *CR.* 10 *Mai*, 1013.
Strontium (Sulfure de). *CR.* 10 *Mai*, 1024.
Sucrerie. Divers. *Cs.* 30 *Avril*, 342.
Soie. Altération par chargement. *Cs.* 30 *Avril*, 297.
Surfusion. Influence sur le point de congélation des dissolutions salines (Raoult). *CR.* 26 *Avril*, 885.
Tannage Divers. *Cs.* 30 *Avril*, 340. Au Quebrako en Uruguay. *USR. Avril*, 494.
Teinturerie. divers. *Cs.* 30 *Avril*, 323, 327. Industrie en Allemagne (Lefèvre). *Actualités chimiques. Fév.*, 49.
— Réactions tinctoriales (Reichler). *ScP.* 20 *Avril*, 449.
— Garance naturelle. *ScP.* 20 *Avril*, 653.
— Rouge Paranihaniline (Liebman). *Cs.* 30 *Avril*, 294.
Thermo-chimie. Les relations thermiques (Minet). *L'Électrochimie. Avril*, 49.
— Chaleur de formation de l'aldéhyde formique (Delépine). *CR.* 12 *Avril*, 816.
Zirconium (Oxalates de). *ScP.* 5 *Mai*, 670.

COMMERCE ET ÉCONOMIE POLITIQUE

Approvisionnement de Paris. *Ef.* 8 *Mai*, 624.
Assurance contre les accidents.
Allemagne (Voyage social en). *Rso.* 16 *Avril*, 597.
Colonisation. Rôle social (Chailley Bert). *Rso.* 1er *Mai*, 711.
Criminalité en France. *Rso.* 16 *Avril*, 585.
Corporations à Paris aux XIIIe et XVIIIe siècle Évolution de l'idée coopérative. *Ef.* 15 *Mai*, 665.
France. Situation économique et commerciale en 1881-96. *Annales du commerce extérieur* 1897, n° 3.
Grèves des employés des chemins de fer suisses. *Musée social.* 31 *Mars*.
Lois successorales en France. *Ef.* 15 *Mai*, 667.
Japon et Australie. *E.* 16, 30 *Avril*, 517. 580. 7 *Mai*, 614.
Marchandage (Le) devant les tribunaux. *Ef.* 8 *Mai*, 620.
Poste (La) en France. *Ef.* 24 *Avril*, 546.
Prix des objets de première nécessité depuis un siècle. *Ef.* 17-24 *Avril*, 505, 541.
— dans l'Inde (Mouvement des). *Ef.* 1er *Mai*, 583.
Russie centrale. Industrie. *Musée social.* 15 *Avril*.
Socialisme. Le Voorut de Gand. *Rso.* 16 *Avril*, 615.
Trust (Les) au Japon. *E.* 23 *Avril* 551.
Tulles. Industrie à Calais. *USR. Avril*, 507.

CONSTRUCTIONS ET TRAVAUX PUBLICS

Canal de Chicago. *E.* 16-30 *Avril*, 14 *Mai*, 504, 569, 637.
Conduites de grand diamètre (pose des) en galeries. *Ac. Mai*, 66.
Digues de réservoirs. Poussée de la glace. *Ln.* 17 *Avril*, 314.
— Profil des (Pelletereau). *APC.* 1er trimestre 1897, p. 90.
— (Construction des) (Durand-Claye). *Id.* 291.
Fondations Dulac. *Ci.* 17 *Avril*, 258.
Maisons démontables. *ZOI*, 23 *Avril*, 258.
Maçonneries en briques (Résistance des). *Apc.* 1er trimestre 1897, 360.
Murs de quai (Réparation des). (Charguerand). *APC.* 1er trimestre, 1897, p. 299.
Pont de Rock Island, Mississipi, *E.* 16 *Avril*, 523.
— du Rhin à Worms. *OsD.* 1er *Mai*, 497.
— François-Joseph sur le Danube. *Gc.* 8 *Mai*, 17 *E'.* 14 *Mai* 487.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Réservoir de Jérome Park. New-York. Emploi de l'air comprimé pour sa construction. *Gc.* 24 *Avril*, 399.

Scènes de théâtres. *E.* 23 *Avril*, 533.

Souterrains (Construction des). (Bechmann). *APC.* 1er trimestre, 1897. p. 267.

ÉLECTRICITÉ

Accumulateur. Machine à faire les plaques Madden. *EE.* 15 *Mai*, 359.

— Headland. *EE.* 24 *Avril*, 212.

— Clerc et Pingault. *EE.* 15 *Mai*, 359.

Aluminium. Conductibilité (Richards). *CN.* 7 *Mai*, 217. *EE.* 17 *Avril*, 167.

Canalisations. Alternatives à forte section. *Ie.* 25 *Avril*, 153.

— Appareil pour rechercher les défauts. *EE.* 1er *Mai*, 263.

Commutateurs Mildé. *EE.* 17 *Avril*, 165. Pearson. *EE.* 24 *Avril*, 212. Emmett. *EE.* 15 *Mai*, 359.

Courants triphasés. Installation au laboratoire de l'École de Mons. *EE.* 24 *Avril*, 193; 1er-8 *Mai*, 257, 298.

Décharges (Étude des) (Swyngedauw). *EE.* 15 *Mai*, 337.

Distributions. Dispositifs de sûreté (Roweand). *Fi. Mai*, 357.

— par courants alternatifs (Calcul des). *Elé.* 1er-8-15 *Mai*, 274, 297, 310.

— Section la plus économique des conducteurs. *EE.* 15 *Mai*, 364.

Dynamos. Calcul des pertes dans le fer des induits dentés. *EE.* 17 *Avril*, 170.

— Sixpolaire de 7 kilowatt Smit. *E.* 16 *Avril*, 509.

— Unipolaire van Kando. *Elé.* 24 *Avril*, 1er *Mai*, 265, 278; *EE.* 24 *Avril*, 216,

— Frein pour la mesure du rendement. *EE.* 24 *Avril*, 210.

— Moteur triphasé, fonctionnement à vitesse réduite. *EE.* 24 *Avril*, 218.

Éclairage.

— *Arc.* Rendement lumineux. *EE.* 1er *Mai*, 280.

— — lampe à potentiel constant. *Elé.* 1er *Mai*, 282.

— *Incandescence.* Filaments. *EE.* 8 *Mai*, 316.

Électro-chimie. Divers. *Cs.* 30 *Avril*, 336; *Dp.* 10 *Mai*, 136.

— Les industries électro-chimiques. *Elé.* 17 *Avril*, 230.

— Galvanisation électrique du fer. *Gc.* 15 *Mai*, 38.

— Électrodes en charbon Girard et Street. *L'Électro-chimie. Avril*, 49.

— Fabrication électro-chimique des feuilles d'or. (*Id.*), 55.

— Or, zinc et l'électrolyse (Andréoli). *Elé.* 8 *Mai*, 293.

— Effet des gros courants sur la conductibilité des électrolytes (Richards et Trowbridge). *American Journal of Science. Mai*, 391.

Four électrique pour laboratoire. *Elé.* 17 *Avril*, 253.

— Patten. *EE.* 8 *Mai*, 300.

— Lelièvre. *Rt.* 10 *Mai*, 197.

Gaz et fumées du charbon. Propriétés électriques (Kelvin et Mac-Clean). *N.* 22 *Avril*, 592.

Installations électriques. Précautions à prendre. *Elé.* 17 *Avril*, 243.

Interrupteur rapide pour gros courants Webster. *American Journal of Science. Mai*, 383.

— bipolaire Volta. *Elé.* 15 *Mai*, 308.

Ions (Théorie des) (Zeeman). *Rgds.* 15 *Avril*, 298.

Magnétisation du fer et de l'acier. Influence sur la longueur (Klingenberg). *Bull. Société d'Encouragement de Berlin. Avril*, 1241.

Mesures de l'isolement d'une petite canalisation. *Elé.* 17 *Avril*, 249.

— des résistances (Armagnat). *EE.* 17 *Avril*, 159.

— des forces électro-motrices (*Id.*). *EE.* 24 *Avril*, 205; 8 *Mai*, 304.

— des intensités (*Id.*). 15 *Mai*, 355.

— Oscillographe Abraham Carpentier. *EE.* 17 *Avril*, 145.

— Électromètre à quadrants différentiels. *EE.* 17 *Avril*, 180.

— Compteurs Thomson (Vérification des). *Ie.* 10 *Mai*, 184.

— Galvanomètres Rowland. *EE.* 15 *Mai*, 361.

Pertes à la terre (Avertisseur des). *EE.* 15 *Mai*, 363.

Pile (Application du principe de Carnot à la). *EE.* 1er *Mai*, 251.

Plombs fusibles Fischer Hennen. *EE.* 8 *Mai*, 309.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Rhéostat Bergonié. *Elé.* 24 *Avril*, 268.
Stations centrales de Johannesberg. *Gc.* 17 *Avril*, 373.
— Section des Champs-Élysées. *Rt.*, 25, 170.
— Strasbourg. *Gc.* 1er *Mai*, 1.
— Bellegarde. *E.* 14 *Mai*, 633.
Télégraphie militaire pendant la campagne de Madagascar. *Gm. Avril*, 289.
— sous-marine. Le Portena, navire porte-câble. *E'.* 20 *Avril*, 414.
— pour pose rapide en temps de guerre. *E'.* 7 *Mai*, 464.
— Sous-marine (historique). *E.* 23 *Avril*, 555.
Téléphonie. Réseau sans commutateur central. *Elé.* 17 *Avril*, 241.
— Divers. *Dp.* 16 *Avril*, 63.
— Appareil téléphonique ouvrant et fermant automatiquement le circuit. *Elé.* 24 *Avril*, 259.
— Téléphone de la Phonophore Co. *EE.* 1er *Mai*, 262.
Transformateurs redresseurs. Application aux chemins de fer. *Gc.* 24 *Avril*, 399.

GÉOGRAPHIE

Algérie. Régime foncier. *Comité de l'Afrique française. Avril*, 17.
Asie centrale russe. O. Dwyer. *SA.* 16 *Avril*, 479.
Guyane française. Sgc. N° 4, 269, 296.
Kafiristan (Le) (Robertson). *SA.* 14 *Mai*, 573.
Mantchourie. Sgc. N° 4, 291.
Mexique. Ef. 15 *Mai*, 662.
Philippines. Ef. 24 *Avril*, 545; *Sgc.* N° 4, 241.
Rhodesa et Bechuanaland. SA. 23 *Avril*, 515.

GUERRE

Canons pneumatiques Dudley. *E'.* 16 *Avril*, 389.
— A affût pneumatique du cuirassé Tremor. *E.* 23 *Avril*, 539.
Capsules pour fusils. Leur action. *E'.* 7 *Mai*, 456.
Fusil Robertson Adams. *E.* 7 *Mai*, 629.
Mitrailleuses Hotchkiss. *E.* 16-23 *Avril*, 520, 546; *E'.* 23 *Avril*, 415, 416.
— Maxim. *E.* 23 *Avril*, 561.
Revolver à répétition Mauser. *VDI.* 1er *Mai*, 513.
Signaux en campagne (Service des). *E'.* 7 *Mai*, 455.

HYDRAULIQUE

Barrages avec vannettes à galets Lavollée. *Gc.* 1er *Mai*, 9.
Distribution d'eau de Vienne. *ZOI.* 13 *Mars*, 16 *Avril*, 262, 241.
Énergie hydraulique en France. Elé. 24 *Avril*, 264.
Norias Henry. *Ag.* 15 *Mai*, 775.
Pompes Purvis. *E.* 16 *Avril*, 531.
— électrique Meryweather. *E.* 7 *Mai*, 621.
— de la distribution d'eau de Rotterdam. *E'.* 30 *Avril*, 429; 7 *Mai*, 460.
— Clapets Wyndham. *E.* 23 *Avril*, 561.
Roue Pelton en cascade. Essais. *Fi. Mai*, 376.
Turbines (Régulateur électrique pour). *Elé.* 24 *Avril*, 257.
Tuyaux (Curage des). *Es. Avril*, 31.

HYGIÈNE

Alcoolisme en France Legrain. *Rs.* 17 *Avril*, 482.
Alimentation. Fraudes des denrées (Frankel). *Fi. Avril*, 241.
Bactériologie (Woodhead). *E.* 16 *Avril*, 529.
Calorifères (Les). *Lu.* 1er *Mai*, 338.
Eaux (Les) des villes (Mason). *Fi. Mai*, 337.
Fours crématoires. Schneider et Klingenstierna. *Gc.* 17 *Avril*, 382.
Purification des rivières. E. 8 *Mai*, 613.
Ventilation *à air humidifié* Kœrting. *Ri.* 24 *Avril*, 165. Treutler et Schwartz. *Id.* 1er *Mai*, 175. Dowson et Taylor, Ernst. *Id.* 15 *Mai*, 195.

MARINE, NAVIGATION

Ancre Evans. *E.* 14 *Mai*, 664.
Bouée-Signal Bigler. *E'.* 14 *Mai*, 495.
Constructions navales. Lignes du navire (Ramage). *E.* 16 *Avril*, 527.
— Coque Crease. *E.* 16 *Avril*, 531.
— Théorie de la stabilité (Mac-Farlane Grey). *E.* 23 *Avril*, 559.
— (Progrès récents de la). *E'.* 23 *Avril*, 406; 7 *Mai*, 455.
Gouvernail Rapson. *E.* 16 *Avril*, 521.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Machines marines. Turbine Parsons. *E.* 16 *Avril*, 508, 526; *Rt.* 25 *Avril*, 187.
— à hautes pressions. *E'.* 23 *Avril*, 418.
— Mesure de la dépense d'eau de circulation. *Es. Avril*, 23.
— Estimation de leur puissance à la mer. *Es. Avril*, 17.
— Régulateur électrique Jabsley. *EE.* 8 *Mai*, 314.
— Triple expansion à roues du « Paris ». *E.* 30 *Avril*, 567.
— Estimation de la puissance et de la dépense d'eau de circulation à la mer. *Es. Avril*, 19.
— Essais du *Powerful*. *RM. Avril*, 342.

Marine de guerre. Anciens cuirassés réarmés (valeur des). *E.* 16 *Avril*, 504, 523.
— Croiseur américain Baldwin. *E'.* 23 *Avril*, 411.
— Cuirasses et grosse artillerie, progrès récents. *Rmc. Mars*, 388.
— Géométrie de la tactique navale (Vidal). *Rmc. Mars*, 433.
— Batterie flottante Crease. *E.* 14 *Mai*, 664.
— Plaques de blindage Harvey au nickel. Essais. *E'.* 30 *Avril*, 437; aux États-Unis. *Id.*, 441.
— Torpilleurs. Conduite en grosse mer. *Rmc. Mars*, 574.
— Valeur des bâtiments de combat au point de vue de l'artillerie. *Rmc. Mars*, 509.

Navigation fluviale. L'Adirondack. *Ln.* 17 *Avril*, 311.
— Mécanique sur les canaux (Leslie). *E.* 7 *Mai*, 603, 627.

Pêche maritime. Divers. *Rmc. Mars*, 625.
— Élevage de la truite. *Gc.* 8 *Mai*, 25.

Ports (Outillage des). *Bam. Avril*, 389.
— Chenal de la barre des Charpentiers à l'embouchure de la Loire (Joly). *APC.* 1er trimestre 1897, 292.
— Silos des ports de Braïla et de Galatz. *Gc.* 15 *Mai*, 37.

Régularisation du Wessel. VDI. 17 *Avril*, 451.
Scaphandre Piatti. *Ryds.* 30 *Avril*, 322.
Télégraphe de bord Fiske. *EE.* 8 *Mai*, 310.
Touage électrique. Elé. 24 *Avril*, 269.
Ventilation des navires Evans. *Ri.* 8 *Mai*, 185.

MÉCANIQUE

Aérostation. Navigation aerhydrique Pesce. *Rs.* 1 *Mai*, 546.

Chaudières marines (Les). *E'.* 16 *Avril*, 393.
— Compound Lyall. *RM. Avril*, 399.
— Mixtes Lyall. *E.* 7 *Mai*, 608.
— *Tubulées* Pataky. Scott. Vollhard. *E.* 16 *Avril*, 531, 532. Sandford. *E.* 16 *Avril*, 399. Okes. *Ri.* 17 *Avril*, 135. Yarrow. *E.* 30 *Avril*, 596. Sandford. *E.* 23 *Avril*, 557. Dans la marine marchande. *Bam. Mai*, 514.
— Injecteur Brownley. *RM. Avril*, 403.
— *Foyers* au charbon pulvérisé (les) (Vinsonneau). *Bam. Mai*, 526. Wegener. *Ri.* 24 *Avril*, 163. Ruhl. *Id.*, 1 *Mai*, 173. Schwartzkopff. *Id.*, 8 *Mai*, 183. Unger. *Id.*, 15 *Mai*, 194.
— Grille à air Homburg. *RM. Avril*, 398.
— Mécaniques Wilkinson. Coxe. *Pm. Mai*, 71.
— Fumivores en Saxe. *VDI.* 24 *Mai*, 484.
— Surchauffe (la). Sinigaglia. *RM. Avril*, 333.

Humidité de la vapeur (Mesure de l'). (Rateau). *Am. Avril*, 495.

Dynamomètre de rotation Frémont. *Ci.* 24 *Avril*, 169.

Embrayage Lindsay. *E'.* 23 *Avril*, 423.
— à déclenchement automatique Vivier. *Gc.* 15 *Mai*, 40.

Essoreuses Laidlaw. *E.* 16 *Avril*, 532.

Froid. (Liquéfaction des gaz par le). (Linde). *Gc.* 15 *Mai*, 35.

Levage. Poulies, Palans, Treuils et Cabestans. *RM. Avril*, 387. Transbordeur électrique Aspinall. *Ri.* 17 *Avril*, 133.
— Clip pour cordes. Eichler. *E.* 23 *Avril*, 561.
— Grue titan de 40 tonnes. Stolhert et Pitt. *E.* 14 *Mai*, 646.

Machines-outils des Niles Tool Works. *E.* 23 *Avril*, 536.
— Centreuse Pratt Whitney. *RM. Avril*, 385.
— Étampeuse Smith. *E.* 30 *Avril*, 595.
— Électriques (Rowan). *Es. Avril*, 10; *E'.* 7 *Mai*, 470; (Kodolitsh). *E.* 30 *Avril*, 591. Ganz. *Pm. Mai*, 69.
— à mouler les engrenages. *E.* 30 *Avril*, 563; 14 *Mai*, 631.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

— à fabriquer les tubes. *Industria*, 9 *Mai*, 298.
— Poinçonneuse-cisaille Cameron. *E.* 14 *Mai*, 663 ; *Ri.* 15 *Mai*, 193.
— Procédés de forgeage (Codron). *Bam. Avril*, 362. *Mai*, 489.
— Tour à canon de l'arsenal de Watervliet. *RM. Avril*, 372. Shanks. Shellenback. Bagort, Norton, Hulse. *Id.* 380-384.
— Travail des outils (Fischer). *VDI.* 1 *Mai*, 504.
— *à bois*. Affûtage des scies. *Dp.* 16-23 *Avril*, 49, 73. Divers. *Id.*, 75, 30 *Avril*, 97.

Mécanisme de rotation à vitesse constante Webster. *American Journal of Science. Mai*, 379.

Meunerie à cylindres à l'exposition de Budapest. *VDI.* 8 *Mai*, 525.

Moteurs à vapeur divers. *Dp.* 16-23-30 *Avril*, 52, 77, 101 ; 7 *Mai*, 125.
— en série (Wellington). *Gc.* 24 *Avril*, 401 ; *Eam.* 8 *Mai*, 447.
— à l'exposition de Stuttgart. *VDI.* 8 *Mai*, 531.
— Compound, verticale de la Société de Nurenberg. *Ri.* 1er *Mai*, 174.
— Rotatif Filtz. *Pm. Mai*, 66.
— Diagramme d'inertie (Mac-Farlane Gray). *E.* 16 *Avril*, 527. entropique et son application (Ancona). *VDI.* 17 *Avril*, 447 ; 15 *Mai*, 549. (Boulvin). *RM. Avril*, 317.
— Condenseur central Balcke. *Gc.* 17 *Avril*, 377.
— Cylindre (Rupture d'un). *E.* 7 *Mai*, 616.
— (Forces d'inertie des). *ZOI*, 30 *Avril*, 277.
— Pompe à air King. *E.* 30 *Avril*, 587.
— *Régulateur* Whitehead. *Dp.* 16 *Avril*, 56.
— — Proell, Corliss. *E.* 7 *Mai*, 601.
— **à gaz** Hornsby. *E.* 7 *Mai*, 629.

Navigation fluviale. Propulsion mécanique sur les canots Robinson. *E.* 30 *Avril*, 583, 591.

Palier sphérique Power. *RM. Avril*, 404.

Résistance des matériaux. Fonte des roues (Whitney). *Fi. Avril*, 267.
— Fatigue des rails d'acier. Observations microscopiques (Andrews). *E.* 16 *Avril*, 499.
— Acier au nickel. *E.* 23 *Avril*, 535 ; *E'.* 23 *Avril*, 420.
— Appareil Nivet pour essai des matériaux de construction. *Gm. Avril*, 358.
— Machine pour essayer la résistance à l'usure (Dorry). *Gc.* 1er *Mai*, 13.
— Barres soumises à la compression (Dupuy). *APC.* 1er trimestre 1897, p. 1.
— Tôles rivées, résistance des. *Rc. Mai*, 78.

Têtes de bielles ajustables Dales. *RM. Avril*, 402.

Transmission. Vitesse critique des arbres. *Elé.* 24 *Avril*, 258.
— Suspension électro-magnétique des arbres verticaux. *Bam. Mai*, 535.

Tuyauterie. Joint Aird. *E.* 23 *Avril*, 557.

Ventilateurs (Les) (Walker). *E.* 7 *Mai*, 605.

MÉTALLURGIE

Alliages (Constitution des) (Charpy.) *CR.* 3 *Mai*, 957.

Aluminium (L'). *E'.* 23 *Avril*, 405.

Bronze d'art. Fonte du premier jet (Le Bourg). *IC. Mars*, 301.

Cuivre électrolytique Dumoulin. *E.* 7 *Mai*, 618.

Fer et acier. Forgeage (procédés de). (Caudron.) *Bam. Avril*, 361.
— Fer fondu. Développement de l'Industrie. *SuE.* 1er *Mai*, 337. Progrès divers. *Dp.* 7 *Mai*, 131. Microscopie. Ledebur. *SuE.* 15, 302.
— Four à réverbère Weardale. *E'.* 14 *Mai*, 497. Four à oxyde de carbone. *Gc.* 8 *Mai*, 24.
— Porosité des creusets pour acier (Arnold et Knowles). *E.* 14 *Mai*, 641.
— *Hauts fourneaux* Duquesne. *Bam.* 10 *Avril*, 354 ; *E.* 23 *Avril*, 538.
— — Chargeur Lewis. *E.* 30 *Avril*, 595.
— — Développement en Angleterre. *SuE.* 15 *Avril*, 309.
— Convertisseurs Tropenas. *Eam.* 1er *Mai*, 425. Divers. *Dp.* 30 *Avril*, 105.
— Laminoir réversible Foster. *E.* 7 *Mai*, 606.
— Enfourneur de lingots Wellmann. *E.* 14 *Mai*, 659 ; *EE.* 15 *Mai*.
— Relations entre les propriétés mécaniques des aciers et leur composition chimique (Demenge). *Rgds.* 30 *Avril*, 348.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

— *Iron and Steel Institute* Meeting. *Ac. Mai*, 1897; *E'*. 14 *Mai*, 473, 483.

Or. Cyanuration. *E'*. 16-30 *Avril*, 381, 429; 7 *Mai*, 457; *Cs.* 30 *Avril*, 322.

— et argent. Séparation des résidus pauvres. *Eam.* 17 *Avril*, 380.

— Extraction électrolytique des solutions cyanurées. *Ie.* 25 *Avril*, 162.

MINES

Dynamitières (Établissement des). *Gc.* 24 *Avril*, 393.

Laveuse électrique Jeffrey. *Eam.* 24 *Avril*, 405.

Mercure (Mines de) Camp Floyd. Utah. *Eam.* 24 *Avril*, 403; 1er *Mai*, 427.

Or. Placers de la Sibérie orientale (Sabachinikoff et Lebat). *Rs.* 24 *Avril*, 513.

— en Malaisie. *Eam.* 17 *Avril*, 376.

— à Madagascar, sud du Betsileo. *Gc.* 18 *Mai*, 620.

— en Galicie. *Eam.* 24 *Avril*, 400.

— Exploitation au Transvaal. *Rt.* 25 *Avril*, 172.

— Mines de Sandia, Pérou. *Eam.* 8 *Mai*, 449.

Perforatrice Daw. *E.* 38 *Avril*, 595. Ingersoil Sergeant. *RM. Avril*, 403.

Préparation mécanique. Trieur électro-magnétique Wetherill. *Fi. Avril*, 279.

— Bocards (Les). (Morison.) *E.* 7-14 *Mai* 624, 660.

Sondages (Appareils de). *Dp.* 23 *Avril*, 86.

Traînage mécanique. Poulies Guinotte. *Pm. Mai*, 77.

PHOTOGRAPHIE

Chromoscope Nachet. *Sfp.* 1er *Mai*, 225.

Chronophotographe Marey. *Sfp.* 1er *Mai*, 217.

Cuvette inversable Lambert. *Sfp.* 15 *Avril*, 212.

Lanterne d'agrandissement Gaumont. *Sfp.* 15 *Avril*, 208.

Microphotographie. Divers. *Dp.* 16 *Avril*, 67.

Phosphorescence et fluorescence en photographie. (Colson.) *Rgds.* 15 *Avril*, 308.

Photographie céleste. Emploi du réflecteur et de la lentille. *N.* 22 *Avril*, 582.

— des couleurs. *Bibliographie. SA.* 23 *Avril*, 531.

— sur bandes. Appareil Jenkins. *Gc.* 15 *Mai*, 45.

Positifs instantanés en deux teintes (Graby). *Sfp.* 1er *Mai*, 229.

Rendement de la plaque photographique. Augmentation du rendement dans la chambre noire (Colson). *Sfp.* 15 *Avril*, 207.

Le Gérant : Gustave Richard.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

BULLETIN
DE
LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT
POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

NOTICE NÉCROLOGIQUE

NOTICE NÉCROLOGIQUE sur **M. le colonel Pierre**, vice-président honoraire du Conseil d'Administration de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale, par *M. Ed. Sauvage*, membre du Conseil.

La Société d'Encouragement vient de faire une perte douloureuse en la personne de M. le *colonel* PIERRE, *vice-président honoraire de la Société*, décédé le 24 mars 1897, dans sa quatre-vingt-cinquième année. Nommé membre de la Société, puis membre du Conseil en 1876, il a pris pendant longtemps la part la plus active aux travaux du Comité de mécanique. En 1895, le Conseil de notre Société lui décerna, en témoignage exceptionnel de ses éminents services, le titre de vice-président honoraire. Comme le rappelait M. le Président de la Société, dans la séance du 26 mars 1897, le jour même des obsèques du colonel Pierre, il laisse parmi nous, comme parmi tous ceux qui l'ont connu, le souvenir le plus cher et le plus respecté.

Auguste-Claude-Paul Pierre, né à Dijon le 18 janvier 1813, fit ses études au collège royal de sa ville natale; il fut admis à l'École polytechnique en octobre 1831, pour en sortir en 1833, comme sous-lieutenant à l'École d'application de l'artillerie et du génie à Metz (1). Lieutenant d'artillerie en

(1) Les renseignements sur la carrière militaire du colonel Pierre m'ont été obligeamment fournis par M. Paul Joanne, qui les avait recueillis en vue d'une notice destinée à l'*Annuaire du Club alpin français*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

second en 1835, lieutenant en premier en 1839, capitaine en 1841, il fut nommé en 1851 adjoint au Directeur de l'Atelier de construction du matériel au Dépôt central de l'Artillerie à Paris, service qu'il ne devait guère quitter jusqu'à l'époque de sa retraite. Il put ainsi collaborer très utilement à l'important établissement formé par la réunion du Comité central de l'Artillerie, de la direction de l'Artillerie de Paris, et de l'Atelier de précision organisé en 1794 pour fabriquer des modèles et des pièces d'armes. Cet ensemble reçut la dénomination de Dépôt central de l'Artillerie, qu'il a conservée jusqu'en 1886, époque où il prit celle de Section technique de l'Artillerie, « ensemble remarquable, puissant instrument de travail qui a permis la réalisation de presque tous les changements apportés au matériel de l'armée française depuis les guerres du premier Empire » (1).

En février 1856, Pierre fut envoyé en mission à l'armée d'Orient, e nommé chef d'escadron d'artillerie en mai 1856. A la suite de sa mission, il reçut une lettre des plus élogieuses du général Vaillant, le félicitant de l'étude fructueuse qu'il avait su faire du matériel militaire et des équipages, dont le rôle est si important dans les armées.

Lieutenant-colonel en 1864, colonel d'artillerie en 1869, on lui confia en 1870 l'armement des 26 premiers bastions de l'enceinte fortifiée de Paris, qui s'étendent de la Seine, à Bercy, jusqu'au canal de l'Ourcq; le 15 décembre 1870, il fut chargé de commander l'artillerie des 1er, 2e et 3e secteurs de l'enceinte de Paris et des forts de l'arrondissement de l'Est.

Le 6 juillet 1871, il fut désigné comme chef technique du matériel et du train des équipages militaires au Dépôt central de l'Artillerie, fonctions qu'il exerça jusqu'à sa retraite, en 1873. A cette occasion, un ordre de service rappela ses longs travaux dans cet important établissement.

Jusqu'à cette époque, les devoirs militaires et les minutieuses études des nombreux détails du matériel avaient occupé tous les instants de l'officier; mais la retraite n'ouvrit pas pour lui une période de repos, elle dirigea seulement son activité vers d'autres objets.

Il s'occupa d'abord d'une Société qui venait d'être fondée, et dont il comprit, dès le début, l'importance morale, le Club alpin français. Administrateur délégué en mai 1875 de cette Société, il travailla à la développer et lui attira un grand nombre de membres. En 1877, il fut nommé membre de la Direction centrale, et, en 1878, secrétaire général du Club alpin. L'importance croissante du travail matériel exigé par ces fonctions, les nombreux

(1) *Livre du Centenaire de l'École polytechnique*, t. II, p. 447.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

voyages qu'elles exigent pour les réunions avec les sections de province, pour l'organisation des caravanes scolaires, l'obligèrent à quitter ces fonctions en 1883, car, déjà, notre Société absorbait une grande partie de son temps. Il assistait en effet assidûment aux séances du Comité de mécanique; il avait à examiner de nombreuses affaires qui lui étaient soumises, et à rédiger des rapports sur les dispositions les plus dignes d'être signalées. La liste qui suit donne la nomenclature de ses principaux rapports, publiés dans le *Bulletin* de la Société :

Machine à écrire Remington, 1878, p. 76.
Procédé P. Poirot, pour le raccommodage, sur place, des brancards de voitures cassés, 1880, p. 463.
Clapet de retenue de vapeur Pasquier, 1886, p. 330.
Roue métallique Winzenried, 1887, p. 309.
Pont à bascule Guillaumin, 1888, p. 64.
Binard à engrenages Beaufils, 1888, p. 232.
Chaise roulante pour enfants Marx, 1888, p. 408.
Extracteur de cartouches Déchandon, 1889, p. 298.
Notice nécrologique du colonel Goulier, 1891, p. 164.
Retaillage des limes par l'électricité Personne, 1891, p. 220.
Bascules Guillaumin, 1891, p. 286.
Courroie de sûreté Chevillard, 1891, p. 464.
Appareil de sondage Belloc, 1891, p. 542.
Notice nécrologique de M. E. Feray, 1892, p. 69.
Notice nécrologique de M. Rédier, 1893, p. 154.
Serrure à avertisseur électrique Langlosé, 1893, p. 396.
Tendeurs Roulot, 1894, p. 957 et 1895, p. 16.

Lorsque la Société entreprit l'étude des filetages en vue d'arriver à l'unification des types si variés de pas de vis, le colonel Pierre était un des hommes les plus compétents pour ce genre d'études; aussi fut-il désigné comme l'un des membres de la sous-commission des filetages; après de nombreuses réunions et de longues études, cette sous-commission produisit le projet qui a été finalement admis et qui s'est si rapidement répandu dans l'industrie, ayant été adopté dès son origine par la Marine française, par la plupart des grandes compagnies de chemins de fer et par les constructeurs les plus renommés. Le colonel Pierre consacra ses efforts à cette œuvre importante (1).

(1) Dans le *Bulletin* de la Société, les publications relatives aux filetages se trouvent aux années et pages suivantes : (1891) p. 692; (1893) p. 173, 704, 762, 806; (1894) p. 139, 145, 311; (1895) p. 314, 319; (1896) p. 346.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Vers la fin de l'année 1895, sentant que ses forces ne lui permettaient plus de prendre une part aussi active aux travaux du Comité de mécanique, le colonel Pierre demanda à le quitter; toutes les instances de ses collègues furent impuissantes à lui faire conserver le titre de membre de ce comité lorsqu'il ne pouvait plus lui rendre les mêmes services que précédemment. La Société rappela ces longs services en lui décernant le titre bien mérité de vice-président honoraire.

Notre regretté collègue avait malheureusement bien jugé de l'état de ses forces : après une seule année de repos, une courte maladie l'emporta le 24 mars 1897, et il quitta cette terre en laissant la réputation méritée d'un travailleur infatigable et d'un ami dévoué.

Lu en séance, le 11 juin 1897.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS MÉCANIQUES

RAPPORT fait par M. A. BRÜLL, au nom du *Comité des Arts Mécaniques*, sur le *Taquet d'arrêt automatique de plan incliné* de M. BRUNO MOUSTIER, chef de service aux mines de lignite de la Valdonne (Bouches-du-Rhône).

MESSIEURS,

La Société d'Encouragement a toujours accordé son bienveillant intérêt à toutes les mesures et à tous les dispositifs ayant pour objet de protéger les ouvriers contre les dangers du travail et de diminuer les risques inhérents à beaucoup d'opérations industrielles.

C'est ainsi qu'elle a donné sa chaleureuse approbation aux associations qui se sont fondées, durant ces trente dernières années, dans le but de combattre les accidents dans toute espèce d'industries, partout où il y a travail et danger. Vous avez décerné en 1890 (1) des médailles d'or à trois de ces institutions bienfaisantes, et vous avez certainement gardé le souvenir du remarquable rapport que vous a présenté, dès 1885, notre collègue, M. Lavollée, sur l'Association parisienne des industriels qui était alors à ses débuts (2).

Cette Société, qui est devenue bientôt l'Association des industriels de France contre les accidents du travail, a pris aujourd'hui le plus heureux développement. Elle exerce actuellement sa surveillance sur plus de 220 000 ouvriers.

C'est le Directeur de cette association, M. Mamy, qui a présenté à l'appréciation de la Société d'Encouragement les travaux de M. Bruno Moustier, chef de service aux mines de lignite de la Valdonne (Bouches-du-Rhône). M. Moustier a combiné et appliqué avec succès plusieurs dispositions destinées à éviter divers genres d'accidents qui s'étaient présentés dans le service dont il a la charge.

Constamment préoccupé de la sûreté des ouvriers, il a successivement introduit quatre appareils de sécurité dans le matériel d'extraction et de transport au jour de la mine de la Valdonne.

(1) *Bull. de la Soc. d'Enc.*, 1890, p. 501.
(2) *Bull. de la Soc. d'Enc.*, 1885, p. 395.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Parmi ces divers travaux, nous avons remarqué en particulier un taquet d'arrêt pour plan incliné, qui paraît nouveau, et sur lequel M. Oppermann, ingénieur en chef du service des mines à Marseille, a bien voulu nous faire parvenir le témoignage le plus favorable.

Un traînage mécanique par chaîne flottante relie le puits Armand aux estacades établies à la gare de la Valdonne, ce traînage aboutit aux estacades avec une pente de 24 p. 100 qui règne sur une longueur de 80 mètres. Comme plusieurs ouvriers sont occupés aux manœuvres au pied de cette

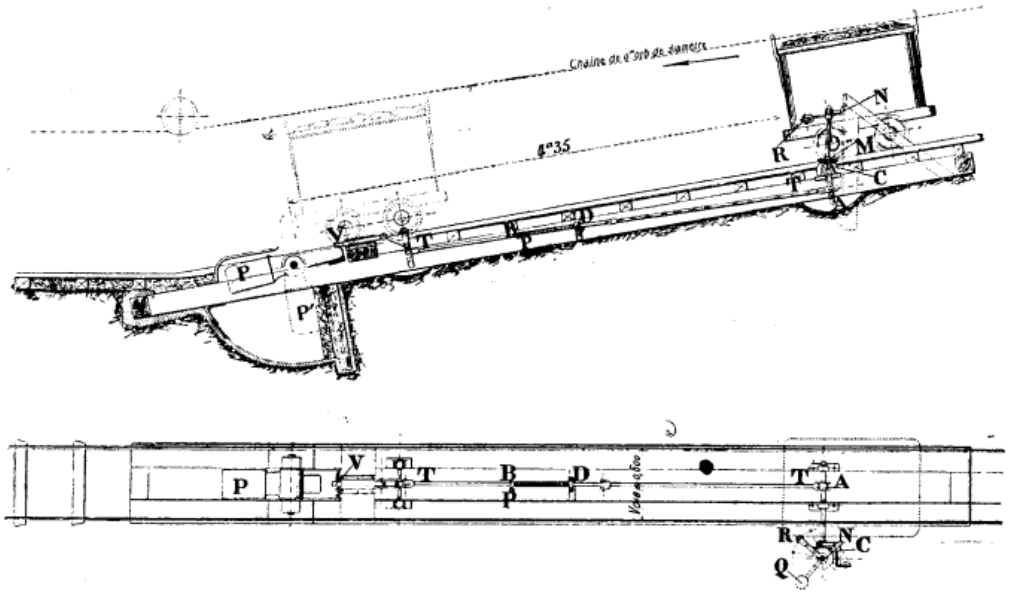


Fig. 1 et 2. — Taquet d'arrêt *Bruno Moustier*. Élévation et plan.

pente, il était à craindre qu'un accident se produisît dans le cas où un wagonnet se détacherait de la chaîne ou bien en cas de rupture de celle-ci. C'est pour éviter qu'aucune berline ne vienne blesser les ouvriers que M. Bruno Moustier a combiné et installé un taquet d'arrêt automatique au pied du plan incliné.

Le taquet est composé (fig. 1 et 2) d'un fort butoir en fer, pourvu d'un lourd contrepoids P, et mobile autour d'un axe horizontal, transversal à la voie. Ce taquet est maintenu couché entre les rails au moyen d'un verrou V et laisse passer les berlines lorsque leur marche est normale. Mais, lorsque la vitesse devient trop grande, à la suite d'une rupture de chaîne ou du décrochage d'une berline, le verrou est ouvert automatiquement, le contrepoids venant en P', fait basculer le taquet, celui-ci se place verticalement avec sa

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

partie inférieure appuyée contre un fort sommier. Le taquet forme alors un solide butoir contre lequel vient se heurter la berline emballée.

Le verrou est relié par un jeu de leviers A, de tiges T et d'engrenages MC, à un arbre vertical N qui se dresse à côté de la voie, à quelques mètres en amont du taquet de butée. Cet arbre porte à sa partie supérieure un bras horizontal pourvu à son extrémité d'un galet R.

Le bras est dirigé transversalement à la voie, et sa longueur est telle que la caisse rencontre, par son avant arrondi, le galet qui s'efface en faisant tourner l'arbre vertical d'une petite fraction de tour. Ce léger mouvement de rotation est transmis au verrou qui se trouve tiré vers l'amont; mais, en marche normale, l'effort que subit cette tige est amorti par un ressort à boudin P, placé entre une bague B fixée sur la tige et une traverse D de la voie, de sorte que le verrou n'est pas ainsi suffisamment tiré pour mettre le taquet en liberté. Le ressort replace tout le système à sa position primitive après le passage de la berline.

Lorsque, au contraire, le galet est heurté violemment par une berline animée d'une trop grande vitesse, le bras dont on a, à dessein, augmenté la masse, et qui est ainsi doué d'une grande inertie, est projeté en Q, au delà de sa position d'effacement; l'arbre tourne d'un plus grand angle et entraîne, par suite, un déplacement plus grand du verrou. Celui-ci lâche le taquet qui bascule aussitôt et arrête la berline.

La tension du ressort est réglée de manière à obtenir le relèvement du taquet à partir d'une vitesse donnée des berlines, telle que 2 mètres par exemple, vitesse bien supérieure à celle du régime normal.

L'appareil, pour fonctionner avec précision, doit être graissé et entretenu avec le plus grand soin. On fait, tous les quinze jours, pour l'éprouver, une expérience en abandonnant à elle-même une benne vide sur la voie des bennes pleines, à 5 ou 6 mètres en amont du point où elle doit heurter le galet. Cet essai a toujours réussi.

Le taquet d'arrêt installé en 1891 à la Valdonne a fonctionné automatiquement une quinzaine de fois et a arrêté des berlines décrochées qui auraient causé des accidents si elles étaient arrivées aux estacades.

L'Association des industriels de France a publié une note sur le taquet d'arrêt dans son bulletin de 1895, et a décerné à M. Moustier une médaille d'argent.

Une expérience faite récemment en présence de M. l'Ingénieur en chef Oppermann a bien réussi. Une benne pleine, abandonnée à elle-même à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

5 mètres en amont du galet, a été arrêtée par le taquet et a culbuté en projetant son chargement sur la voie au delà du taquet.

L'appareil de sécurité ingénieusement combiné par M. Moustier vient résoudre un problème délicat en matière de traînage sur plans inclinés; le Comité des Arts mécaniques a l'honneur de proposer de remercier M. Bruno Moustier de son intéressante communication et d'insérer le présent rapport au *Bulletin*, avec les figures représentant le taquet d'arrêt.

Signé : BRÜLL, *rapporteur.*

Lu et approuvé en séance, le 11 juin 1897.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS MÉCANIQUES

Le métier Northrop, par **M. E. Simon**, *membre du Conseil.*

Dans une note antérieure (1), nous avons signalé ce métier américain, destiné au tissage automatique des cotonnades; nous ne reviendrons pas sur les considérations générales présentées à cette occasion. Nous nous proposons aujourd'hui d'étudier plus en détail les dispositions adoptées par les constructeurs.

Pour préparer cette étude, nous avons dû nous procurer les patentes prises en Angleterre et, comme d'ordinaire, renoncer à la consultation des brevets délivrés dans notre propre pays. Les spécifications anglaises sont, on le sait, imprimées isolément, tenues à jour et mises à la disposition du public moyennant de faibles redevances; les recueils imprimés des brevets français sont des collections coûteuses, incomplètes et toujours en retard. La consultation des descriptions authentiques *sur place*, c'est-à-dire dans une salle du ministère du Commerce, est peu pratique, lorsqu'il s'agit de brevets importants, accompagnés de dessins multiples et compliqués; la copie gratuite en est interdite et, indépendamment du droit fiscal afférent à toute copie officielle, le travail du copiste et du dessinateur constitue un supplément de dépense relativement considérable.

Nous avons eu souvent l'occasion de déplorer un état de choses qui place l'industrie française en sérieuse infériorité vis-à-vis de de ses concurrentes, nous considérons comme un devoir d'y insister une fois de plus.

A part le *distributeur de cannettes*, sorte de magasin rotatif ou de barillet revolver pour l'approvisionnement des trames, le métier Northrop ne se distingue pas, à première vue, des métiers ordinaires à calicot. La chaîne est tendue par les moyens accoutumés entre l'ensouple d'arrière et le rouleau d'avant, qui reçoit l'étoffe au fur et à mesure du tissage; les *lames*, destinées à soulever alternativement les diverses parties de la chaîne pour ouvrir le *pas*, faire le chemin de la navette, fonctionnent comme de coutume; les *chasse-navettes* agissent tour à tour, ainsi que dans les autres métiers; la commande de ces mouvements successifs ne présente rien de particulier.

Les dispositifs originaux portent sur l'*alimentation de la trame et sur les moyens d'éviter les défauts occasionnés par la rupture des fils.* Les constructeurs admettent que sur les métiers ordinaires et avec des fils de qualité courante, la trame casse ou se trouve épuisée toutes les cinq minutes en moyenne et qu'une rupture de fil de chaîne se produit toutes les demi-heures.

Navette. — La bobine de trame ou cannette devant être changée sans arrêter le métier, il a fallu modifier la construction de la navette pour permettre l'*extraction de*

(1) Voir *Bulletin* de juin 1896, p. 897 et suiv.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la cannette vide (ou de la cannette dont la trame s'est rompue en cours de tissage), et, simultanément, l'*introduction d'une nouvelle cannette* en remplacement de la première, puis l'*enfilage automatique de la trame* à travers l'*œil* de la navette.

La figure 1 montre en plan la navette garnie.

Les figures 2, 3, 4 représentent divers modèles de tuyaux ou de broche pour cannette; les figures 6, 7 et 8, des détails amplifiés de la navette.

Dans les figures 2 et 3, le tuyau *b* de la cannette est en bois; les embases, annulaires ou polygonales, facilitent la prise et le maintien de la bobine tant dans le magasin distributeur que dans la navette.

La broche à ressort *h* de la figure 4 est destinée à recevoir la bobine de trame, ou *fusée*, telle que la fournit le métier à filer, c'est-à-dire sans préparations intermédiaires de dévidage et de bobinage. L'embase est identique à celle de la figure 2.

On voit, en *k* (fig. 1), des lames élastiques, montées à l'intérieur de la navette, qui

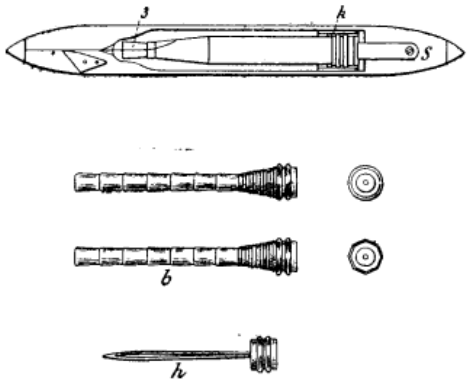


Fig. 1 à 4. — Navette garnie, tuyaux et broche de cannette.

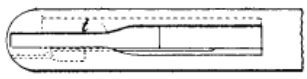


Fig. 5. — Partie de châsse correspondant à la boîte à navette.

pénètrent dans les rainures circulaires ou polygonales des embases pour assujettir les cannettes.

On remarque également que les ouvertures ménagées sur les faces supérieure et inférieure de la navette sont élargies de manière à permettre l'extraction de la cannette vide en dessous pendant l'introduction de la cannette pleine en dessus.

Nécessairement, la partie de la châsse ou du battant correspondant à la *boîte à navette* doit aussi présenter une entaille élargie (voir fig. 5) pour le passage de la cannette vide lors de sa projection à la partie inférieure du métier.

En vue de l'enfilage automatique, la navette est évidée suivant une ligne qui va de la pointe de la cannette à l'œil latéral destiné au guidage du fil de trame.

La navette S (fig. 1 et 6) laisse voir en 3 et 4 cet évidement longitudinal, que recouvre partiellement la plaque métallique S^1, repliée comme le montre la figure 7 et fixée au moyen de vis ou de rivets. La plaque S^1 forme ainsi, en 7, l'un des côtés de l'évidement sous lequel s'engage le fil de toute nouvelle cannette, attaché, d'autre part, ainsi qu'il sera expliqué plus loin, au magasin distributeur. Dès la première course de la navette, la trame se trouve engagée dans la fente 3; au retour, elle passe sous la corne métallique 7, pénètre dans l'œil ouvert 6 et, de là, par le tube fendu 6x

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

(vissé à même le bois de la navette) entre les fils de chaîne, aussi longtemps que dure la cannette.

Changement automatique de la cannette. — Le magasin distributeur n'avait pas, au

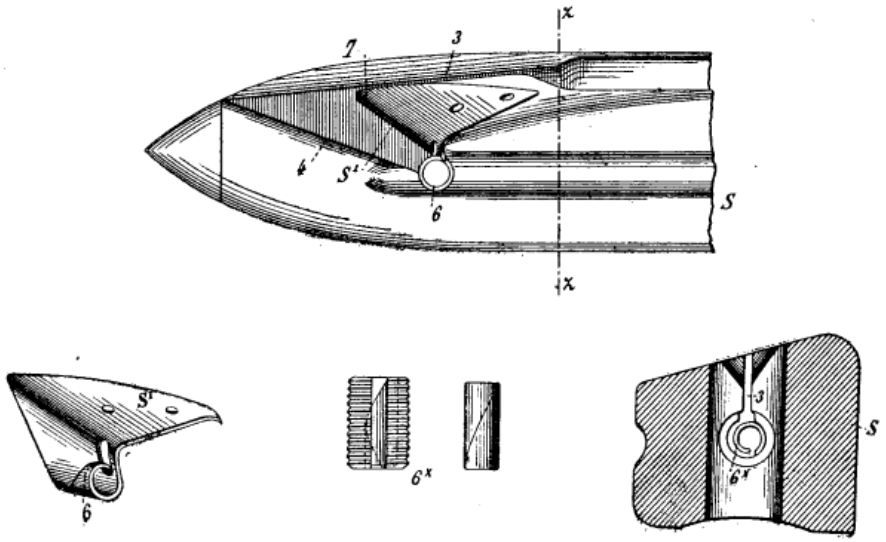


Fig. 6 à 8. — Détails de la navette S. Élévation de la pointe et coupe, Détail de la plaque S¹ et du tube fendu 6ˣ.

début, la forme actuelle; il se composait essentiellement de deux coulisses verticales et parallèles (voir fig. 9, 10 et 12) ouvertes aux extrémités et terminées vers le bas par un arc de cercle facilitant le glissement et le roulement des cannettes *bb*.

Pour mieux saisir les derniers perfectionnements apportés à l'ensemble, il convient d'étudier tout d'abord sur les figures 10, 11, 12, 13, 14 et 15 les dispositions adoptées à l'origine pour le changement de cannette.

La figure 11 est la vue en plan des organes dessinés en élévation dans la figure 10; la figure 13 est, de même, le plan de la figure 12, et la figure 15, le plan de la figure 14.

Aussi longtemps que le métier travaille normalement, que la trame est correctement insérée dans la chaîne, le pousseur B reste levé (fig. 10 et 12) au-dessus de la dernière cannette située au bas du distributeur B¹ et représentée par des circonférences concentriques en pointillé *bb*.

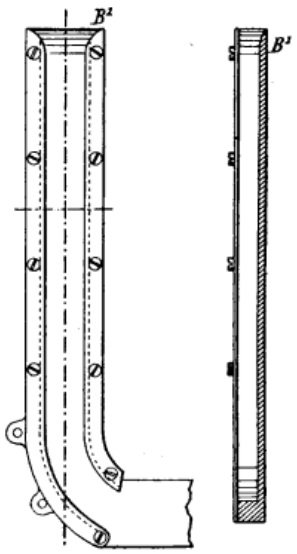


Fig. 9. — Détail du distributeur primitif.

Si, pour une cause quelconque, la trame vient à manquer, la fourchette A^{21} du casse-trame, n'étant plus maintenue par la duite, bascule; la pièce oscillante A^{19}, dite *marteau* (fig. 10), rencontre l'extrémité de la branche ainsi basculée et entraîne la glissière A^{24} vers la *poitrinière*. Ce déplacement détermine la rotation du levier A^{25} et de l'arbre d^1, par l'intermédiaire du doigt d^2; simultanément

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Fig. 10 et 11.

Fig. 12 et 13.

Fig. 14 et 15.

Fig. 10 à 15. — Détail du fonctionnement du pousseur en marche normale et après la rupture d'un fil.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le bras d^5 se soulève et occupe la position indiquée en traits pleins dans la figure 11.

Le battant A continuant d'avancer vers la poitrinière, le rouleau E^5 (fig. 11 et 13) butte contre le bras d^5. Ce choc fait pivoter l'axe E^1, et, conséquemment la pièce E^2 qui, se plaçant en travers du seuillet du battant, enclenche la navette au fond de sa boîte, l'empêche de rebondir et la maintient à l'aplomb du pousseur B.

L'oscillation de l'arbre horizontal d^1 détermine aussi le déplacement angulaire du doigt d^7 dans le sens de la flèche (fig. 10), et ce doigt agit sur l'équerre C^1 pour lui faire prendre la position de la figure 12.

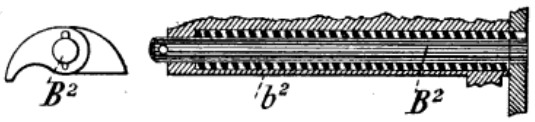


Fig. 16. — Obturateur.

Le buttoir saillant C^2, porté par le battant (fig. 10, 12, 14), pénètre dans l'encoche correspondante de C^1, et, en repoussant cette équerre, fait osciller la pièce B. Le grand bras du pousseur s'abaisse alors (voir fig. 14), appuie sur la cannette qu'il rencontre au bas du distributeur B^1, la dégage de la double coulisse et la pousse à l'intérieur de la navette.

Pendant cette opération, l'obturateur B^2 qui, en marche normale (fig. 10 et 12), ferme le distributeur et empêche les cannettes de tomber hors de la coulisse, cède à la pression du pousseur, mais revient aussitôt le passage d'une cannette effectué, par l'effet du ressort intérieur b^2 (fig. 16) monté sur l'axe de la pièce B^2.

Sous l'effort du pousseur, la cannette pleine appuie sur la cannette vide de la navette, fait céder les ressorts internes de celle-ci, qui laissent échapper la cannette à remplacer, à travers l'ouverture inférieure de la navette et l'entaille élargie du battant.

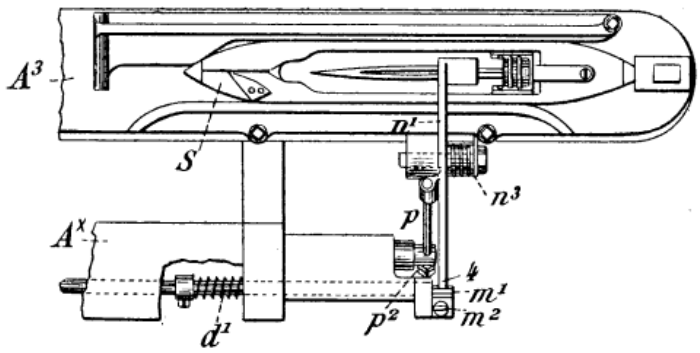


Fig. 17. — Sonde-cannette. Plan.

Puis le battant revient en arrière, le bras d^5 abandonne le rouleau E^5 et la pièce E^2 ouvre le passage de la navette; le contrepoids d^{10} ramène l'arbre d^1, le bras d^5 et le doigt d^7 dans leurs positions primitives.

Appareil sonde-cannette. — Avec le système décrit ci-dessus, comme avec tous les métiers en usage, la cannette n'est remplacée qu'après épuisement complet de la trame; aussi, dans la majorité des cas, cette trame prend-elle fin en un point quelconque de la largeur du tissu, au détriment de l'aspect et de la valeur du produit; de plus, cette fraction de duite n'étant pas tendue par la navette comme les duites précédentes, il en résulte des *vrilles*. L'ouvrier y remédie, pour les articles de bonne qualité, en *détissant*, après arrêt du métier, jusqu'à l'endroit où le défaut a eu lieu et en retirant à la main le bout de trame qui l'a causé. Il résulte de cette manœuvre des pertes de temps notables et une augmentation relativement considérable du prix de revient.

Afin d'obvier aux inconvénients signalés, les constructeurs du métier Northrop

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ont recours à un dispositif qui, lorsque la cannette est presque épuisée, ou défilée jusqu'en un point déterminé, fait agir le pousseur déjà décrit, pour remplacer cette cannette automatiquement.

Le déchet provenant des cannettes incomplètement épuisées est peu de chose, si l'on tient compte de l'économie de temps et du meilleur conditionnement du tissu;

Fig. 18.

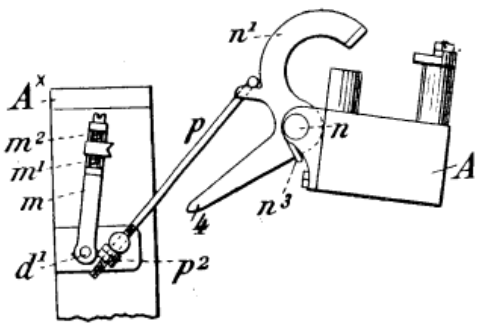


Fig. 19.

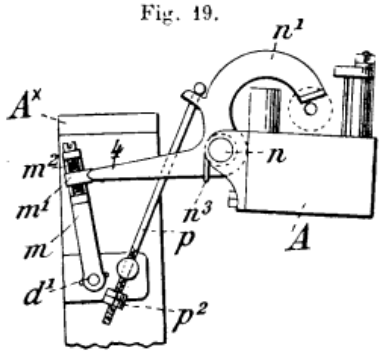


Fig. 21.

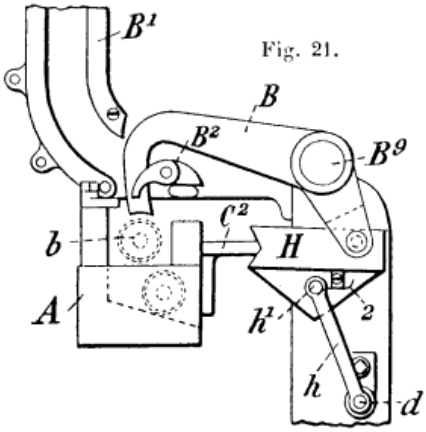


Fig. 20.

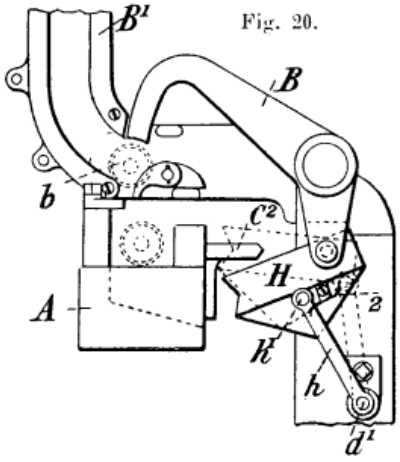


Fig. 18 à 21. — Détail de fonctionnement du sondeur et du pousseur.

d'ailleurs les restes de trame peuvent être utilisés dans la fabrication d'étoffes plus ordinaires.

Le même appareil n'est pas seulement applicable au métier Northrop, pour lequel il a été spécialement établi, mais à tous les métiers à tisser mécaniquement. Dans le dernier cas, au lieu d'actionner le pousseur, le *sonde-cannette* agit sur le débrayage pour déterminer l'arrêt du métier.

La figure 17 représente le *sondeur* en plan, la figure 19, le même, appuyé sur la cannette, et la figure 18, le sondeur relevé pour laisser libre le passage de la navette. Les figures 20 et 21 montrent le pousseur dans ses deux positions extrêmes, c'est-à-dire au repos et en action.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Sur l'arbre oscillant d' (fig. 17 à 19) est monté un bras m, terminé à la partie supérieure par un pas de vis m^2, qui sert à régler la hauteur du bloc m', encoché du côté du battant A. Le même battant est pourvu d'un support n, à l'intérieur duquel pivote l'axe du sondeur n'; la branche courbe de ce levier s'abaisse à travers la boîte à navette et à travers la navette même, pour s'appuyer sur la cannette lorsque le battant se rapproche de la poitrinière A*. En même temps la queue *4* du levier se relève. Toutefois, le réglage du bloc m' est tel que la pièce *4* passe en dessous, aussi longtemps que la cannette est suffisamment garnie. Lorsque le défilage de la trame est au point voulu, l'abaissement du sondeur fait relever *4* au niveau du bloc m'; la rencontre de ce buttoir détermine le déplacement angulaire du bras m et, par suite, de l'arbre oscillant d'.

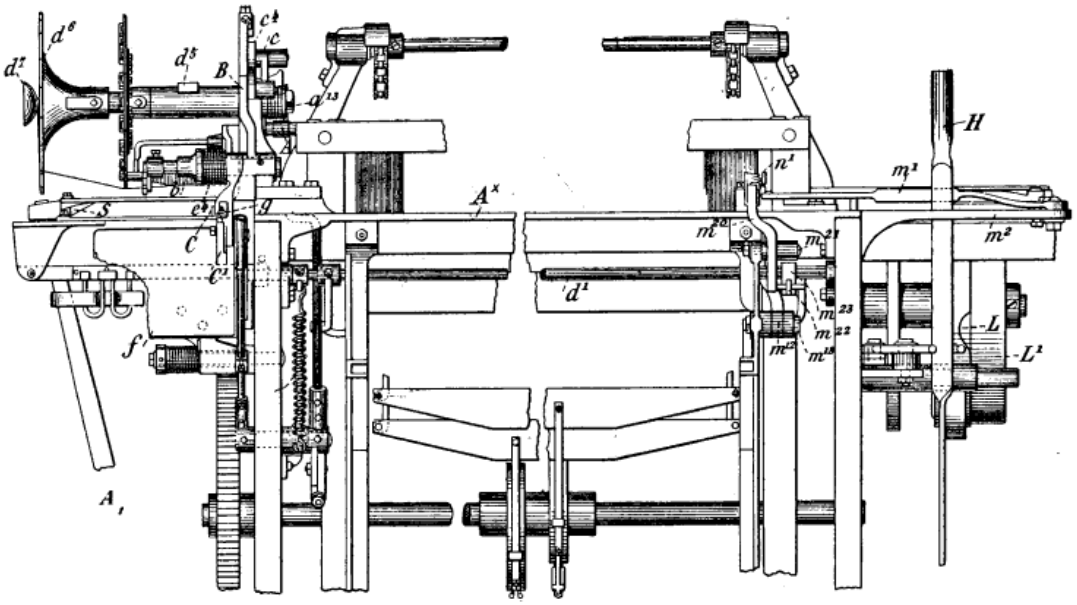


Fig. 22. — Métier à distributeur rotatif. Élévation.

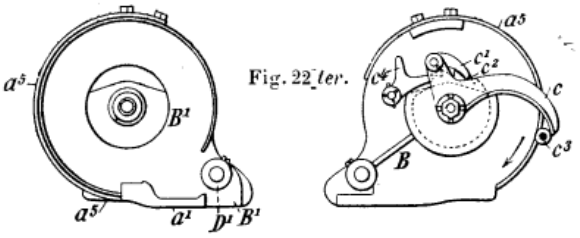
Ajoutons, avant de suivre les effets de ce déplacement sur le *pousseur*, qu'un ressort n^3 tend à appuyer la touche du sondeur sur la cannette (quel qu'en soit le diamètre) et que la tringle filetée p, fixée d'un bout à la poitrinière A*, de l'autre au battant A, a pour but de régler, au moyen des écrous p^2, l'amplitude d'oscillation du sondeur.

En pivotant comme il vient d'être dit, l'arbre d' fait osciller, d'autre part, le levier h (fig. 20 et 21) muni, à la partie supérieure, d'une cheville ou doigt h'; ce doigt presse sur une lame élastique *2*, vissée par le milieu sur la pièce H et la dépasse à droite, puis, en revenant vers la gauche, glisse sous le ressort *2* de manière à relever H horizontalement (fig. 21). Dans cette situation, le buttoir C^2 du battant A rencontre l'encoche de H, repousse cette pièce, et amène le pousseur B de la position de repos, figure 20, dans la position de la figure 21, c'est-à-dire que le pousseur s'abaisse et opère le changement de cannette, comme on l'a vu antérieurement.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il est aisé de comprendre sans figures, qu'au lieu d'agir sur le pousseur, le déplacement angulaire de l'arbre *d'* peut, d'une façon analogue, déterminer le débrayage automatique d'un métier à tisser de construction ordinaire.

Distributeur de cannettes rotatif. — On a vu plus haut que, dans les premiers métiers



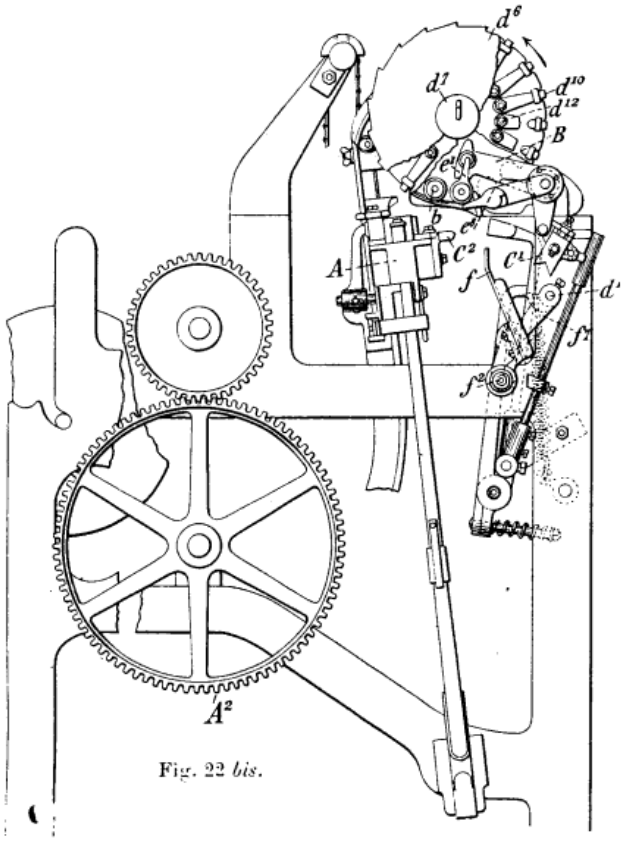


Fig. 22 *bis*.

Fig. 22 *bis* et 22 *ter*. — Métier à distributeur rotatif. Vue par bout et détails.

Northrop, les cannettes étaient simplement engagées entre deux coulisses verticales fixes et arrivaient successivement sous le *pousseur* par l'effet de leur poids, c'est-à-dire en glissant et roulant de proche en proche. Il résultait de cette disposition que lesdites cannettes ne se présentaient pas toujours comme il eût fallu pour se bien loger dans la navette.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les constructeurs établissent maintenant le magasin distributeur tel que le représentent les figures 22 à 25. Il se compose essentiellement de deux disques B^1 B^2 (fig. 22, 23, 24 et 25). Le moyeu du disque B^1 est creux et se prolonge vers l'intérieur, sous forme de manchon, pour recevoir le disque B^2, fixé par une vis. La clé d^5, engagée dans une rainure annulaire du manchon, permet la rotation mais non le glissement latéral du barillet ainsi constitué. Sur le même manchon, au delà du disque B^2, une plaque circulaire d^6 (fig. 22 et 23) est munie, à la circonférence, d'entailles en dents de scie régulièrement espacées et de nombre égal à celui des cannettes, afin de guider sans emmêlage les bouts de trame jusqu'au bouton central d^7, autour duquel les fils sont attachés.

Le plateau d du disque B^1 comporte une série d'encoches arrondies (voir fig. 24), dans lesquelles s'engagent librement les embases des cannettes; une lame élastique a^5 (voir fig. 22 *ter*), vissée au pourtour du disque B^1, maintient ces embases, pendant la rotation du barillet, jusqu'à l'endroit déterminé pour la prise de la première cannette.

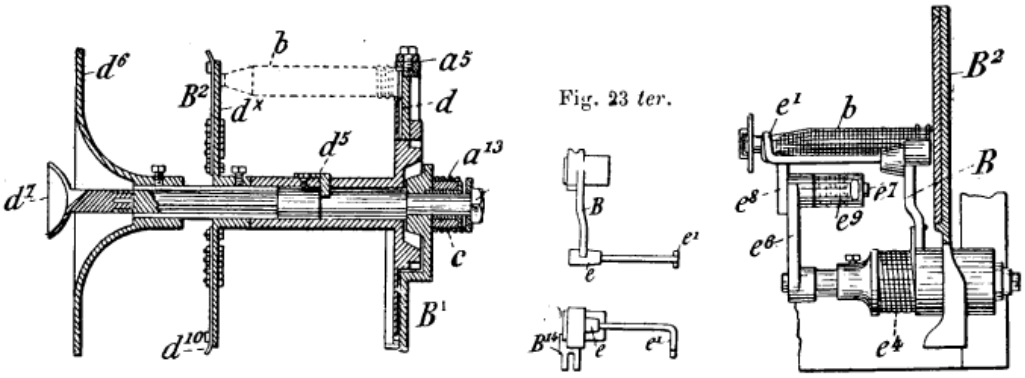


Fig. 23 et 23 *bis*. — Détail du distributeur rotatif.

Le plateau opposé d^* (fig. 25) présente une succession d'encoches symétriques, destinées aux pointes des cannettes; de ce côté, chaque trame est tenue par la friction d'une lame élastique d^{10}, fixée par une vis.

Les encoches se correspondent exactement, de sorte que les cannettes, prises des deux bouts, sont transportées parallèlement à elles-mêmes, sans frotter les unes contre les autres, sans que le départ de l'une ait aucune action sur la suivante.

Chaque fois que le pousseur a fonctionné, la première cannette à prendre est amenée contre l'arrêt a' (fig. 22 *ter*) par l'intermédiaire du ressort a^{13} (fig. 23) monté sur le moyeu du barillet et pressant sur le porte-cliquet c (fig. 22 *ter*). Sous l'action du ressort, le cliquet s'engage dans la denture c^2, solidaire du plateau d, et fait tourner le barillet d'une division dans le sens des flèches des figures 22 *bis* et 22 *ter*. Porte-cliquet et cliquet sont actionnés en sens contraire par le rouleau c^3, fixé au battant du métier, mais le cliquet c' reste toujours en prise grâce à la détente c^4 réglée par un ressort hélicoïdal, de manière à empêcher le détour du barillet.

Perfectionnements au pousseur et guidage de la cannette neuve. — Le pousseur a été complété per un talon e (fig. 23 *ter*) qui, à proximité du plateau d, appuie sur l'embase

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de la cannette ; ce talon se prolonge par une tringle ou fourche e' (fig. 23 *bis* et 23 *ter*), de manière à embrasser la pointe de la cannette et à transférer celle-ci du magasin à la navette, sans en modifier la position. Le moyeu du pousseur est enveloppé par un ressort e^4 (fig. 23 *bis*) qui tient le pousseur relevé aussi longtemps que cet organe ne doit pas fonctionner.

Sur l'axe du pousseur, mais à l'extrémité opposée, la figure 23 *bis* laisse voir un bras e^6, qui porte un prisonnier e^7 ; cette pièce sert de support au doigt métallique e^8 qui, en marche normale, est levé (comme dans la figure 26) par le ressort e^9 indiqué en lignes ponctuées sur la figure 23 *bis*.

Dès que le pousseur agit, la cannette nouvelle rencontre le doigt e^8 et l'abaisse fig. 27) de manière à l'engager partiellement dans la navette située immédiatement

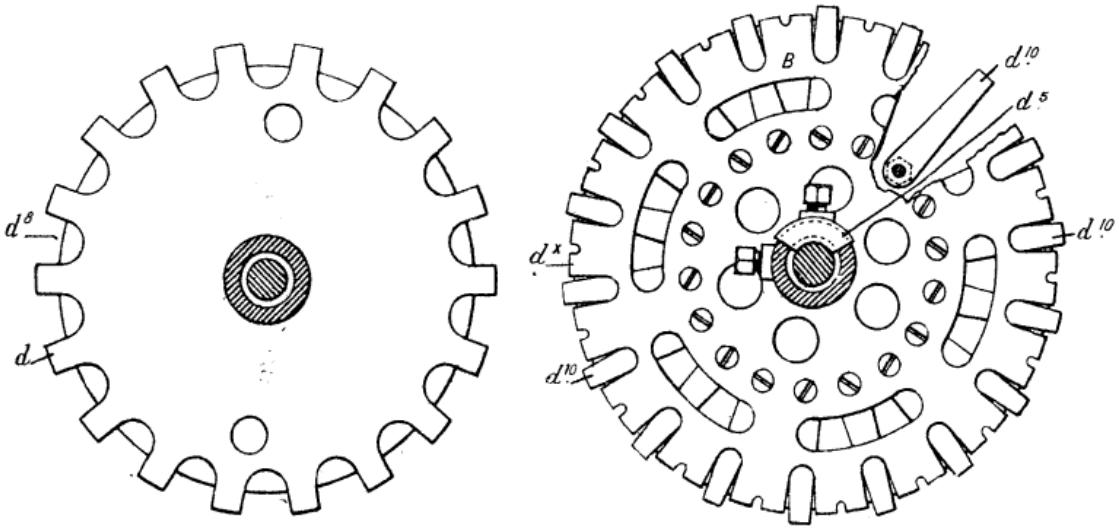


Fig. 24 et 25.

(au-dessous (fig. 28) ; ce doigt guide ainsi la pointe de la cannette et en règle la position à l'intérieur de la navette.

Aussitôt la cannette en place, le pousseur se relève, le battant s'écarte de la poitrinière et le doigt, dégagé par ce déplacement, revient à sa position initiale sous l'action du ressort e^9 ; au cours de cette évolution, la saillie e^{10} rencontre l'arrêt e^{12} du bras e^6, qui retient le doigt un peu au-dessous de la pointe de la cannette suivante.

Guidage de la cannette vide. — Lorsque la cannette à remplacer a été projetée hors de la navette, il importe de ne pas la laisser sur le parcours du sabre chasse-navette. Dans ce but, un plan incliné, ou *chute f* (fig. 26 et 26 *bis*) s'avance vers le battant au moment où le pousseur B commence à s'abaisser, puis revient avec le battant tandis que celui-ci achève son mouvement vers la poitrinière et que s'accomplit l'éjection de la cannette vide.

La chute f, de préférence en tôle, est vissée ou rivetée sur un bras f^1 manchonné autour du prisonnier f^2 ; un ressort-spirale f^3, monté sur le même axe (fig. 26 *bis*), tend à incliner le bord supérieur de la tôle vers le battant. L'amplitude de ce mouvement

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

est limitée par un doigt f^4, qui butte contre le bras f^5 tournant librement sur le prisonnier f^2. D'autre part, la pièce f^5 est percée d'une ouverture f^6 formant came (fig. 26 *ter*) et traversée par une goupille f^8; la goupille est solidaire du bras f^7, calé sur l'arbre à mouvement oscillant d' du casse-trame.

Si le tissage s'effectue normalement, la goupille f^8 reste au bas de la fenêtre f^6 et, sous l'action du ressort f^3, la *chute* demeure écartée du battant.

Si, au contraire, la duite vient à manquer, l'arbre d' se trouve enclenché, le bras f^7 se déplace légèrement, la goupille f^8 glisse dans f^6 et fait pivoter la *chute* vers le battant, de manière à l'y appuyer et à la maintenir exactement au-dessous de la boîte à navette. Le battant pousse la chute devant lui en comprimant le ressort f^3 et la can-

Fig. 26.

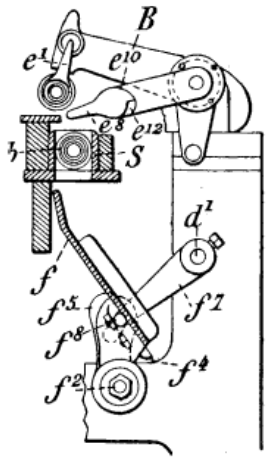


Fig. 27.

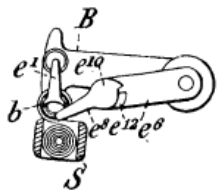


Fig. 28.

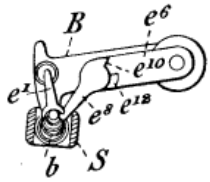


Fig. 26 *bis*.

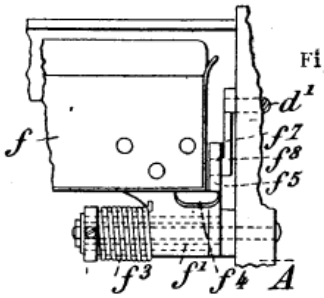


Fig. 26 *ter*.

Fig. 26 à 28. — Guidage de la canette vide.

nette éjectée glisse sur le plan incliné, qui la conduit directement dans un récipient spécial.

Désembrayage à deux degrés. — La commande du pousseur, la forme et la disposition des leviers reliés à cet organe, ont subi des variantes n'apportant aucune modification essentielle aux mécanismes dont le but et le fonctionnement ont été successivement indiqués; il serait superflu d'insister sur des détails qui n'ajoutent rien à l'ingéniosité du nouveau métier. Il n'en est pas de même du dispositif que nous appelons désembrayage *à deux degrés* et qui, en effet, n'arrête pas le métier tout d'abord, à défaut de trame, mais seulement dans le cas où, après remplacement de la cannette usée par une cannette neuve, la dernière ne donne pas satisfaction.

Il pourrait arriver que par suite d'un mauvais réglage ou d'un déréglage, l'enfilage de la trame à travers l'œil de la navette vînt à rater plusieurs fois de suite. En l'absence de contrôle automatique, le pousseur remplacerait alors, à chaque fois, la dernière cannette fournie par une nouvelle, épuiserait l'approvisionnement du magasin distributeur en quelques instants et laisserait le métier battre à vide. Le perfectionne-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ment dont il s'agit oblige à rappeler succinctement la disposition générale et certains détails connus du *casse-trame*.

Sur la poitrinière est fixé l'appareil (fig. 22, 29, 30 à 34) dont la fourchette coudée d'équerre m^7 est de la forme accoutumée. Lorsque, n'étant pas maintenue en équilibre par la duite, cette fourchette bascule autour de son axe, l'étrier m^8, qui ferme la double branche horizontale, s'accroche au talon m^9, articulé à l'extrémité supérieure du levier

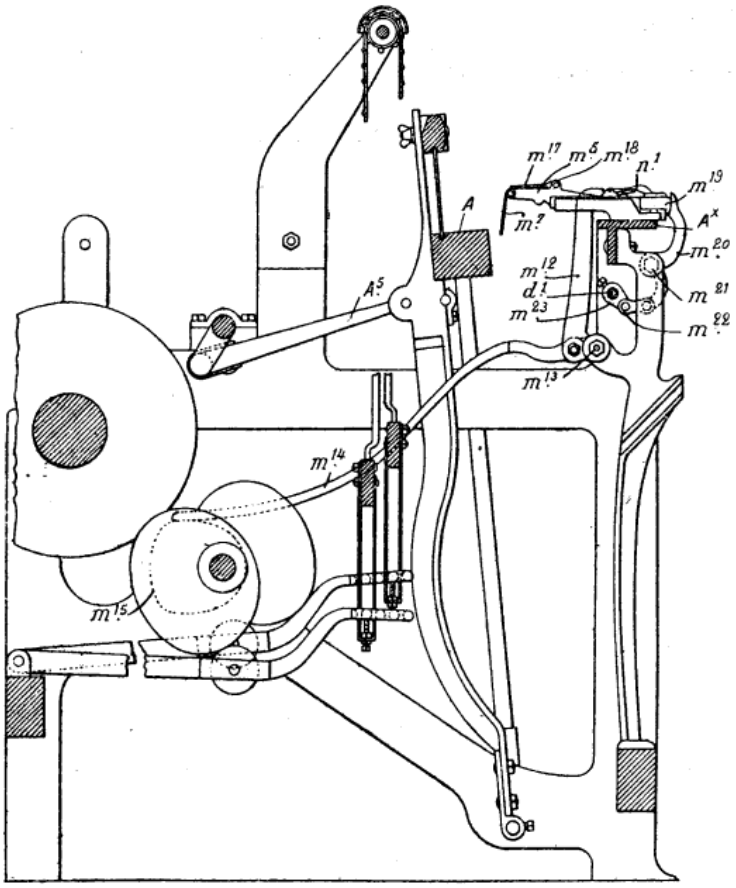


Fig. 29.

m^{12} dit *marteau*. Le marteau, pivotant en m^{13} (fig. 30 et 31), porte un bras d'équerre m^{14} qui, à chaque course du battant, est actionné par la came m^{15} (vue en pointillé dans la figure 29) et imprime ainsi au crochet m^9 un mouvement de va-et-vient horizontal ; le même crochet glisse sur l'appui m^{16} (fig. 32).

Lorsque, par suite du manque de trame, la fourchette a été accrochée comme il a été dit plus haut, la pièce à coulisse m^5, qui la porte, se trouve simultanément entraînée vers l'avant du métier. Or, du bout opposé, extérieurement à la poitrinière, cette coulisse présente une saillie arrondie m^{19}, contre laquelle presse le levier m^{20}, articulé en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

m^{21} sur le bâti latéral. Ledit levier est relié par un maillon m^{22} avec le petit bras m^{23}, qui lui-même est calé sur l'arbre oscillant d'.

La situation de ces diverses pièces, lorsque le métier tisse normalement, est représentée dans la figure 30. On remarque en n' une sorte de clenche, munie en dessous d'un bossage n^2; l'extrémité libre de cette clenche peut, en s'abaissant derrière le buttoir m^{19}, repousser le levier m'.

D'un autre côté, la coulisse m^5 est évidée de manière à loger un coin n^3, dont la forme apparaît bien dans la figure 32; le dessus de ce coin est pourvu d'une saillie, destinée à compléter l'effet du bossage n^2 de la clenche n'. L'extrémité de la même

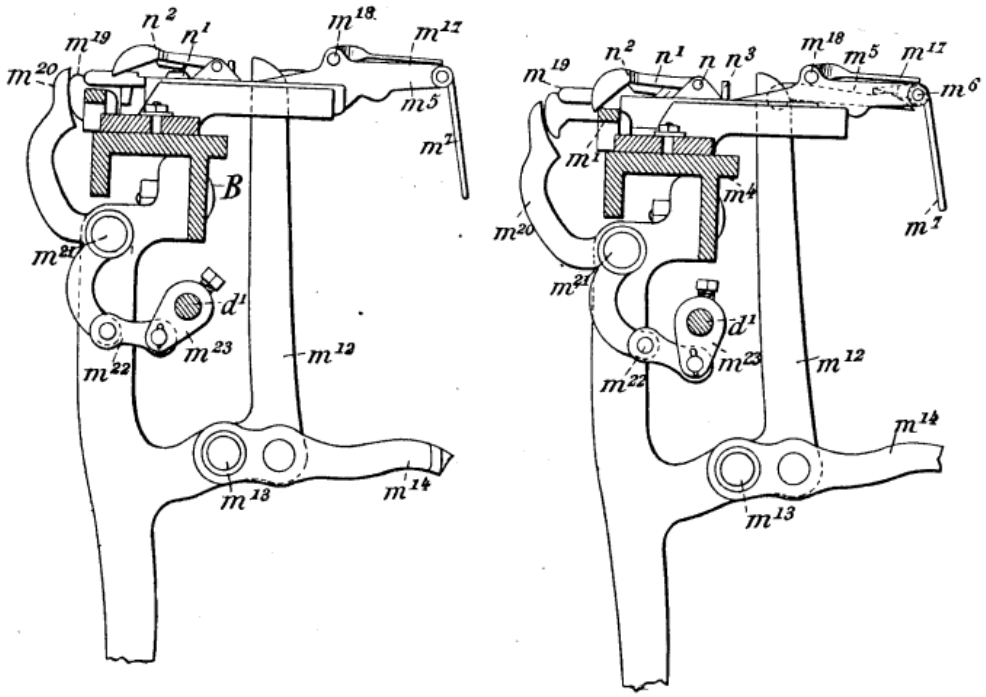


Fig. 30 et 31.

pièce la plus rapprochée du marteau m^{12} est relevée d'équerre (fig. 33); l'extrémité opposée est, au contraire, coudée vers le bas.

Supposons donc une cannette vide, la fourchette basculée et saisie par le talon du crochet, la pièce à coulisse entraînée dans le mouvement du *marteau*.

L'équerre inférieure du coin n^3 rencontre l'épaulement n^4 du support m^4 (fig. 33), le coin s'arrête et le bossage de la clenche n^1 passe par-dessus; l'extrémité libre de la clenche s'abaisse donc comme dans la figure 31, en arrière de m^4.

Le levier m^{20} pivote alors (voir même figure) et imprime à l'arbre d^1 un mouvement angulaire qui, par l'intermédiaire du bras h (fig. 21) situé au bout opposé et précédemment mentionné, relève le buttoir correspondant à la commande du *pousseur*.

Si tout se passe bien, si, la nouvelle cannette dûment mise en place, la trame s'est trouvée enfilée dans l'œil de la navette et si la duite a été convenablement insérée à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

travers les fils de la chaîne, la fourchette du casse-trame est de nouveau tenue en équilibre, le marteau reprend son mouvement alternatif et ramène la pièce à coulisse en arrière. Au moment où, au cours de cette oscillation, l'extrémité supérieure du marteau revient vers la poitrinière, elle rencontre l'équerre intérieure du coin n^3 et fait glisser le bossage dudit sous le renflement de la clenche n^1, pour relever celle-ci dans la position de la figure 30.

Au contraire, dans l'hypothèse où le fil de trame ne passe pas contre la fourchette du casse-trame, le talon du crochet m^9 s'engage de nouveau dans l'étrier de la fourchette et entraîne la pièce à coulisse une seconde fois; la clenche du coin étant abaissée, son épaisseur s'ajoute à la course de la coulisse; le buttoir m^{19} est donc refoulé

Fig. 32.

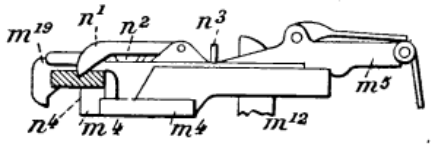


Fig. 33.

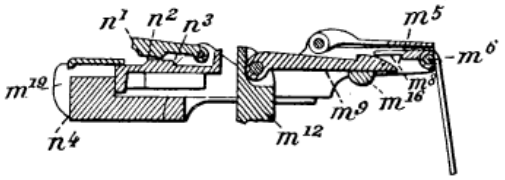
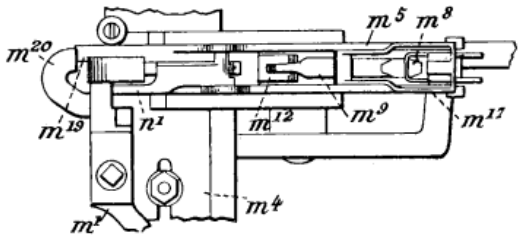


Fig. 34.



au delà du point correspondant à la mise en action du pousseur et, par l'intermédiaire de la lame à ressort m^1 (fig. 22), dégage la tringle de débrayage H et fait passer la courroie de commande de dessus la poulie fixe L sur la poulie folle L'.

Débrayage casse-chaîne. — Les avantages du métier Northrop eussent été singulièrement amoindris si, aux appareils contrôleurs de la trame, les constructeurs n'avaient ajouté des mécanismes *casse-chaîne* produisant l'arrêt du métier lorsqu'un fil de chaîne fait défaut.

L'ensemble du premier dispositif breveté se voit dans la figure 35 en coupe et en élévation; la figure 36 est une coupe à plus grande échelle des parties essentielles du casse-chaîne, et la figure 37, un plan des mêmes détails.

Deux cames, 100 et 101, calées sur un arbre commun, actionnent alternativement les *marches* 102 et 103 reliées par des chapes réglables 105 aux lames transversales 110 et 112. Sur ces lames sont fixés des montants 106 et 107, qui supportent les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lames supérieures 108 et 109 parallèles aux premières. Les deux jeux de lames se trouvent solidarisés par les chaînes 113 engrenant avec les roues dentées 115.

Aux lames 108 et 109 sont suspendues des tiges métalliques 117 et 118 dites *detectors*, de même *compte* que la chaîne; chaque tige est percée, vers le centre, d'un trou circulaire ou *œil* pour le passage du fil correspondant *w* et, vers le haut, d'une fente verticale ou coulisse plus longue que la hauteur des lames 108 et 109. Il résulte de cette disposition que les lames descendues au bas de leur course ne supportent pas les *détecteurs*, exclusivement soutenus par les fils qui les traversent.

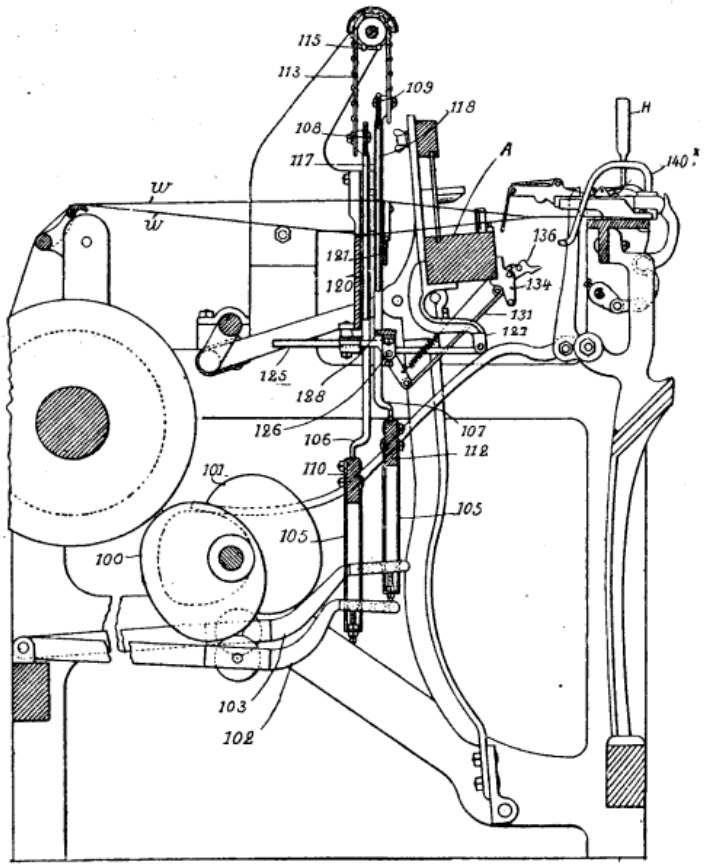


Fig. 35. — Détail du casse-chaîne. Élévation. Coupe.

Les extrémités inférieures des mêmes tiges passent librement entre deux traverses-guides 120 et 121, fixées aux flasques latérales du bâti et destinées à maintenir la nappe des fils de chaîne à une hauteur uniforme, à en empêcher le plongement.

En arrière du guide 120 sont des coussinets 125, reliés par des articulations métalliques aux consoles 127 du battant. Dans les coussinets 125 passe l'arbre oscillant 126, qui porte une sorte de peigne à dents de scie 128; les dents évitent la torsion des détecteurs, lorsque, à la suite des ruptures de fils, ces tiges tombent et rencontrent le peigne oscillant.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

A l'un des bouts de l'arbre 126 se voit le bras 130, relié par une tringle 131 à une griffe-étrier 132, qui peut pivoter autour de l'axe 133.

Sur le support de cet axe (fixé au battant A) est en outre monté un *chien* 136 vu de face et par côté en 36 *bis*, armé d'une goupille 137 et d'un cran 138. La goupille 137 est solidarisée avec le bras 130 par la tige 139 et le ressort 140.

Le ressort se trouve distendu lorsque le chien s'abaisse comme il est indiqué en lignes pleines (fig. 35) et en traits ponctués (fig. 36), c'est-à-dire lorsqu'il est enclenché par la griffe 132.

Pendant le tissage, les lames 108 et 109 soulèvent successivement les deux groupes de détecteurs en agissant à la partie haute des coulisses verticales ménagées à travers ces tiges.

Supposons la lame 109 levée, les tiges 118 ont soulevé les fils de chaîne correspondants à la partie supérieure du *pas* (fig. 35) tandis que les tiges 117 restent suspendues aux fils baissés, l'œil de ces détecteurs se trouvant au niveau du bord supérieur des traverses-guides 120 et 121 et les fentes supérieures des mêmes tiges 117 laissant un espace vide au-dessus de la lame 108, comme l'indiquent les lignes ponctuées de la figure 36.

Dans ces conditions, aussi longtemps qu'il ne se produit pas de rupture, le peigne 128 oscille au-dessous des fils de chaîne.

Si un fil casse, la tige 117 correspondante tombe entre les guides 120 et 121 de manière à achevaler la lame 108 (voir les traits pleins de la fig. 36), et cette différence de niveau suffit pour que le bas du détecteur rencontre le peigne 128 en même temps que le battant A s'écarte de la poitrinière. Le peigne ainsi butté imprime à l'arbre 126 un déplacement angulaire, qui réagit sur la tringle 131 dans le sens des flèches (fig. 36), et, en faisant pivoter la traverse 134 de la griffe 132, dégage le cran 138 du chien 136. Le dernier, sollicité par le ressort 140, se relève dans la position en traits pleins de la figure 36; au retour du battant, le chien 136 frappe le talon de la pièce 140^x, dégage ainsi le levier de débrayage H pour faire passer la courroie de commande sur la poulie folle, et le métier s'arrête.

Avant d'indiquer une variante de ce casse-chaîne également brevetée par les constructeurs américains, il nous paraît strictement équitable de rappeler qu'une solution analogue fut mise en pratique, il y a près de trente ans, par un de nos compatriotes. Voici, en effet, ce que nous écrivions dans le *Moniteur des tissus*, à la daté du 15 juillet 1869, sous le titre de : *Casse-fil chaîne pour tissage mécanique :*

« Depuis longtemps les métiers à tisser automatiques sont pourvus d'appareils dits casse-trame qui effectuent spontanément le débrayage lorsqu'une duite vient à manquer, soit que le fil se trouve rompu par une cause quelconque, soit que la cannette soit épuisée. Depuis longtemps aussi les constructeurs ont cherché à compléter l'automatisation du tissage en établissant un mécanisme capable d'arrêter le métier lorsqu'un fil de chaîne fait défaut. Mais à la difficulté de ne point compliquer le métier, qui doit être simple pour fonctionner vite et bien, s'ajoute la multiplicité des éléments, variables suivant le montage du tissu. *M. Jules Rousseau*, directeur d'un tissage de velours de coton à Amiens, semble avoir résolu le problème.

« Le casse-chaîne, que nous avons vu fonctionner sur une centaine de métiers de largeurs et d'armures diverses, présente tout d'abord l'avantage de ne point exiger un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

débrayage spécial. Chaque fil passe dans une sorte de maillon supplémentaire dont la forme est étudiée pour prendre peu de place et ne point fatiguer la chaîne; tous ces maillons sont groupés à l'endroit de l'*envergeure*, en deux ou trois rangées, selon le compte du tissu et, loin de causer un embarras, facilitent la recherche des bouts cassés.

« Lorsqu'un fil se rompt, le maillon auquel il correspond tombe, mais reste suspendu sur une tringle placée à une petite distance; toutefois ce déplacement suffit pour former obstacle à une plate-bande métallique oscillant dans toute la largeur du métier et équilibrée par un contrepoids. Dès qu'il y a résistance, le contrepoids bascule et, par un renvoi de levier articulé, appuie sur l'extrémité de la fourchette casse-trame qui produit le débrayage, comme lors de la rupture d'une duite. »

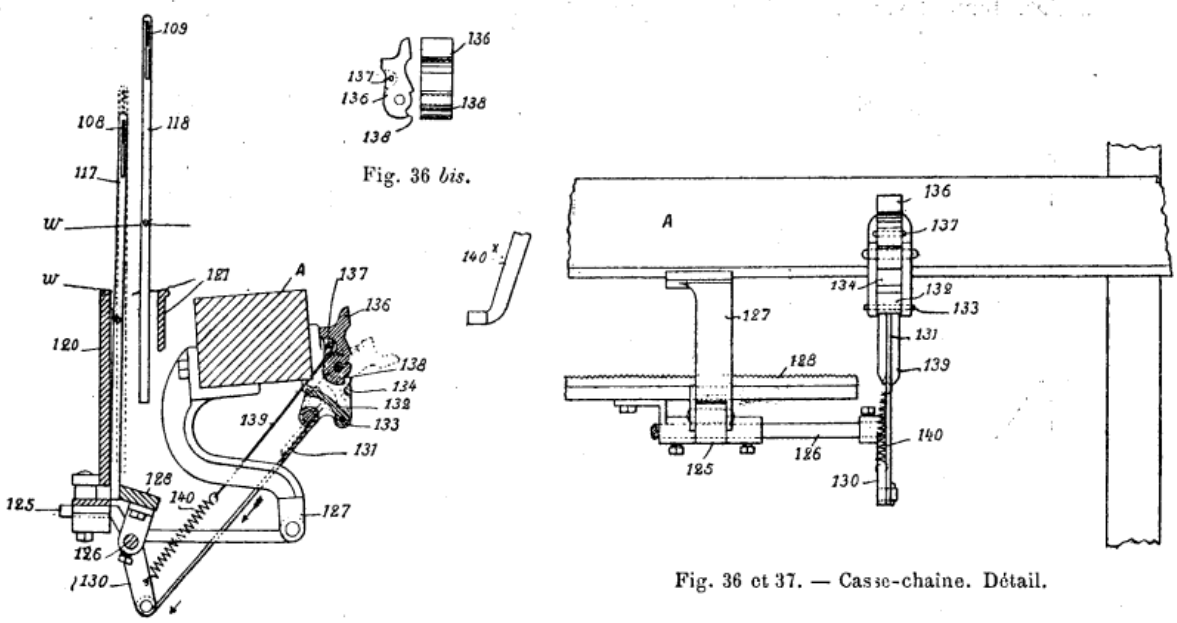


Fig. 36 *bis*.

Fig. 36 et 37. — Casse-chaîne. Détail.

Cette citation n'a point seulement pour but de rendre hommage, — dans l'intérêt de la vérité historique et de la justice, — à l'inventeur français du casse-chaîne, mais de montrer que notre compatriote avait résolu le problème d'une façon peut-être plus complète que les constructeurs américains. Dans le système de M. Rousseau, en effet, le fil cassé, quelle qu'en fût la situation, déterminait immédiatement l'arrêt du métier; dans le premier dispositif adapté au métier Northrop, les *détecteurs* agissent seulement en cas de rupture d'un fil baissé; toutes les tiges qui participent à l'ascension d'une lame se trouvent soulevées et maintenues au-dessus du peigne oscillant. Quand bien même un fil de chaîne se trouverait cassé au cours de ce déplacement, l'accident n'occasionnerait la chute du détecteur correspondant et le fonctionnement du débrayage qu'à la descente ultérieure de la même lame.

Le dernier dispositif qu'il reste à examiner agit inversement : le casse-chaîne détermine l'arrêt du métier lorsqu'un fil se rompt pendant la levée,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La figure 38 est une section de la poitrinière B et du battant A avec les détails du casse-chaîne; la figure 39 montre en élévation et de face les mêmes détails, relevés à droite de la ligne x (fig. 38) ; la figure 40 représente, à une échelle agrandie, un détecteur isolé; enfin la figure 41 est une coupe du battant laissant voir un détecteur tombé et butté contre la règle oscillante.

Au-dessous de la poitrinière se voit, en lignes ponctuées (fig. 39), l'arbre a^1 dans ses supports. Cet arbre porte un bras recourbé a^2, qui appuie contre la tringle de débrayage H et se termine, du bout opposé, par une tige rectiligne a^3, normalement verticale (voir fig. 38).

Le battant A, le peigne ou rôt C et son chapeau C', n'offrent aucune particularité. Derrière le chapeau C' une traverse vissée d et derrière le battant A un peigne d^1, percé d'ouvertures proportionnées à la section des détecteurs, maintiennent ces tiges à l'écartement voulu. Les détecteurs présentent de longues entailles e^1 sur un bord et, à la partie supérieure, des talons e^2 destinés à empêcher la chute des tiges hors du battant.

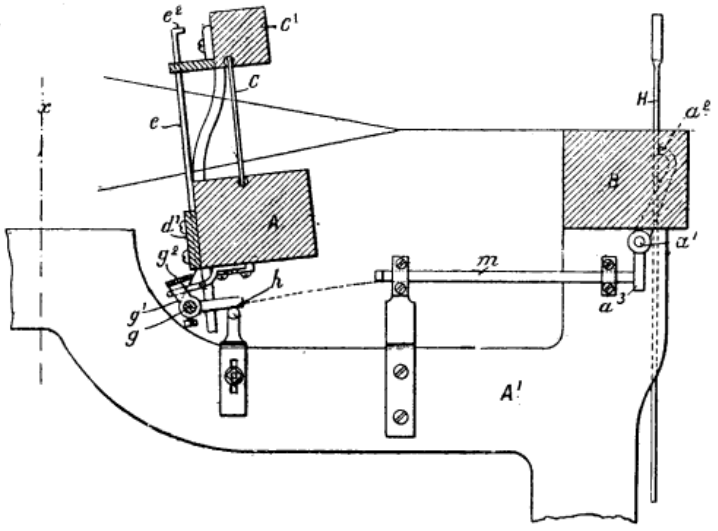


Fig. 38.

Sous cette même pièce, des coussinets reçoivent l'arbre oscillant g, dont les bras g^1 portent une règle plate en acier. Du côté opposé aux bras g^1 existe une sorte de dague h.

Les fils de chaîne passent comme à l'ordinaire de l'ensouple dans les maillons du *harnais*, s'ouvrent et se ferment au moyen d'un mécanisme connu de *lève-et-baisse*.

A la sortie du harnais, — qui n'a pas été dessiné pour simplifier les figures, — les fils se dirigent à travers les ouvertures e^1 des détecteurs et, de là, entre les dents du peigne usuel C (fig. 38).

La longueur des encoches e^1 a été calculée pour permettre l'ouverture entière du *pas* et l'entre-croisement de deux fils, ou plus, contenus dans une *brochée* suivant la nature du tissu.

Lorsque des fils lèvent, ils agissent à la partie supérieure des évidements e^1, entraînent les tiges de manière à ce que le pied de ces détecteurs passe au-dessus de la règle g^2. Mais si l'un des fils levés casse, la tige correspondante n'étant plus soutenue tombe devant la règle et empêche la dernière d'osciller vers le front du battant. Cette buttée fait relever la dague h, qui vient frapper en bout la tringle m et, par l'intermédiaire de ladite tringle, repousse le levier a^3. En pivotant autour de a^1, a^3 presse avec la contre-partie a^2 sur la tringle H, qu'elle dégage du cran d'embrayage ; le métier s'arrête comme il a été expliqué à l'occasion du premier dispositif.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le métier Northrop, dont nous avons essayé d'indiquer les éléments originaux, les combinaisons ingénieuses, n'est plus une machine à l'essai; dès 1896 l'industrie cotonnière des États-Unis possédait 8 000 exemplaires du type nouveau et s'en déclarait satisfaite. C'est encore un pas dans la voie du machinisme, si diversement apprécié au point de vue économique et social. Les uns voient dans ce développement incessant de l'outillage automatique un moyen d'émancipation pour l'ouvrier et de bien-être général, parce que le relèvement des salaires va de pair avec la réduction des prix de revient; les autres estiment que les progrès mécaniques entraînent, en même temps que la surproduction, la raréfaction de la main-d'œuvre et ont, de plus, le grave inconvénient de mettre à la disposition de pays neufs des outillages qui n'exigent pas l'habileté professionnelle des artisans de la vieille Europe. La question est trop complexe pour être traitée incidemment.

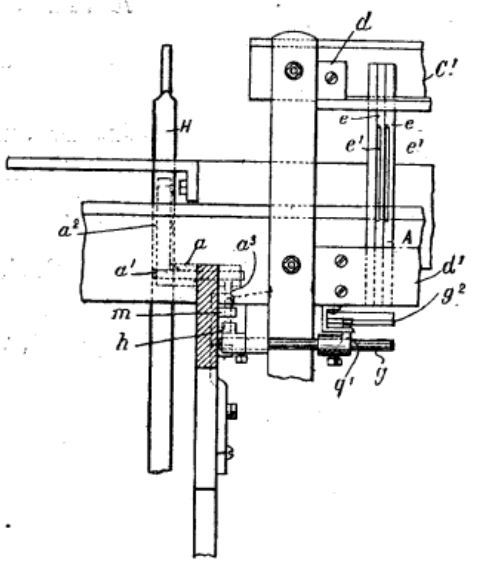


Fig. 39.

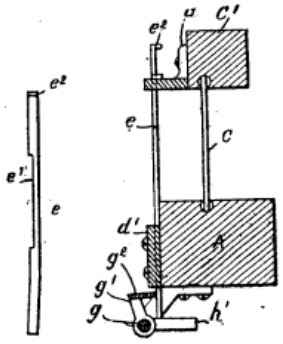


Fig. 40 et 41.

Nulle volonté, d'ailleurs, ne saurait mettre obstacle à l'évolution dont nous sommes témoins. L'automatisation absolue du tissage mécanique ne se limitera pas aux ateliers américains, que notre éminent collègue M. Levasseur nous montrait récemment peuplés d'engins et à peu près vides d'ouvriers; le métier nouveau ne se bornera sans doute pas à la fabrication des cotonnades. Il importe d'éviter les surprises, et, dans l'intérêt commun des chefs d'industrie et des salariés, de parer aux périls des transitions brusques. Tel est le motif qui nous a dicté cette étude.

En terminant un rapport sur le même sujet, M. Victor Schlumberger disait au Comité de mécanique de la Société industrielle de Mulhouse (1) :

Caveant consules!

Ce sera également notre conclusion. Prenons garde, mais allons de l'avant!

(1) *Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse*, avril, 1897.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS CHIMIQUES

RECHERCHES EXPÉRIMENTALES SUR LES VERRES, EXÉCUTÉES SOUS LA DIRECTION DU *Comité des Arts chimiques* DE LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT, PAR **M. L. Grenet**, *ingénieur civil des mines* (1).

Le but des recherches que la Société d'Encouragement m'a fait l'honneur de me confier est de déterminer les relations qui rattachent à la composition chimique du verre ses propriétés les plus importantes :

Dilatation,
Fusibilité,
Ténacité,
Réfrangibilité,
Altérabilité.

La partie relative aux dilatations, que j'ai exécutée en collaboration avec mon camarade M. Chatenet, est actuellement terminée. Avant d'en exposer les résultats, je dois remercier MM. Haton de la Goupillière et Carnot, qui ont mis à ma disposition toutes les ressources des laboratoires de l'École des mines; M. H. Le Chatelier, qui m'a constamment dirigé dans ce travail, et M. Damour, aux conseils de qui j'ai eu souvent recours.

PREMIÈRE PARTIE

ÉTUDE DES DILATATIONS

§ 1. — *Intérêt de la question. — Travaux antérieurs.*

Il est très utile de connaître exactement le coefficient de dilatation du verre toutes les fois qu'on veut le souder à un autre corps (émail pour métaux, couvertes céramiques) ou à un autre verre de composition chimique différente (verre soudé, verre doublé).

Il n'a été fait, jusqu'ici, sur la dilatation des verres qu'un très petit nombre de travaux; nous devons citer :

Les mesures de Fizeau, consignées dans l'*Annuaire du Bureau des longitudes;*

Les mesures effectuées par M. Schott, dont les résultats ont été traduits par

(1) Les ressources nécessaires pour cette étude ont été gracieusement mises à la disposition de la Société d'Encouragement par M. de Gournay, gérant de la Compagnie des Mines et propriétaire des Verreries de Blanzy, M. Solvay et la Compagnie de Saint-Gobain.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. Chatenet au *Bulletin de la Société d'Encouragement* de septembre 1895.

Enfin, dans son travail sur les couvertes céramiques, publié au *Bulletin de la Société d'Encouragement* de février 1897, M. Damour donne la dilatation d'un certain nombre de couvertes.

Mais, à part ces dernières, où l'influence de l'addition de divers éléments a été étudiée d'une façon systématique, les autres expériences n'ont porté que sur des verres très complexes et pris au hasard; on n'en pouvait tirer aucune indication générale.

Il est facile de se rendre compte de la différence de dilatation permise entre un émail et le corps à émailler.

Supposons l'émail appliqué sur un corps moins dilatable que lui et assez épais pour que la déformation élastique qu'il éprouve sous la réaction des tensions de la couverte soit négligeable. La tension de l'émail résultant de l'inégale dilatation des deux corps sera donnée par l'équation :

$$1 - \Delta\,(T - t) = [1 - \delta\,(T - t)]\,(\frac{R}{E} + 1)$$

Δ, Coefficient de dilatation du corps à émailler;

δ, Coefficient de dilatation de l'émail;

T, Température à laquelle l'émail ne peut plus se déformer sans garder une tension permanente; cette température est comprise entre la température de recuit et celle où le verre cesse de se tremper;

t, Température la plus basse à laquelle est porté le corps émaillé;

R, Tension de l'émail;

E, Coefficient d'élasticité de l'émail.

De cette équation, on tire :

$$\delta - \quad = \frac{R}{E}\,\frac{1 - \delta\,(T - t)}{T - t}$$

Ou sensiblement, en négligeant le terme δ (T-t) qui est très petit par rapport à l'unité :

$$\delta - \Delta = \frac{R}{E\,(T - t)}$$

En donnant à R sa valeur maxima, qui est l'effort de rupture, et E, δ, et T, leur valeurs trouvées par l'expérience pour le verre blanc ordinaire.

$$R = 3$$
$$E = 7000$$
$$T - t = 600$$

On obtient, pour le plus grand écart de dilatation pouvant exister sans rupture, sans tressaillement de la couverte :

$$\delta - \Delta = 72 \times 10^{-8}$$

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pour les métaux, la dilatation de l'émail est presque toujours trop faible. Ce n'est plus alors la résistance à la traction, qui est en jeu, mais la résistance à la compression, toujours beaucoup plus élevée (environ 60 kil. au lieu de 3 kil.); on n'a donc plus à craindre la rupture directe de l'émail; néanmoins, si la tension provenant de la différence de dilatation est trop forte, l'adhérence de l'émail à la fonte peut être insuffisante pour y résister, et l'émail se détache par morceaux, s'écaille.

La dilatation des fers, fontes et aciers, varie entre 1000×10^{-8} et 1200×10^{-8}.

L'émail de la bombe Malher de l'école des Mines a pour coefficient de dilatation 816×10^{-8}; malgré cette différence relativement grande avec la dilatation de l'acier, il est jusqu'ici en parfait état.

Il est donc certain qu'un émail dont la dilatation serait voisine de 1000×10^{-8}, pourra s'appliquer sur tous les fers, fontes et aciers. On a encore plus de latitude quand on émaille les tôles minces, légèrement bombées, qui peuvent se déformer sous l'influence de la différence de dilatation (plaques de rues, cadrans de pendules).

Toujours est-il que le mieux est de supprimer toute tension de l'émail, qui souvent n'amène la rupture qu'au bout d'un temps très long.

Si l'accord de dilatation entre l'émail et le corps à émailler ne peut pas être réalisé complètement, il vaut mieux que ce soit l'émail qui ait le coefficient le plus faible afin de travailler à la compression.

§ 2. — *Procédé de mesure.*

Toutes nos mesures ont été effectuées par la méthode de Fizeau, avec l'appareil de M. Le Chatelier, qui a rendu cette méthode d'un emploi industriel pratique.

Cet appareil a été décrit très complètement par M. Damour au *Bulletin* de février 1896; la seule modification importante faite depuis cette époque a été la substitution au chauffage à l'eau du chauffage à la vapeur.

Nous croyons cependant utile d'y revenir, en insistant sur les différences entre l'appareil de M. Le Chatelier et l'appareil primitif de Fizeau, afin de montrer comment une méthode de mesure des plus délicates, et qui ne semblait pas destinée à sortir des laboratoires de science pure, a pu, par de légères modifications, devenir un appareil de laboratoires industriels déjà appelé à rendre à l'industrie d'utiles services.

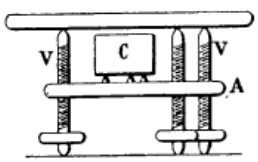


Fig. 1.

Dans l'appareil de Fizeau, un petit trépied supporte un plateau métallique A, portant trois pointes mousses; ses pieds sont formés par trois vis V, qui traversent le plateau et sont terminées en pointes mousses à leurs extrémités supérieures.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On place sur les trois pointes mousses du plateau une plaque du corps à étudier C, limitée par deux faces planes et parallèles dont la distance a été soigneusement mesurée ; sur les trois pointes supérieures, repose un plan de verre poli, à la surface duquel sont gravés des repères ; les vis permettent de faire presque coïncider le plan de verre avec la face polie du corps à étudier.

On fait tomber normalement sur l'appareil un faisceau de lumière monochromatique, et l'on vise avec une lunette la surface inférieure du plan de verre ; on aperçoit des anneaux ou des franges dont on note la position par rapport aux points de repère ; puis on chauffe le tout, et chaque frange qui passe indique une augmentation d'une demi-longueur d'onde de distance entre la face inférieure du plan de verre et la face polie du corps à étudier. Connaissant la dilatation des vis, on peut calculer celle du corps.

Cet appareil exige une préparation délicate des substances dont on veut étudier la dilatation, la taille de deux faces rigoureusement parallèles et la mesure exacte de la distance de ces deux faces.

Le corps se dilatant librement dans le sens horizontal, on ne peut opérer avec des verres bulleux, car on n'a jamais la certitude que, pendant l'échauffement, une bulle n'est pas venue rencontrer une des pointes mousses et fausser le résultat.

L'appareil de M. Le Chatelier évite toutes ces difficultés, tout en conservant aux mesures une précision suffisante pour les besoins industriels.

Il consiste essentiellement en un trépied en acier recuit servant de support au verre à expérimenter.

Dans un plan parallèle à la base du trépied, et à 2 centimètres de cette base, se meuvent trois vis de serrage en acier trempé.

Le verre, taillé en un prisme de 2 à 3 centimètres de haut et poli à sa base inférieure, est fixé au trépied par les trois vis de serrage, de façon que sa face polie coïncide presque exactement avec la base du trépied.

Dans ces conditions, si l'on pose le support sur une lentille biconvexe ou sur une glace plane (le polissage d'une petite face fait sans précaution spéciale donnant toujours une face convexe) et si l'on éclaire avec une lumière monochromatique, on observe les anneaux de Newton, et, quelque bulleux que soit le verre, on trouve toujours un point où les anneaux se produisent.

Le support dont nous donnons le dessin réalise les trois conditions suivantes :

1° Établir une liaison invariable entre le prisme et le support, suivant un plan perpendiculaire à la dilatation qu'on veut mesurer.

Cette condition est réalisée par un cercle horizontal SS' (fig. 2) en acier, mince, formant ressort, et assurant la pression des vis malgré la différence de dilatation entre le prisme et son support.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

2° Laisser aux deux corps composant le prisme et le support une indépendance absolue suivant l'axe de dilatation.

Cette condition est évidement assurée puique le prisme n'est maintenu que par trois points, et il en est de même du métal formant le support, puisque les trois tiges formant les pieds ne présentent, au-dessous du cercle des suspensions, aucune liaison horizontale, elles sont simplement encastrées dans les trois blocs *b* où leur tête vient se loger dans un écrou.

3° Permettre de mesurer exactement la hauteur du prisme en expérience, c'est-à-dire la longueur suivant laquelle sera mesurée la différence d'allongement des deux substances.

Les trois tiges filetées ABC sont rigoureusement égales, et de hauteur telle que, lorsqu'elles occupent leur position normale dans les blocs où elles s'encastrent, la hauteur du plan de suspension formé par l'axe des vis horizontales *abc* soit de 20 millimètres au-dessus du plan de base; la position normale est d'ailleurs assurée lorsque les têtes des tiges filetées affleurent exactement la surface supérieure des blocs, ce qu'il est facile de constater, toutes les surfaces étant bien polies.

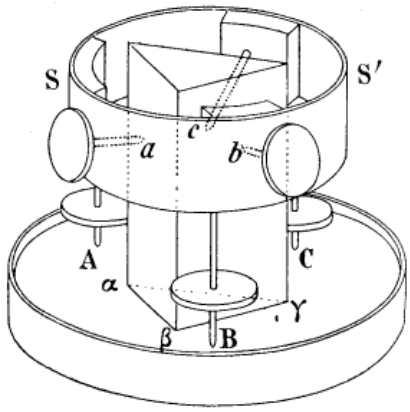


Fig. 2.

Le support est complété par des contre-écrous vissés sur chaque tige; qui en assurent la fixité après réglage.

La préparation des échantillons est très simple et n'exige aucune habitude spéciale; nous en avons préparé nous-même un certain nombre.

Bien que le dessin de l'appareil de mesure ait déjà figuré au *Bulletin* de février 1896, nous croyons utile de reproduire ici l'appareil qui nous a servi, à cause des quelques modifications qu'il a subies et qui semblent lui assurer la forme définitive sous laquelle il doit entrer dans la pratique industrielle.

Le prisme et son support, placés sur une lentille biconvexe dans les conditions voulues pour donner naissance aux anneaux, sont posés au sommet d'un support cylindrique creux C (fig. 3).

La lumière jaune émanant d'un brûleur Bunsen est reçue sur un prisme P, à réflexion totale, qui éclaire le système du prisme à mesurer et de la lentille.

La lumière réfléchie tombe sur un second prisme-loupe P′, qui donne en S une image des anneaux; cette image est observée à l'aide d'un microscope à axe horizontal. Un jeu de diaphragmes permet d'augmenter la netteté en sacrifiant un peu l'éclairement.

Un manchon cylindrique, fermé à son sommet et entouré d'un récipient cir-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

culaire, vient reposer par une saillie intérieure sur la monture de la lentille; le prisme et son support sont ainsi enfermés dans une chambre à air ne communiquant avec l'extérieur que par les jeux de l'appareil.

Un thermomètre pénétrant dans la chambre permet de connaître la température du système.

On chauffe en envoyant de la vapeur d'eau dans le récipient circulaire A ; on a évité ainsi tous les soubresauts provenant de l'ébullition de l'eau. Les anneaux passent d'abord très vite; on compte les centres noirs qui passent (1).

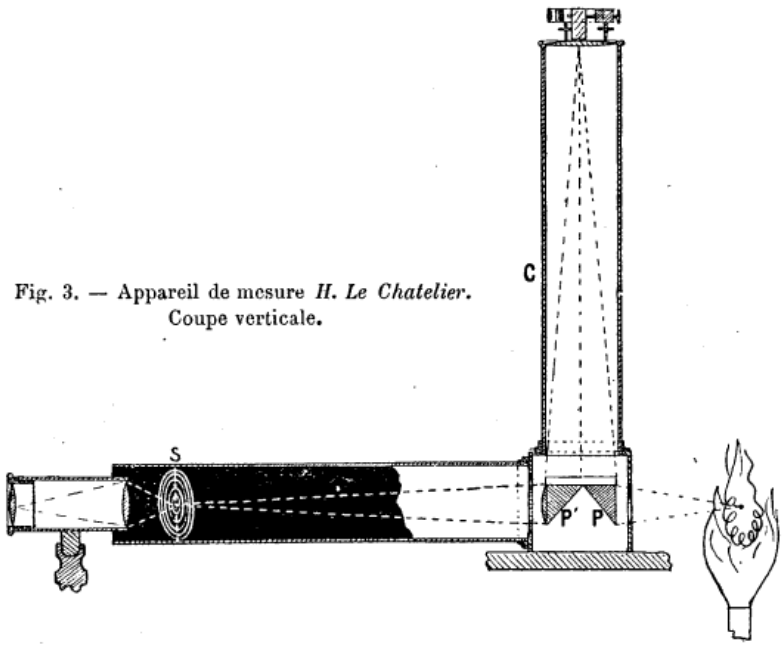


Fig. 3. — Appareil de mesure *H. Le Chatelier*. Coupe verticale.

Au bout de trois quarts d'heure environ, l'équilibre de température est établi et il ne passe plus d'anneaux ; on note alors la pression barométrique pour connaître la température de la vapeur; on peut aussi lire la température au thermomètre, à condition de faire une correction correspondant à la partie de la tige hors de la vapeur.

Chaque passage d'un centre noir correspond à une différence d'allongement d'une demi-longueur d'onde entre le prisme et son support.

(1) Il peut être commode, à cet effet, de se servir d'un enregistreur mécanique quelconque; tel que le récepteur du télégraphe Morse. Il est préférable de réduire la vitesse de déroulement de la bande au dixième de sa valeur habituelle, ce qui s'obtient facilement par la suppression d'un des jeux d'engrenage. — On fait une pointe à chaque passage soit en lançant un courant dans l'électro, soit simplement en poussant son armature avec le doigt.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La dilatation du corps à mesurer est alors donnée par la formule :

$$\delta = \Delta \mp \frac{1472\,f}{\theta} \times 10^{-8}$$

Δ Dilatation du support ;
f Nombre d'anneaux qui passent en s'approchant ou en s'éloignant du centre ;
θ Différence entre les températures extrêmes.
Les points de repère pour évaluer les fractions d'anneaux au début et à la

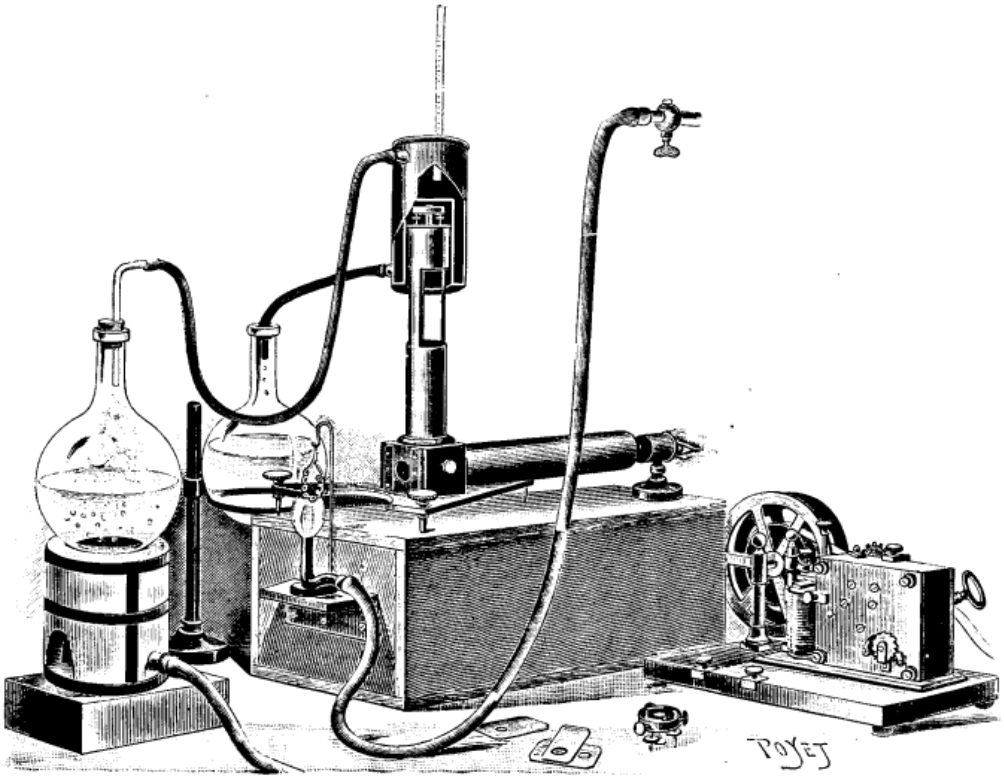


Fig. 4. — Appareil de mesure *H. Le Chatelier*. — Ensemble de l'installation.

fin de l'opération ont été déterminés en comptant le temps qui s'écoule entre les différentes phases d'un passage. Nous avons opéré en chauffant au bain d'eau chaude, et en observant les différentes phases du passage d'un anneau vers le milieu de l'opération; à ce moment l'échauffement est très sensiblement uniforme pendant la durée d'un passage.

Trois opérations sur des verres différents nous ont donné le même résultat.

Disparition du centre noir.	⊙	0
Noir = blanc.	◉	0,4
Noir = blanc.	◉	0,7
Disparition du centre noir.	⊙	1

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pour calculer Δ, nous avons fait une mesure sur le quartz, dont la dilatation moyenne suivant l'axe est, d'après M. Benoît :

$$\delta = [711{,}1 + 0{,}86\,(t + t')] \times 10^{-8}$$

t et t' températures extrêmes, quatre expériences nous ont donné pour Δ les valeurs suivantes :

	$t + t'$
1 112	116,5
1 106	116,5
1 109	114
1 112	111,4

Ces résultats ramenés à $t + t' = 115$ en prenant pour l'acier recuit le terme correctif 0,6 indiqué par M. Benoît sont :

1 111 1 105 1 109 1 114

Écart entre les résultats extrêmes 9×10^{-8}.

Nous avons adopté $\Delta = 1110$.

En prenant $\theta = 85°$.

Une erreur de 1 frange donnerait, sur le résultat, une erreur de $17{,}3 \times 10^{-8}$.

Avec $\theta = 85°$ et en prenant le maximum de franges $f = 40$, une erreur de 1° donnerait sur le résultat une erreur de $8{,}1 \times 10^{-8}$.

En admettant une erreur dans le même sens de 1/2 degré et de 1/2 frange, ce qui est supérieur à la réalité, l'erreur possible est de $12{,}6 \times 10^{-8}$ (1).

Il peut, de plus, se produire une erreur systématique provenant de la graduation du support, mais elle est très réduite si l'on prend, comme nous l'avons fait, la moyenne de plusieurs expériences ; pour les mesures industrielles, cette seconde erreur est peu importante si l'on opère avec le même support, puisque l'on n'a guère qu'à comparer les valeurs relatives des dilatations des différents corps.

Voici, comme exemple de mesure, le détail d'une expérience faite sur un verre obtenu par la fusion du mélange suivant :

Verre de Saint-Gobain, 84,8. Borax, 15,2.

$t = 18{,}8$
$t' = 100{,}2$
$H = 766$

0,9 (○ noir beaucoup plus petit que blanc.
16 passages de centre noir, dernier passage à $4^h{,}5'$
0,1 (○ noir beaucoup plus petit que blanc, $4^h{,}20'$

$$f = 16 \qquad \theta = 81{,}4$$

$$\delta = 1110 - \frac{1472 \times 16}{81{,}4} \times 10^{-8} = 821 \times 10^{-8}$$

(1) Les différences que nous avons observées en faisant plusieurs mesures sur un même verre n'ont jamais dépassé ce chiffre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

§ 3. — Préparation des échantillons.

Les compositions indiquées dans ce travail font connaître les proportions des éléments mis dans le creuset, soit que ces éléments y fussent mélangés directement, soit qu'on y ait fondu un verre industriel dont l'analyse a été faite avant la fusion au laboratoire.

La plupart des verres qui ont servi à nos expériences ont été fondus au four Schlœsing, dans un creuset de platine, puis coulés en prismes triangulaires de 30 à 40 millimètres de long et de 8 à 12 millimètres de côté, dans des moules en terre ou en charbon de bois, recuits ensuite dans un moufle porté au rouge, qu'on laisse refroidir lentement, en fermant toutes les ouvertures de tirage et en empilant des briques devant la porte.

Enfin, les faces latérales du prisme sont doucies à l'émeri et le travail est achevé par le polissage d'une face perpendiculaire à l'axe.

Pour les verres ainsi fondus dans le platine, on n'a à craindre aucune variation de composition provenant de l'attaque du creuset.

D'autre part, s'il se produit une liquation, elle est nettement indiquée : en remuant le verre fondu avec la spatule de platine, il se produit, au moins au contact des deux couches, une émulsion des deux verres, que l'on reconnaît par l'opacité du verre adhérent à la spatule.

La taille de la face polie met également en évidence les différences de dureté dans un verre non homogène. Nous avons observé ces deux faits dans quelques verres que nous signalons.

D'ailleurs, nous opérions souvent sur des séries où la liquation n'est à craindre qu'aux compositions limites réalisables.

Si la réduction du plomb et du zinc, qui peut amener une volatilisation des deux métaux, est notable, le creuset est percé.

L'acide borique donnant des verres facilement fusibles et étant retenu par les bases, les pertes par volatilisation sont faibles ; nous les avons d'ailleurs estimées dans la plupart des cas en observant la perte en poids de verres à acide borique fondus dans des conditions identiques. Nous donnerons plus loin quelques chiffres à ce sujet.

Les fluorures donnent lieu à un dégagement important de fluorure de bore ou de fluorure de silicium ; mais la réaction est incomplète et le verre formé contient encore du silicium et du fluor ; dans quelques cas, nous avons indiqué la perte de poids corespondant au dégagement de $SiFl^2$; dans d'autres, le verre est simplement défini par la proportion des éléments fondus.

Seul, le degré d'oxydation d'un certain nombre d'oxydes métalliques qui peuvent fixer plus ou moins d'oxygène (FeO, CuO, MnO, CoO) est très mal défini par l'état où cet oxyde a été introduit.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les verres trop difficiles à couler ont été fondus et abandonnés à la solidification dans des bougies de filtre Chamberland engobées avec un mélange à volumes égaux de kaolin et de sable de Fontainebleau; il en résulte une certaine incertitude sur la composition chimique par suite de la dissolution possible d'un peu d'engobe; il est vrai que, ces verres restant pâteux et n'étant pas remués pendant la fusion qui ne dure que le temps strictement nécessaire (une demi-heure à trois quarts d'heure), l'altération ne peut guère se produire que sur les bords qui sont enlevés par la taille du prisme. On a également moins de garanties contre la liquation, puisque l'axe des bougies est vertical pendant la fusion et que la face polie est taillée suivant un plan horizontal; on n'a pas non plus la ressource de remuer le verre, ce qui ne serait pas commode et augmenterait considérablement l'erreur plus redoutable portant sur la composition chimique. Les verres ainsi préparés sont marqués dans les tableaux par une croix.

§ 4. — Marche suivie dans cette étude.

Nous avons d'abord cherché à vérifier l'exactitude de la loi simple reliant la dilatation à la composition chimique, que M. Schott avait admise sans preuves expérimentales bien concluantes. Ce savant pensait que la dilatation des verres variait suivant une loi additionnelle, comme la densité.

S'il en était ainsi, on pourrait donner à tous les composés susceptibles d'entrer dans les verres un coefficient de dilatation au moyen duquel on calculerait le coefficient d'un verre quelconque en fonction du volume de ses composants par une simple loi de mélange

$$\delta = \frac{vd + v'd' + }{v + v' + }$$

Pour élucider ce point, il fallait s'adresser non à des verres industriels toujours très complexes, ne permettant que des variations de composition restreintes, mais à des verres simples, préparés au laboratoire, et dont les éléments constituants varient dans des proportions aussi différentes que possible.

On peut ainsi étudier la fonction dans toute l'étendue réalisable.

Après avoir reconnu l'inexactitude de cette loi, nous avons cherché à réunir au moins quelques indications qualitatives précises sur le sens dans lequel diverses additions à un verre donné font varier sa dilatation.

Les proportions en volume des composants ont été calculées en prenant les densités des composés entrant dans les verres, densités calculées par M. Schot, pour SiO^2 — BoO^3 — PhO^5 — PbO — BaO — CO — MgO — KaO — NaO, et, pour quelques autres éléments, en prenant leurs densités dans l'*Annuaire du Bureau des Longitudes* (les densités des oxydes basiques dans les verres diffé-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rent en effet très peu de leurs densités dans les composés cristallisés). Ces derniers corps n'entraient qu'en faible quantité dans les verres que nous avons étudiés, les calculs faits en partant de leur densité n'auraient comporté aucune précision.

Les courbes que nous avons tracées pour résumer les résultats de nos expériences, et qui sont reproduites à la suite de nos tableaux d'expériences, donnent la dilatation en fonction du volume, car on conçoit mieux une relation entre la dilatation et le volume qu'entre la dilatation et le poids des composants.

RÉSULTATS DES EXPÉRIENCES

Silicates simples.

Les silicates de soude et de potasse sont vitreux depuis $NaOSiO^2$ et $KOSiO^2$ jusqu'à SiO^2.

Nous n'avons pas mesuré la dilatation de silicates plus alcalins que $NaO2SiO^2$ et $KO\ 3SiO^2$ car pour une proportion de base plus forte, ils devenaient trop hygrométriques pour que la mesure fût pratique.

D'autre part, nous avons été limité à $NaO\ 12SiO^2$ et à $KO\ 7{,}5SiO^2$ par la difficulté de fondre au laboratoire des verres plus chargés en silice.

La silice a été fondue au four électrique ; elle nous a été procurée par M. Moissan ; cet échantillon, bien que n'ayant pas été recuit, paraît peu trempé ; une lame de 3 millimètres d'épaisseur ne rétablit pas la lumière entre deux Nicols croisés.

Les silicates de plomb peuvent être obtenus vitreux depuis $PbO\ 0{,}5\ SiO^2$ par un refroidissement très rapide, mais nous n'avons pu couler de prisme sans les casser ou les dévitrifier que depuis $PbOSiO^2$; d'autre part, nous n'avons pas pu fondre $PbO\ 3SiO^2$.

Tous les silicates de lithine que nous avons préparés se sont dévitrifiés.

$LiO\ 2SiO^2$ cependant est presque entièrement vitreux ; une opalescence légère indique seule une très faible dévitrification.

Il est probable que, dans les silicates $LiO\ 4SiO^2$ et $LiO\ 6SiO^2$, une partie de la silice cristallise ; c'est ainsi que M. Hautefeuille a préparé diverses variétés de silice cristallisée.

$LiO\ SiO^2$ est entièrement cristallisé en grandes fibres. Ce composé, comme d'ailleurs $LiOBoO^3$, paraît absorber des gaz du foyer (vapeur d'eau ou air) pendant sa fusion et les dégager au moment de sa solidification en donnant lieu à un véritable rochage.

Il faut remarquer que l'état de ces silicates n'est nullement défini par ce mot dévitrifié, car la proportion de matière vitreuse entourant les cristaux peut être plus ou moins grande ; cette observation s'applique à tous les verres dévitrifiés.

Le tableau I (page 783) donne le résultat des mesures relatives aux silicates simples.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU I

Silicates simples.

FORMULE EN ÉQUIVALENT	COMPOSITION EN POIDS	COMPOSITION EN VOLUME	COEFFICIENT DE DILATATION	OBSERVATIONS
Na O 2 Si O²	33,8 66,2	37,0 63,0	1355×10^{-8}	De ces trois résultats on déduirait par extrapoliation, en admettant l'existence d'une oi additive, les coefficients de dilatation suivants. Na O. . . . . 2100 Na O, Si O². . . . 1640 Si O². 570 (1)
Na O 6 Si O²	14,6 85,3	16,7 83,3	961	
Na O 12 Si O²	8,0 92,0	9,1 90,9	771	
Si O²			150	
KO 3 Si O²	34,3 65,7	30,8 69,2	1252	On déduit de même les coefficients. KO. . . . . 1800 KO SiO². . . . . 1580 Si O². 650
KO 4 Si O²	28,1 71,9	24,3 75,7	1145	
KO 7,5 Si O²	17,9 82,1	15,2 84,8	917	
Si O²			150	
Pb O Si O²	78,8 21,2	47,10 52,9	881	On tire de ces résultats les coefficients. Pb O. . . . . 1000 Pb O Si O². . . . 881 Si O². 610
Pb O 2 Si O²	65,0 35,0	30,8 69,2	809	
Si O²			150	
Li O Si O²	33,4 66,6	36,9 63,1	Pas mesuré.	Complètement cristallisé.
Li O 2 Si O²	20,0 80,0	22,8 77,2	637	Peu dévitrifié.
Li O 4 Si O²	11,1 88,9	12,8 87,2	847	Nettement dévitrifié.
Li O 6 Si O²	7,7 92,3	8,7 91,3	895	Nettement dévitrifié.

(1) D'après Schott le coefficient qu'on doit attribuer à la silice entrant dans les verres serait de 230, et la mesure effectuée directement sur la silice fondue donne 150.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

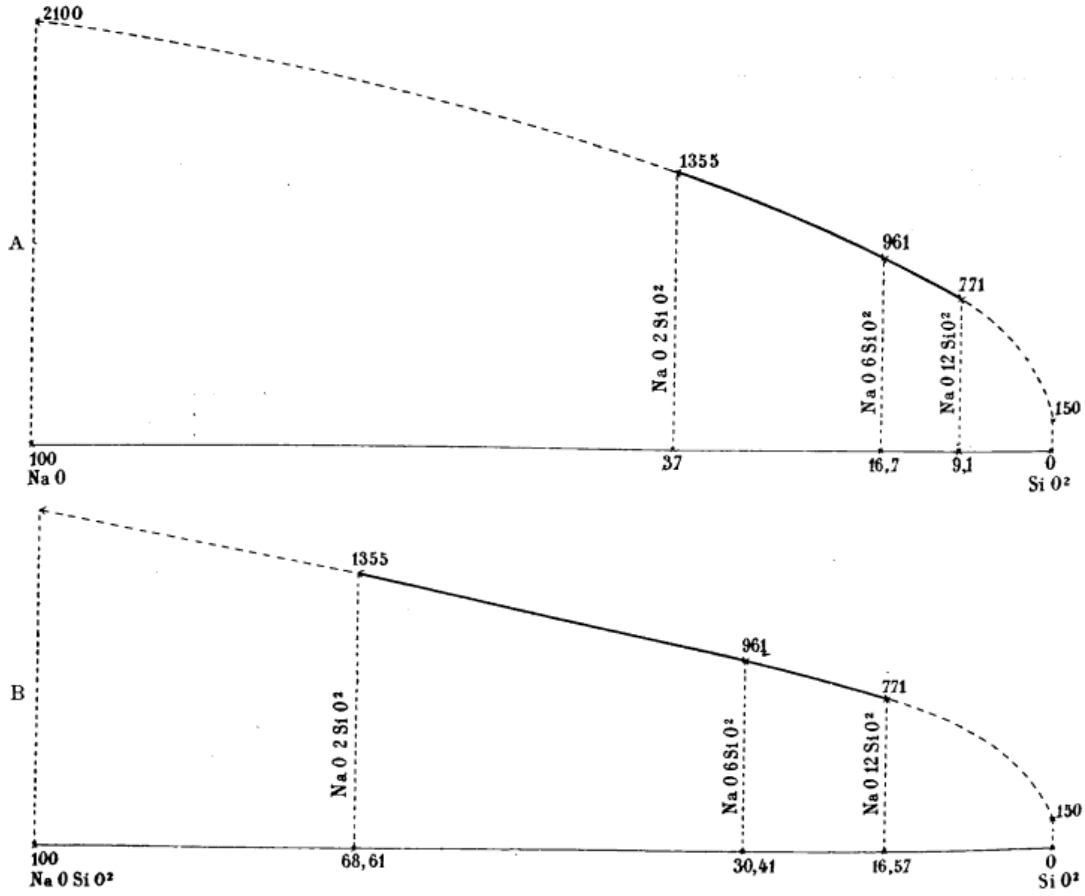
Les résultats obtenus ne sont rattachables à aucune loi simple; toutefois, la dilatation des silicates non dévitrifiés croît d'une manière continue quand la proportion de silice diminue.

Contrairement à ce qui se passe avec les silicates alcalins, la dilatation des silicates de lithine augmente avec la teneur en silice; il est vrai qu'aucun de ces silicates n'est vitreux, cette dilatation croissante tient probablement à la présence de la silice cristallisée; la dilatation moyenne du quartz est en effet très élevée et égale à

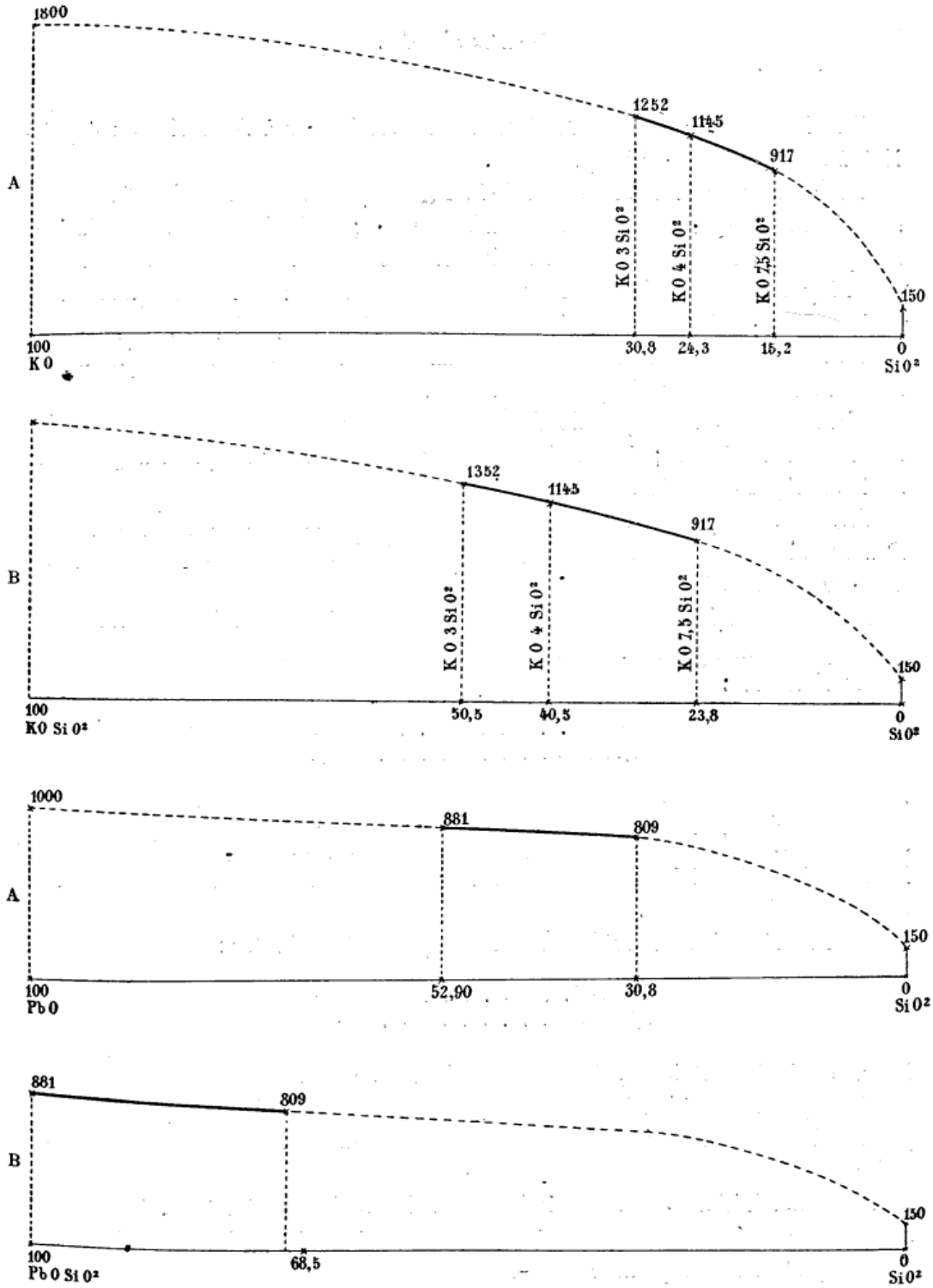
$$1206 \times 10^{-8}$$

Courbes de dilatation des silicates simples.

Les courbes ci-dessous résument les résultats de nos expériences sur les silicates simples pour chaque série de silicates. Nous avons tracé deux espèces de courbes; dans les unes (A) nous portons en abscisses les proportions en volume de bases, dans les autres (B) les proportions en volume de monosilicates entrant dans le verre.



Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Borates simples.

Les borates de soude et de lithine sont réalisables à l'état vitreux depuis $NaO\ 2BoO^3$ et $LiO3BoO^3$ jusqu'à BoO^3.

Les borates de plomb ne se dévitrifient que pour une proportion de plomb supérieure à celle contenue dans $PbOo,33BoO^3$; mais la proportion d'acide borique ne peut pas dépasser une limite comprise entre $PbO3BoO^3$ et $PbO4BoO^3$, sinon il y a séparation dans le creuset en deux couches : au fond, on a le verre limite saturé d'acide borique, et au-dessus de l'acide borique à peu près pur.

Le seul borate de zinc réalisable est $ZnO\ 0,67\ BoO^3$, qui se dévitrifie assez facilement en cristaux d'apparence cubique.

Si la proportion d'oxyde de zinc est plus forte, on ne peut pas obtenir le borate à l'état vitreux ; si c'est la proportion d'acide borique qu'on augmente, l'acide borique en excès se sépare.

Avant de donner les résultats des mesures, nous devons citer quelques expériences qui donnent une idée de la proportion d'acide borique qui peut être perdue par volatilisation.

En chauffant 10 grammes d'acide borique pur fondu pendant 15 minutes au rouge vif, on observe une perte de 0,102, soit 1 p. 100.

En chauffant :

$NaO\ CO^2$	1,16
$16,83\ BoO^3$	11,8

juste le temps nécessaire pour que la fusion soit complète et qu'il n'y ait plus de dégagement d'acide carbonique (4 minutes au rouge sombre) c'est-à-dire dans les conditions où ont été fondus ces borates ; la perte calculée est de $0^{gr},665$ et la perte observée de $0^{gr},670$.

En chauffant dans les mêmes conditions pendant 5 minutes :

$NaO\ CO^2$	5,3
$2,5\ BoO^3$	8,75

la perte calculée est de $2^{gr},20$ et la perte observée $2^{gr},25$.

Cette perte de poids très faible (moins de 1 p. 100 de l'acide borique) ne peut pas troubler les conclusions de nos expériences pour les borates facilement fusibles.

Dans les additions aux verres industriels, il faut chauffer à très haute température pour avoir un verre homogène ; cependant, jusqu'à 15 p. 100, d'acide borique la perte est pratiquement nulle.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU II

Borates simples.

FORMULE EN ÉQUIVALENT	COMPOSITION EN POIDS	COMPOSITION EN VOLUME	COEFFICIENT DE DILATATION
Na O 2 Bo O^3	30,7 69,3	29,6 70,4	1119
Na O 3 Bo O^3	28,6 71,4	27,5 72,5	942
Na O 4 Bo O^3	14,7 85,3	14,1 85,9	876
Na O 10,18 Bo O^3	8,0 92,0	7,6 92,4	967
Na O 16,83 Bo O^3	5,0 95,0	4,8 95,2	1050
Bo O^3			1446
Li O 3 Bo O^3	12,5 87,5	12,2 87,8	710
Li O 4 Bo O^3	9,68 90,22	9,5 90,5	622
Li O 5 Bo O^3	7,9 92,1	7,7 92,3	678
Li O 10 Bo O^3	4,1 95,9	4,0 9,6	934
Bo O^3			1446
Pb O 0,33 Bo O^3	90,5 9,4	65,6 34,4	1307
Pb O Bo O^3	76,1 23,9	39,2 60,8	1011
Pb O 2 Bo O^3	61,4 38,6	23,9 76,1	706
Pb O 2,5 Bo O^3	56,0 44,0	20,1 79,9	641
Pb O 3 Bo O^3	51,4 48,6	17,3 82,7	706
Bo O^3			1446
Zn O 0,67 Bo O^3	63,5 36,5	40,2 59,8	411

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En chauffant pendant 8 minutes au rouge blanc à la plus haute température que donne le four Schesing :

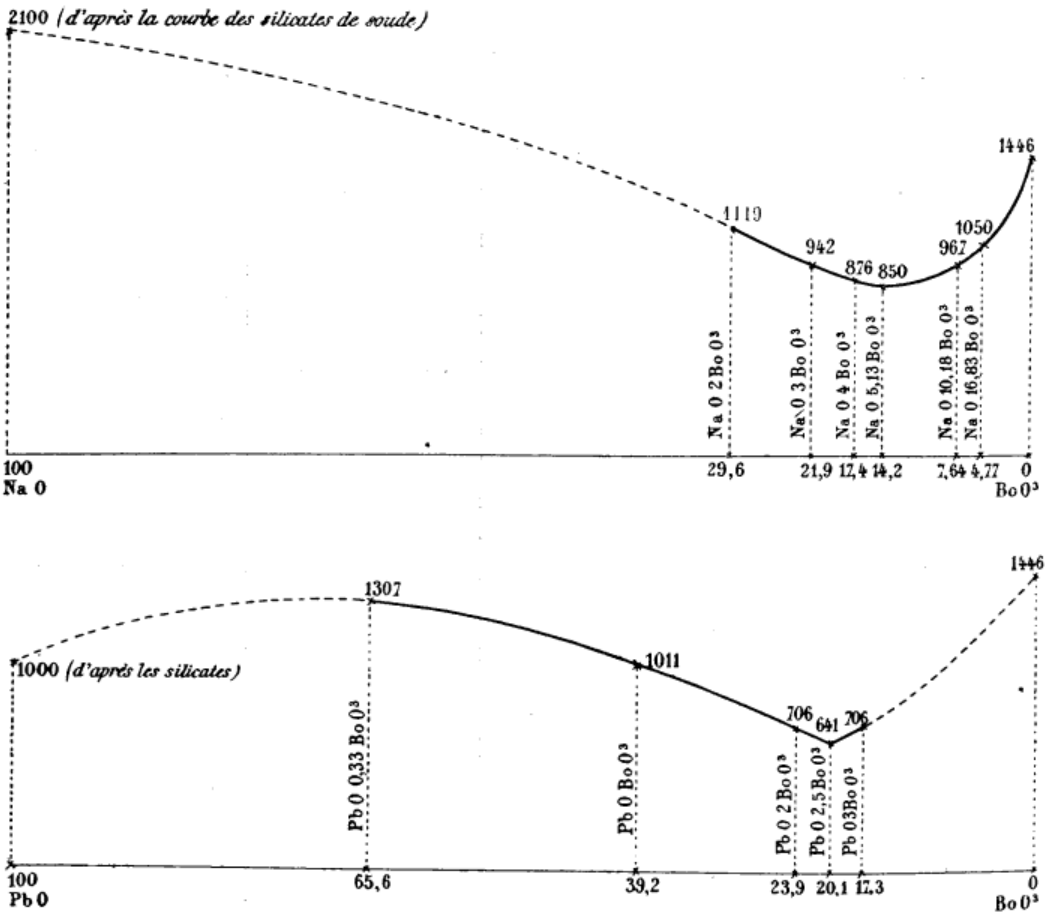
Verre à bouteille de Blanzy. . .	6 grammes.
Acide borique fondu	6 grammes.

la perte observée a été de $0^{gr},12$ c'est-à-dire 2 p. 100.

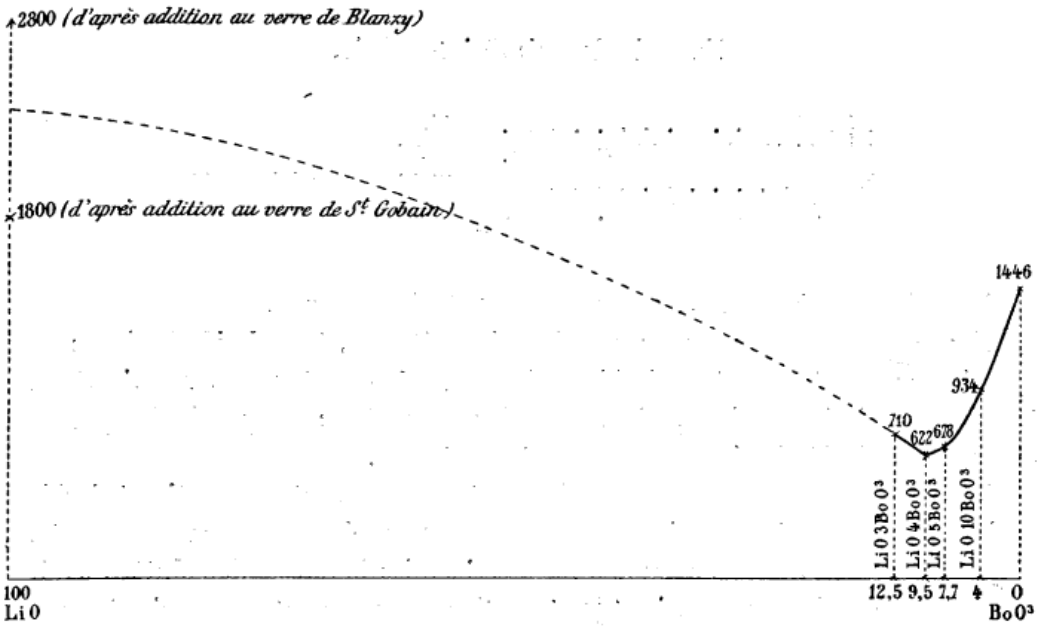
Le tableau II, page 787, donne les résultats des mesures sur les borates simples, et les courbes ci-dessous en sont la reproduction.

Les abscisses, comptées de la droite vers la gauche, donnent le volume de l'oxyde basique existant dans 100 volumes de verres, comme pour les courbes A des silicates.

Courbes de dilatation des borates simples.



Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



Tous ces résultats montrent l'existence d'un minimum très net; la dilatation décroît pour de faibles additions de bases; elle passe par un minimum, et augmente ensuite. C'est là un fait important, qui suffit, à lui seul, pour démontrer l'inexactitude de la loi additive de Schott. Nous allons retrouver le même fait dans les verres plus complexes renfermant de l'acide borique.

Additions d'acide borique à des verres industriels.

Les expériences poursuivies en vue de déterminer l'influence de l'acide borique sur la dilatation des verres industriels ont été faites en ajoutant des quantités croissantes d'acide borique aux trois verres suivants : verre blanc ordinaire, verre à bouteilles, verre à glace.

Verre blanc ordinaire, provenant d'une baguette d'agitateur du laboratoire; nous n'en avons pas fait l'analyse.

Verre à bouteilles de Blanzy.

1	0,63 CaO	20,7	
	0,06 NaO	2,0	
	0,09 KO	5,1	
	0,22 MgO	5,1	Densité = 2,68
1,72	SiO^2	60,1	
0,11	Al^2O^3	5,4	
0,02	Fe^2O^3	1,6	

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

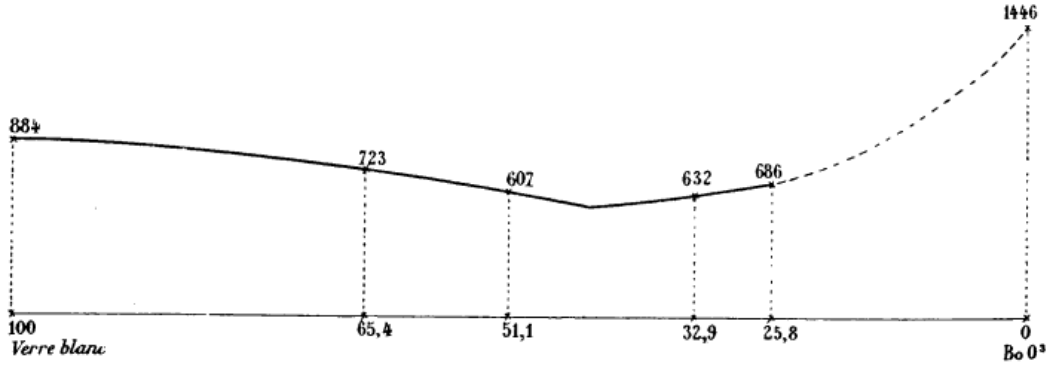
Verre à glace de Saint-Gobain.

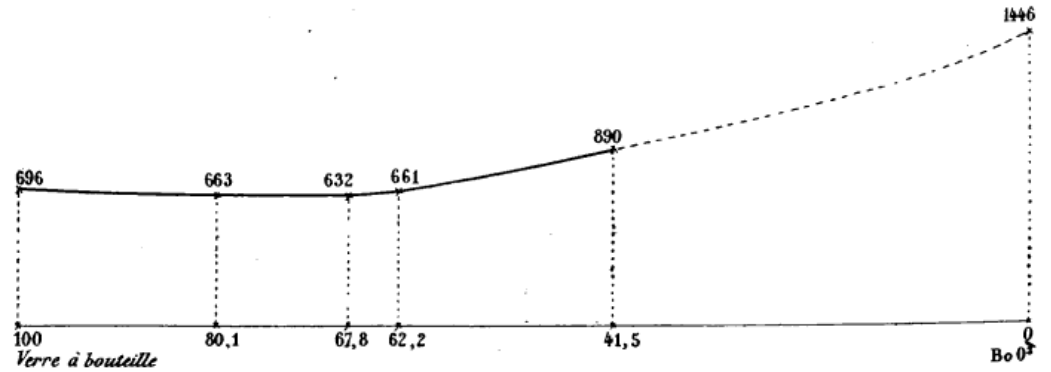
1	0,55 CaO.	14,00	
	0,45 Alcalis et acide sulfurique.	12,75	
2,5	SiO^2.	71,75	Densité = 2,46
0,03	Al^2O^3 et Fe^2O^3.	1,5	

Le tableau III (page 791) donne les résultats des mesures.

Nous avons pu ajouter au verre blanc jusqu'à 69 p. 100 d'acide borique; au delà, il y a séparation de tout l'acide borique ajouté en excès; ce verre lui-même, à 69 p. 100 d'acide borique, n'est déjà plus homogène; on y voit des parties opaques, où l'acide borique commence à se séparer.

Le verre à bouteille semble pouvoir se mélanger en toute proportion à l'acide borique, mais, dès 15 p. 100, il y a dévitrification; au microscope, on ne constate, dans ces verres dévitrifiés, aucune trace de cristallisation, il semble plutôt y avoir une émulsion de deux verres, dont la séparation nette ne peut se produire à cause de l'alumine, qui rend le verre très pâteux.





Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU III

Additions d'acide borique à des verres industriels.

FORMULE EN ÉQUIVALENT	COMPOSITION EN POIDS	COMPOSITION EN VOLUME	COEFFICIENT DE DILATATION
Verre blanc			884
Verre blanc BoO^3	70,7 29,3	65,4 34,6	723
Verre blanc BoO^3	57,2 42,8	51,1 48,9	607
Verre blanc BoO^3	38,6 61,4	32,9 67,1	632
Verre blanc BoO^3	30,8 69,2	25,8 74,2	686
BoO^3			1446
Verre à bouteilles			696
Verre à bouteilles BoO^3	85,0 15,0	80,1 19,9	663
Verre à bouteilles BoO^3	75,0 25,0	67,8 32,2	632
Verre à bouteilles BoO^3	70,0 30,0	62,2 37,8	661
Verre à bouteilles BoO^3	50,0 50,0	41,5 58,5	890
BoO^3			1446
Verre à glace			819
Verre à glace BoO^3	94,0 6,0	92,3 7,7	724
Verre à glace BoO^3	80,0 20,0	75,5 24,5	662
Verre à glace BoO^3	60,0 40,0	53,7 46,3	601
BoO^3			1446

L'addition de 15 p. 100 d'acide borique au verre à bouteille donne une dévitrification excessivement légère, le verre obtenu est bleu opale par réflexion et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

jaune verdâtre par transparence. Pour une addition d'acide borique supérieure à 15 p. 100, le verre est blanc opaque, absolument dévitrifié. Au-dessus de 50 p. 100 d'acide borique, l'émulsion devient très grossière et est visible à l'œil; ces derniers verres ne pouvant se polir assez pour donner des anneaux, nous n'en avons pas mesuré la dilatation.

Nous n'avons pu ajouter que 40 p. 100 d'acide borique au verre à glace de Saint-Gobain, et nous n'avons pas atteint le minimum de dilatation; ce verre, à 40 p. 100 d'acide borique, n'est déjà plus homogène. Il est probable que cette séparation d'acide borique, plus facile qu'avec le verre d'agitateur, tient à ce que le verre à glace est plus riche en chaux que le verre d'agitateur.

Là encore, nous constatons, comme dans le cas des borates simples, l'existence d'un minimum très net; dans ces trois exemples, le minimum est d'autant plus accentué que la dilatation du verre auquel on a fait les additions était plus élevée.

De ces résultats, on voit que le coefficient de dilatation de l'acide borique, déduit de la branche de courbe descendante est environ 350; c'est ce chiffre qu'il faut prendre pour se rendre compte de l'influence de faibles additions d'acide borique à des verres industriels.

L'effet pratique que l'acide borique semble susceptible de donner le plus facilement, et pour lequel il est d'ailleurs employé couramment en faïencerie, est donc un abaissement de dilatation.

Pour terminer ce qui est relatif à l'acide borique, nous donnons les dilatations de trois silicoborates de plomb; ces dilatations sont sensiblement la moyenne de celles des borates et silicates de plomb correspondants, c'est-à-dire renfermant, pour un équivalent de plomb, le même nombre d'équivalents d'acide.

Nous donnons, en même temps, les dilatations de quelques verres dérivant du borate de zinc, $2BoO^3 3ZnO$, par substitution d'un équivalent de MnO,CuO,CaO à 1 équivalent de ZnO. Le dernier mélange du tableau, obtenu en substituant 2 équivalents de chaux à 1 équivalent de ZnO, est complètement cristallisé et n'est plus un verre (Tableau IV, page 793).

On voit, d'après ce tableau, que le coefficient de dilatation s'élève de plus en plus, à mesure que l'on remplace ZnO par Cuo, puis Mno, puis CaO.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU IV

FORMULE EN ÉQUIVALENT	COMPOSITION EN POIDS	COMPOSITION EN VOLUME	COEFFICIENT DE DILATATION
Pb O 0,5 Si O^2 0,5 Bo O^3	78,0 10,0 12,0	42,3 23,8 33,9	953
Pb O 2,17 Si O^2 0,43 Bo O^3	57,0 33,4 9,6	23,4 57,0 19,6	750
Pb O Si O^2 Bo O^3	63,3 18,9 19,8	26,2 32,5 41,3	728
Cu O 2 Zn O 2 Bo O^3	20,8 42,6 36,6	13,1 23,7 63,2	467
Mn O 2 Zn O 2 Bo O^3	19,0 43,6 37,4	13,7 22,3 64,0	501
Ca O 2 Zn O 2 Bo O^3	15,6 45,4 39,0	26,7 11,0 62,3	623
2 Ca O Zn O 2 Bo O^3	33,6 24,4 42,0	26,7 11,0 62,3	675

Rôle du plomb.

Dans certains cas l'oxyde de plomb est comme l'acide borique susceptible de donner un minimum de dilatation (Tableau V, page 794).

Mais l'effet produit est, dans tous les cas, peu marqué et surtout ne paraît pas absolument général : en ajoutant à la couverte de Sèvres 6 p. 100 en poids d'oxyde de plomb, M. Damour a relevé la dilatation de 514 à 531.

On peut ajouter sans dévitrification 60 p. 100 d'oxyde de plomb au verre à bouteille et au verre à glace ; mais ce dernier cesse alors d'être homogène.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

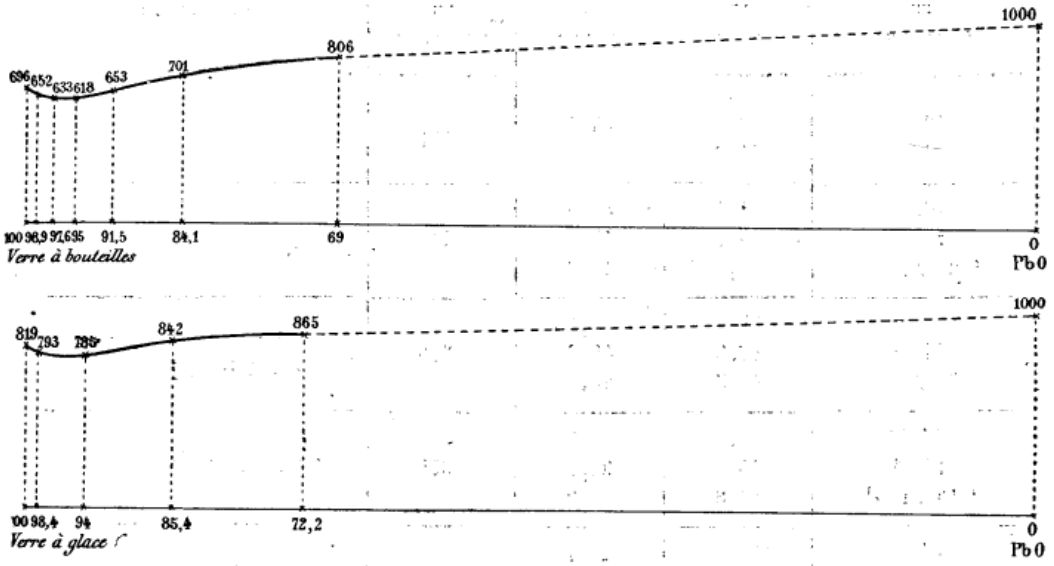
Les résultats des expériences sont consignés dans le tableau n° V et dans les deux courbes qui les résument.

TABLEAU V

FORMULE EN ÉQUIVALENT	COMPOSITION EN POIDS	COMPOSITION EN VOLUME	COEFFICIENT DE DILATATION
Verre à bouteilles ×			696
Verre à bouteilles Pb O ×	96,0 4,0	98,86 1,14	652
Verre à bouteilles Pb O ×	92,0 8,0	97,62 2,38	633
Verre à bouteilles Pb O ×	84,0 16,0	95,05 4,95	618
Verre à bouteilles Pb O	75,0 25,0	91,5 8,5	653
Verre à bouteilles Pb O	60,0 40,0	84,1 15,9	701
Verre à bouteilles Pb O	40,0 60,0	69,0 31,0	806
Verre à glace			819
Verre à glace Pb O	94,0 6,0	98,4 1,6	793
Verre à glace Pb O	80,0 20,0	2,94 6,0	785
Verre à glace Pb O	60,0 40,0	85,4 14,6	842
Verre à glace Pb O	40,0 60,0	72,2 27,8	865
K O 6 SiO^2	20,70 79,3	17,7 82,3	1 000
Pb O K O × 6 SiO^2	32,9 13,9 53,2	8,2 16,2 75,6	675

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le dernier exemple du même tableau V fait voir l'abaissement de dilatation produit par l'addition de PbO à KO6SiO², ce qui donne la formule du cristal PbO KO 6SiO². Cette dilatation : 675, est de beaucoup inférieure à la moyenne : 1050 des dilatations de PbO 3 Si² et KO 3 SiO². Ce qui montre, une fois de plus l'inexactitude de toute loi additive des dilatations.



Rôle de l'alumine.

L'alumine, dès qu'elle est en forte proportion, rend les verres presque infusibles, ce qui limite les additions de ce corps.

L'oxyde de plomb paraît être le corps qui dissout le plus d'alumine; on peut ajouter 35 p. 100 en poids d'alumine au silicate PbO SiO², et 25 p. 100 à PbO2 SiO².

On peut également faire de fortes additions semblables aux borates de plomb.

Nous n'avons pu obtenir aucun borate d'alumine vitreux; il y avait toujours cristallisation de borates d'alumine complexes et séparation d'acide borique; celui-ci rendant le verre hygrométrique.

Le tableau VI, p. 796 et 797, donne les dilatations de trois séries de verres alumineux obtenus par des mélanges d'alumine avec des borates ou des silicates de plomb et d'orthose avec du borax.

Dans ce tableau, nous voyons que, pour des additions croissantes d'alumine, aux silicates de plomb, la dilatation passe par un minimum.

Il en est de même pour les borates de plomb; de plus, le minimum de dilatation correspond à un borate plus riche en acide borique qu'avec les borates de plomb seuls.

Les mélanges d'orthose et de borax présentent une dilatation qui est sensiblement la moyenne de celles des corps mêlés.

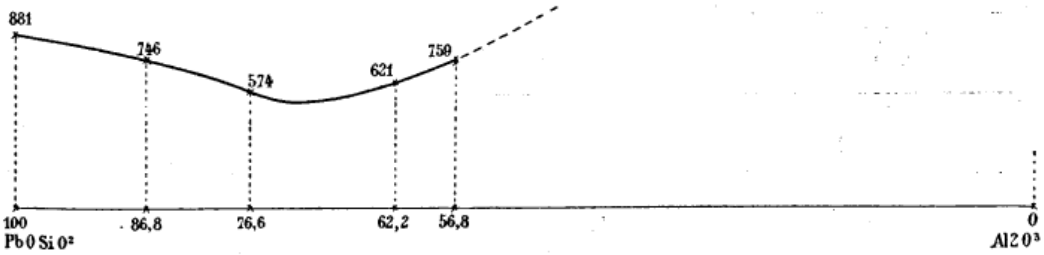
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU VI

FORMULE EN ÉQUIVALENT	COMPOSITION EN POIDS	COMPOSITION EN VOLUME	COEFFICIENT DE DILATATION	OBSERVATIONS
Pb O Si O^2	78,8 21,2	47,1 52,9	881	
Pb O Si O^2 0,29 $Al^2 O^3$	71,4 19,1 9,5	40,9 45,9 13,2	746	Bien transparent, complètement vitreux.
Pb O Si O^2 0,58 $Al^2 O^3$	65,0 17,5 17,5	3,6 40,6 23,4	574	Très légèrement dévitrifié, rendu à peine opaque.
Pb O Si O^2 1,16 $Al^2 O^3$	53,3 14,9 29,8	29,3 32,9 37,8	621	Légèrement dévitrifié.
Pb O Si O^2 1,45 $Al^2 O^3$	51,6 13,8 34,6	26,7 30,1 43,2	759	N'ayant pu être coulé a été fondu et aggloméré dans un moule en terre. Pas très homogène, dévitrifié.
Pb O 2 Si O^2	65,0 35,0	30,8 69,2	809	
Pb O 2 Si O^2 0,14 $Al^2 O^3$	62,5 33,5 4,0	42,5 50,9 6,5	570	Bien transparent, complètement vitreux.
Pb O 2 Si O^2 1,16 $Al^2 O^3$	48,2 25,9 25,9	22,0 49,4 28,4	440	N'ayant pu être coulé a été broyé et aggloméré au rouge dans un moule en terre. Ne paraît pas très homogène, en partie dévitrifié.
Pb O 1,47 Bo O^3 1,40 $Al^2 O^3$	47,2 22,2 30,6	20,2 48,2 31,5	661	Tous ces borates de plomb et d'alumine sont très fluides; ils sont tous légèrement dévitrifiés.
Pb O 2,64 Bo O^3 1,78 $Al^2 O^3$	38,8 30,6 30,6	14,5 57,9 27,5	574	
Pb O 4,15 Bo O^3 2,25 $Al^2 O^3$	30,6 38,8 30,6	10,1 65,3 24,5	529	

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

FORMULE EN ÉQUIVALENT	COMPOSITION EN POIDS	COMPOSITION EN VOLUME	COEFFICIENT DE DILATATION	OBSERVATIONS
Pb O 10,30 Bo O^3 4,14 $Al^2 O^3$	16,7 52,7 30,6	4,6 74,7 20,6	659	
Zn O Bo O^3 $Al^2 O^3$	49,1 33,9 17	27,3 58,6 14,0	505	Légèrement dévitrifié.
Orthose fondue			721	Obtenu en chauffant l'orthose au rouge jusqu'au ramollissement, de façon à lui faire perdre toute forme cristalline.
Orthose Na O 2 Bo O^3	66,7 33,3	61,1 38,9	855	Beau verre.
Orthose Na O 2 Bo O^3	50,0 50,0	43,9 56,1	906	Beau verre.
Na O 2 Bo O^3			1119	
Kaolin Na O 2 Bo O^3	50,0 50,0	41,0 59,0	867	



Enfin, on remarquera ce fait intéressant.

La séparation d'acide borique, au delà de PbO3 BoO^3 et de 1,5ZnO BoO^3, est empêchée par l'alumine, bien que, dans le creuset, ces borates fondus soient liquides comme de l'eau.

En résumé, les additions de petites quantités d'alumine aux verres ont pour effet d'abaisser le coefficient de dilatation; l'effet est d'autant plus marqué que le verre est plus acide.

Additions empiriques à des verres industriels.

Ayant reconnu, par les expériences précédentes, qu'il était impossible d'attribuer à chaque corps un coefficient propre de dilatation, qu'il conserverait dans

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tous les verres, nous nous sommes proposé du moins de déterminer les changements que la dilatation des principaux verres industriels éprouvent quand on fait varier d'une petite quantité la proportion de chacun de leurs constituants. Pour cela, on a procédé par petites additions de différents corps à des verres connus.

Ces additions ont été faites au verre à bouteille de Blanzy et au verre à glace de Saint-Gobain. Le tableau VII donne le résultat des mesures.

TABLEAU VII

FORMULE EN ÉQUIVALENT	COMPOSITION EN POIDS	COMPOSITION EN VOLUME	COEFFICIENT DE DILATATION
Verre à bouteilles de Blanzy ×			696
Verre à bouteilles Na O ×	98,0 2,0	97,3 2,7	744
Verre à bouteilles K O ×	96,0 4,0	96,2 3,8	708
Verre à bouteilles Li O ×	98,0 2,0	97,3 2,7	756
Verre à bouteilles Ca O ×	98,0 2,0	98,4 1,6	701
Verre à bouteilles $Ph O^5$ 3 Ca O	94,0 6,0	94,4 5,6	742
Verre à bouteilles Ca Fl	96,0 4,0	96,6 3,4	744
Verre à bouteilles $Bo O^3$ 3 Ca O ×	96,0 4,0	96,0 4,0	613
Verre à bouteilles $Fe^2 O^3$ ×	96,0 4,0	97,9 2,1	616
Verre à bouteilles $Al^2 O^3$ ×	96,0 4,0	97,3 2,9	589
Verre à bouteilles $Si O^2$ ×	96,0 4,0	95,4 4,6	620
Verre à glace de St-Gobain			819
Verre à glace Na O	94,0 6,0	92,7 7,3	916
Verre à glace K O	94,0 6,0	94,7 5,3	883

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

FORMULE EN ÉQUIVALENT	COMPOSITION EN POIDS	COMPOSITION EN VOLUME	COEFFICIENT DE DIBATATION
Verre à glace Li O	94,0 6,0	92,6 7,5	895
Verre à glace Ca O	94,0 6,0	95,5 4,5	835
Verre à glace Ba O	94,0 6,0	97,8 2,2	810
Verre à glace Sr O	94,0 6,0		824
Verre à glace $Si\ O^2$	94,0 6,0	93,6 6,4	773
Verre à glace $Al^2\ O^3$	94,0 6,0	96,2 3,8	779
Verre à glace $Ph\ O^3$ 3 Ca O	80,0 20,0	82,5 17,5	852
Verre à glace Ca Fl	92,0 8,0	93,3 6,7	825
Verre à glace Ca Fl	50,0 50,0	56,1 43,9	716
Verre à glace Cryolite	94,0 6,0	94,9 5,1	786
Verre à glace $Fe^2\ O^3$	94,0 6,0	97,1 2,9	748
Verre à glace $U^2\ O^3$	94,0 6,0		772
Verre à glace Co O	94,0 6,0		764
Verre à glace $Cr^2\ O^3$	94,0 6,0		792
Verre à glace $Bi^2\ O^3$	93,7 6,3		805
Verre à glace $Mn\ O^2$	94,0 6,0	96,9 3,1	786

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

FORMULE EN ÉQUIVALENT	COMPOSITION EN POIDS	COMPOSITION EN VOLUME	COEFFICIENT DE DILATATION
Verre à glace MnO^2	50,0 50,0	66,6 33,4	812
Verre à glace CuO	94,0 6,0	97,1 2,9	769
Verre à glace ZnO	94,0 6,0	97,4 2,6	724
Verre à glace ZnO	80,0 20,0	90,5 9,5	680
Verre à glace ZnO	60,0 40,0	88,2 21,8	641
Verre à glace BoO^3 LiO	93,4 3,3 3,3	91,7 4,2 4,1	830
Verre à glace $NaO\ 2BoO^3$	92,0 8,0	90,3 9,7	798
Verre à glace $NaO\ 2\ BoO^3$	84,8 15,2	81,9 18,1	821

Nous voyons que le sens dans lequel les additions font varier la dilatation est le même pour les deux verres.

Les additions de manganèse abaissent d'abord la dilatation et, pour une plus forte proportion, la relèvent; ce corps donne donc un minimum de dilatation, comme le plomb et l'acide borique.

L'oxyde de zinc, dans les proportions où il a pu être ajouté au verre à glace, abaisse la dilatation. C'est un des oxydes qui donne l'abaissement le plus considérable.

L'addition de 8 p. 100 de fluorure de calcium au verre à glace donne un verre opale.

L'addition de 50 p. 100 de fluorure de calcium donne un verre absolument dévitrifié; la perte de poids est de $3^{gr},15$ p. 100, ce qui correspond à un dégagement de 9,5 p. 100 du fluor introduit au lieu d'un dégagement de 100 p. 100, si la réaction était complète.

Enfin, nous donnons deux exemples de verre à glace additionné l'un d'acide borique et de lithine, l'autre de 15 p. 100 de borax, de façon à abaisser la fusibilité sans changer le coefficient de dilatation, ce qui est utile pour les verres doublés.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU VIII

Verres divers.

FORMULE EN ÉQUIVALENT	COMPOSITION EN POIDS	COMPOSITION EN VOLUME	COEFFICIENT DE DILATATION	OBSERVATIONS
1,04 Ca Fl 1,71 Bo O^3	40,0 60,0	28,7 71,3	693	La perte de poids correspondant au dégagement de Bo Fl^3 est de 21,85 0/0, ce qui donne à ce verre la formule : CaO 1,45 BoO^3 0,063 Ca Fl. Cette petite quantité de Ca Fl suffit pour empêcher la dévitrification.
1,54 Ca Fl 1,14 Bo O^3	60,0 40,0	47,6 52,4	820	Complètement dévitrifié ; pour une proportion de fluorure de calcium supérieure le verre n'a plus de solidité et se clive.
0,5 KO 0,5 Zn O Si O^2	31,9 27,5 40,6	34,0 14,0 52,0	1045	
0,25 KO 0,75 Zn O Si O^2	16,0 42,2 41,7	18,2 22,8 59,0	660	Ce verre peut être obtenu vitreux, sa dilatation, à cet état, est donnée par le premier chiffre ; mais il se dévitrifie facilement, sa dilatation donnée en second est moindre ; dans ce verre dévitrifié, il se sépare des cristaux de 2 à 3 millimètres de long rayonnant autour d'un centre. Au microscope, ces cristaux présentent des caractères semblables à ceux de la villémite.
0,25 KO 0,75 Zn O Si O^2	16,0 42,2 41,7	18,2 22,8 59,0	614	
0,35 KO 0,65 Zn O 0,65 Si O^2	26,3 42,5 31,2	31,3 24,0 44,7	992	Complètement dévitrifié, mais sans séparation de grands cristaux.
0,5 Ca O 0,5 Ba O 2 Si O^2	14,3 39,2 46,5	14,1 18,6 67,3	837	Très fluide ; cette formule correspond à celle d'un ancien verre à glace essayé à Saint-Gobain.
0,14 Na O 0,86 Pb O 1,87 Si O^2 1,1 Al^2 O^3	2,5 58,0 33,0 6,5	5,37 26,0 61,7 6,95	655	
0,61 Pb O 0,34 KO 0,05 Na O 1,56 Si O^2 0,1 Bo O^3	52,5 12,0 0,12 35,1 0,25	21,7 17,0 0,24 60,5 0,56	1093	Ce verre, très fusible, est employé pour les imitations de pierres précieuses.
Verre à glace Na O Na O 2 Bo O^3	71,6 10,4 18,0	67,2 12,» 20,8	988	Indiqué comme émail pour fonte.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

FORMULE EN ÉQUIVALENT	COMPOSITION EN POIDS	COMPOSITION EN VOLUME	COEFFICIENT DE DILATATION	OBSERVATIONS
0,5 Na O 0,5 Ca O 2 Si O^2 0,5 Bo O^3	14,5 13,1 56 16,4	16,4 9,0 55,0 19,6	730	
Verre à bouteilles Ph O^5 3 Ca O	80,0 20,0	81,1 18,9	764	Légèrement dévitrifié, est bleu par réflexion et jaune par transparence, comme le verre à 15 p. 100 d'acide borique.
Verre à bouteilles Ph O^5 3 Ca O	60,0 40,0	61,9 38,1	860	Dévitrifié inégalement, n'est peut-être pas très homogène.
Verre à bouteilles Ph O^5 3 Ca O Ca Fl	37,5 25,0 37,5	40,5 25,0 34,5	943	Dévitrifié inégalement, moins que le précédent, ne paraît pas homogène; du fluorure de calcium semblait nager au-dessus du verre fondu auquel il s'est mêlé au moment de la coulée.
Verre à glace Ph O^5 3 Ca O Ca Fl	66,7 20,0 13,3	70,9 18,0 11,1	903	Absolument dévitrifié, mais semblait bien homogène.
10,5 KO 10,5 Na O 15 Si O^2	12,3 8,2 79,5	10,2 9,5 80,3	891	Cette dilatation est bien inférieure à celle de Na O 5 Si O^2 et à celle de KO 5 Si O^2; les silicates doubles semblent donc devoir être proscrits quand on cherche de hautes dilatations.
2,5 Si O^2 0,46 Na O 0,54 Ca O	71,8 13,6 14,5	73,6 16,0 10,4	814	Si nous comparons les dilatations de ces deux verres à celle de 2,5 Si O^2 o, 46 Na O, déduite par interpolation dans les silicates de soude, nous voyons que pour des additions croissantes de chaux la dilatation passe par un minimum.
2,5 Si O^2 0,46 Na O Ca O	64,0 12,1 23,9	68,2 14,5 17,3	890	
2,5 Si O^2 0,46 Na O 0,54 KO	65,5 12,4 22,1	66.9 22,6 18,5	1265	
2,5 Si O^2 0,46 Na O 0,54 Li O	77,1 14,6 8,3	74,3 16,2 9,4	1038	
2,5 Si O^2 0,46 Na O 0,54 Ba O	57,5 10,8 31,7	71,5 15,5 13,0	938	

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

FORMULE ET ÉQUIVALENT	COMPOSITION EN POIDS	COMPOSITION EN VOLUME	COEFFICIENT DE DILATATION	OBSERVATIONS
2,5 SiO^2 0,46 Na O 0,54 Pb O	50,1 9,5 40,4	70,8 15,5 13,7	845	
2,5 SiO^2 0,46 Na O 0,54 Zn O	67 12,6 20,4	74,9 16,2 8,9	780	
2,5 SiO^2 0,46 Na O 0,54 Mn O	66,6 12,6 20,8	73,3 16,0 10,7	771	
Émail de la bombe Malher			814	Blanc opaque.
Verre dévitrifiable non dévitrifié			897	
Verre dévitrifiable dévitrifié			684	Cet abaissement énorme de dilatation tient probablement à la présence des cristaux de vollastonite.
Opaline de Saint-Gobain			816	
2,2 SiO^2 0,26 Al^2O^3 Na O	59,5 12,5 28	60,1 7,4 32,5	1085	Ce verre est resté excessivement pâteux.
2,1 SiO^2 0,35 Al^2O^3 0,35 KO 0,65 Na O	46,5 17,7 16,1 19,7	57,4 9,4 12,2 21,0	1110	Est rapidement attaqué par l'acide chlorhydrique étendu.
1,69 SiO^2 0,55 Na O 0,45 Ca O	63,1 21,1 15,8	64,1 24,7 11,2	1044	Légèrement hygrométrique.
1,21 SiO^2 0,47 Na O 0,39 Ca O 0,14 Ba O	50,0 20,0 15,0 15,0	62,2 22,6 10,3 4,85	1081	Légèrement hygrométrique.
Cryolithe BoO^3	58,3 41,7	52,7 47,3	1305	Dévitrifié, est hygrométrique.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

FORMULE ET ÉQUIVALENT	COMPOSITION EN POIDS	COMPOSITION EN VOLUME	COEFFICIENT DE DILATATION	OBSERVATIONS
1,69 $Si O^2$ 0,55 Na O 0,015 $Ph O^5$ 3 Ca O	55,5 18,5 26,0	57,0 21,8 21,2	1120	Dévitrifié, est légèrement hygrométrique.
Cryolite. $Bo O^3$ Ca O	55,3 25,9 18,8	49,1 35,9 15,0	1593	Dévitrifié complétement.
KO 3 $Si O^2$ 0,32 $Al^2 O^3$ 0,07 Ca Fl	29,4 56,4 10,8 4,16	27,0 63,1 6,4 3,5	1042	Les additions de fluorure de calcium et d'alumine ont pour effet de donner un peu de fluidité au verre.
0,8 KO 0,2 Li O 2,4 $Si O^2$ 0,30 $Al^2 O^3$	29,3 2,4 56,2 12	26,8 3,1 62,5 7,6	1113	
Verre cathédrale de St-Gobain			802	
Verre cathédrale Cryolite	94 6	94,9 5,1	784	
Verre cathédrale Cryolite	90 10	91,5 8,5	894	
Verre cathédrale Cryolite	90 10	91,5 8,5	906	Dévitrifié en le laissant un quart d'heure à la température de ramollissement.
Verre cathédrale Cryolite	83,3 16,7	85,7 14,3	1052	Dévitrifié, aspect analogue à l'opaline de Saint-Gobain.
Verre cathédrale Cryolite	83,3 16,7	85,7 14,3	1062	Laissé un quart d'heure à la température de ramollissement. Ce résultat voisin du précédent montre que dans ce cas malgré la dévitrification, la dilatation est sensiblement définie par la composition chimique.
Verre cathédrale Cryolite	77,0 23,0	80,1 19,9	1119	Dévitrifié.
Verre cathédrale Cryolite	66,6 33,4	70,5 29,5	1133	Dévitrifié, n'est peut-être pas très homogène.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ces deux compositions peuvent être employées pour la décoration des verres à vitre; il pourra être utile cependant de faire varier un peu la proportion d'acide borique de façon à comprimer les changements de dilatation résultant de l'introduction des oxydes colorants.

Dans le tableau VIII nous donnons les résultats de mesures faites sur des verres variés, dont quelques-uns sont intéressants par certaines de leurs applications industrielles : couvertes céramiques, émaillage de métaux, etc.

Voici l'analyse du verre cathédrale et du verre dévitrifiable.

VERRE CATHÉDRALE		VERRE DÉVITRIFIABLE	
SiO^2	70,98	SiO^2	65,5
$Al^2O^3 + Fe^2O^3$	1,56	CaO	18
CaO	14,94	NaO	15
Alcalis et acide sulfurique	12,52	$Al^2O^3 + Fe^2O^3$	1,5

CONCLUSIONS

D'après ces résultats, nous voyons qu'un grand nombre de corps (BoO^3, PbO, CaO, MnO, Al^2O^3) ajoutés en faible quantité à un verre abaissent la dilatation et la relèvent quand la proportion est plus forte.

Pour la potasse, la soude et la lithine, cette loi n'a pas été constatée, peut-être le minimum a-t-il lieu pour une addition excessivement faible? Toujours est-il qu'il n'existe pas au point de vue pratique. Néanmoins, les silicates doubles de potasse et de soude ont une dilatation moindre que la moyenne des silicates simples correspondant.

Il semble donc naturel d'employer des verres de composition simple pour obtenir de hautes dilatations et, au contraire, des verres de composition complexe pour les basses dilatations, puisque l'effet de tout élément nouveau est un abaissement de dilatation.

L'alumine, bien qu'abaissant beaucoup la dilatation des verres, dans les proportions où on peut l'ajouter, permet, à cause de l'inaltérabilité toute spéciale qu'elle communique aux verres, d'obtenir des silicates très alcalins, à haute dilatation et résistant bien à l'eau.

La cryolite, quand elle cristallise dans les verres, en élève beaucoup la dilatation; il est probable que la dilatation de la cryolite est très élevée.

Le fluorure de calcium, malgré la dilatation élevée de la fluorine : 1911×10^{-8}, ne relève que peu la dilatation; dès que la proportion qui entre dans le verre est un peu forte, le verre se dévitrifie complètement et devient très cassant.

Les additions de phosphate de chaux, rendant le verre très basique, permettent d'ajouter une plus forte quantité de fluorure de calcium; mais, néan-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

moins, la dilatation reste toujours inférieure à 1000×10^{-8}; d'ailleurs, ces verres, contenant de la fluorine, sont très peu fusibles.

Ce sont les mélanges de cryolite et de verre blanc, ou les silicates alcalins additionnés d'alumine, qui paraissent les plus aptes à servir d'émail pour fer.

En résumé, au point de vue de l'action sur la dilatation des verres industriels, les corps étudiés peuvent se ranger en deux classes.

Augmentent la dilatation :

KO, NaO, LiO, CaO, PhO^5 3 CaO, CaFl, cryolite.

Abaissent la dilatation :

BoO^3, SiO^2, Al^2O^3, PbO, ZnO, SiO, Fe^2O^3, oxydes colorants, cryolite mais en très faible proportion.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS CHIMIQUES

Revue des perfectionnements apportés récemment a *l'industrie sucrière* par M. L. Lindet, *membre du Conseil.*

La situation des fabriques de sucre a été, cette année, particulièrement pénible. Les pluies incessantes de l'été n'avaient pas permis à la betterave de s'enrichir en sucre, et cette betterave arrivait aux laveurs chargée d'une quantité inusitée de terre, dont l'enlèvement difficile retardait la marche du travail de l'usine. De plus la sucrerie s'est trouvée, jusqu'au mois de février, vis-à-vis de la législation qui régit ses opérations commerciales, dans une situation incertaine, et nos industriels, en présence d'un stock considérable, de sucre, que la fabrication augmentait tous les jours et que la consommation était impuissante à faire disparaître, ne pouvaient prévoir si la nouvelle loi, en discussion devant les Chambres, leur permettrait d'en exporter l'excédent.

Devant ces difficultés, les fabricants de sucre ont senti que seuls pourraient résister à l'abaissement du prix du sucre sur le marché universel, ceux dont l'outillage serait assez puissant et perfectionné pour en diminuer le prix de revient. Ils ont redoublé d'efforts, et c'est de ces efforts, des perfectionnements qu'ils ont abordés ou réalisés, que je me propose d'entretenir dans cette revue, comme je l'ai fait en 1895 et en 1896 (1), les lecteurs du *Bulletin de la Société d'Encouragement.*

I. — Extraction des jus

Je n'aurai que peu de chose à dire à propos du travail d'extraction des jus; si on laisse de côté une modification dont nous avons parlé précédemment, et qui consiste à faire travailler séparément les deux moitiés de la batterie de diffusion, modification que plusieurs fabricats ont adoptée cette année avec avantage, le procédé par diffusion n'a guère, depuis ses débuts, reçu de perfectionnements, tant au point de vue du dispositif général que de la marche des opérations. Cependant on commence, dans certains milieux, à critiquer la façon dont on chauffe en France les derniers diffuseurs pour obtenir l'épuisement maximum de la cossette, et l'on se demande s'il n'est pas préférable, comme on le fait en

(1) Voir les revues précédentes (*Bulletin de la Société d'Encouragement*, 1895, p. 149 et 6189 p. 721).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Belgique, de ne chauffer la batterie qu'à 63°-65°, au lieu de 70°-75° quitte à laisser plus de sucre dans les pulpes, 0,8 au lieu de 0,3 p. 100 du poids de la betterave ; le jus de diffusion est alors plus pur ; il se travaille plus facilement, et on gagne aisément d'un côté ce que l'on perd de l'autre ; il serait intéressant de voir si, dans les conditions actuelles de perception de l'impôt, le fabricant de sucre français aurait les mêmes avantages.

J'ai, l'année dernière, rattaché à ce chapitre la question de l'épulpage des jus, épulpage qui permet de travailler des jus plus purs et évite l'encrassement rapide des réchauffeurs. *MM. Duflos et Naudet* (1) ont, à la sucrerie de Vitry-en-Artois (Pas-de-Calais), obtenu une bonne épuration des jus en les faisant filtrer, soit à travers une couche de menue paille serrée entre deux tôles perforées, soit à travers une couche de 80 centimètres de gravier fin.

II. — ÉPURATION PAR LA CHAUX ET L'ACIDE CARBONIQUE

1. *Carbonatation continue.* — J'ai déjà montré l'intérêt que les fabricants attachent à rendre continue la carbonatation des jus chaulés. Le problème se pose si naturellement que les inventeurs mêmes du procédé de la double carbonatation, universellement suivi aujourd'hui, Possoz et Périer, ne l'avaient pas conçu autrement, et j'apprenais dernièrement par M. Choquet, ingénieur des établissements Cail, qui avait assisté les inventeurs à leurs débuts, que les premiers carbonatateurs installés par eux, représentaient une colonne à plateaux perforés, sur lesquels le jus chaulé cascadait continuement, en présence d'une atmosphère d'acide carbonique. Les difficultés que les inventeurs rencontrèrent, la pauvreté du gaz carbonique qu'ils produisaient par la combustion de la houille, les obligèrent à rendre l'opération discontinue ; mais leur appareil subsiste encore, c'est le laveur à gaz du four à chaux.

J'ai décrit, dans les revues précédentes, un certain nombre de carbonatateurs. Celui de M. *Henri Vivien* (2) a été installé cette année dans cinq sucreries nouvelles, parmi lesquelles il convient de citer celle de Marle (Aisne). Le carbonatateur de MM. *Camuset, Sée et Lamboi* (3) a, cette année encore, fonctionné avec succès à Escaudœuvres (Nord) ; ces inventeurs ont monté à Mitry-Mory (Seine-et-Marne) un carbonatateur de grande taille, capable de traiter 2 000 kilos de jus en vingt-quatre heures ; certaines difficultés d'installation, la défectuosité du four à chaux et l'absence de contrôle chimique n'ont pas permis cette année de démontrer d'une façon rigoureuse le bon fonctionnement de cet appareil.

(1) Duflos et Naudet, sucrerie indigène, 1896, II, p. 609.
(2) *Bulletin de la Société d'Encouragement*, 1896, p. 723.
(3) *Id., Ibidem.*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. *Hignette* (1) a continué d'étudier la carbonatation par émulsion dans l'écrémeuse centrifuge, sans en faire cependant encore l'application industrielle. Au cours de ses études, il a fait une remarque fort intéressante, dont l'industrie pourra tirer parti : c'est que l'acide carbonique sous l'influence, de la force centrifuge, et du fait de sa densité, gagne plus rapidement la périphérie de la turbine que l'air auquel il est mélangé, et que le jus se trouve ainsi en contact avec du gaz riche en acide carbonique.

Les nouveaux carbonateurs continus, étudiés cette année, semblent conçus d'après une même idée, la plus simple de toutes, celle qui consiste à utiliser pour le travail les cuves existantes, ou des cuves de construction analogue, en les faisant travailler en batterie; c'est la première idée de Possoz et Périer, mais les cloisons perforées, qui ont l'inconvénient de s'obstruer de dépôts, sont supprimées. Le jus arrive par le haut ou le bas de chaque cuve, et sort par le côté opposé à celui où il est entré, pour se rendre dans la cuve suivante; la hauteur du jus dans chaque cuve varie avec la puissance de la soufflerie du gaz carbonique; elle doit être d'autant plus grande que le nombre des cuves est moins considérable; le débit de l'acide carbonique, dans chaque cuve, le débit du jus dans la cuve de tête, sont réglés de façon à obtenir à la sortie un jus carbonaté, d'alcalinité déterminée. Tels sont les carbonateurs de *MM. Desmet et Brancourt*, installés à Montescourt (Aisne), *de M. Gibert* à Seraucourt-le-Grand (Aisne), de *M. Daix* à Neuvilly (Nord) (2). *M. Rivière* (3) a breveté un dispositif du même genre, dans lequel les cuves sont placées en cascade, les unes par rapport aux autres; de plus, les jus avant de passer d'une cuve dans la cuve suivante, sont réchauffés par un calorisateur spécial.

M. Bouvier (4) a proposé, pour rendre la carbonatation continue et en même temps plus complète, d'adapter à chaque chaudière de carbonatation un tuyau extérieur, disposé de façon à prendre le jus à la partie inférieure pour le rejeter à la partie supérieure de la cuve; cette circulation de bas en haut du jus à l'intérieur du tuyau est déterminée par une insufflation d'acide carbonique qui se trouve ainsi mis en contact du jus chaulé. En outre, à la partie inférieure de la cuve, et à l'endroit même où le jus se rend dans le tuyau extérieur, se trouve une soupape réglable qui permet l'évacuation graduelle du jus carbonaté.

A la question de la carbonatation se rattache celle de la filtration des jus carbonatés, et même celle des sirops, qui s'exécute au moyen des mêmes appareils. *M. Wagner*, de Sehnde (Hanovre), a conseillé d'utiliser à la filtration les anciens filtres à noir animal, en substituant à ce noir des râpures de liège. Nous avons

(1) *Bulletin de la Société d'Encouragement*, 1895, p. 154.
(2) *Bulletin du Syndicat des fabricants de sucre*, 1897, p. 687.
(3) *Journal des fabricants de sucre*, 1896, n° 43.
(4) *Bulletin du Syndicat des fabricants de sucre*, 1897, p. 691.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

parlé plus haut des filtres à gravier de *MM. Duflos et Naudet*, qui peuvent être employés pour la clarification des jus carbonatés et des sirops.

III. — ÉPURATION PAR L'ACIDE SULFUREUX.

L'emploi de l'acide sulfureux à l'épuration des jus et des sirops s'est beaucoup répandu cette année; l'avantage qu'il présente en décolorant les sirops et surtout en diminuant leur viscosité est tel que tous les fabricants, à quelques exceptions près, ont usé, et même, en certains cas, abusé de l'acide sulfureux. Mais une réaction en sens contraire pourrait bien d'ici l'année prochaine se produire. L'emploi de ce gaz, en effet, souvent communique aux sucres une odeur sulfureuse, qui s'exagère avec la durée de leur séjour en magasin. En outre, quelques fabricants ont, en fin de campagne, reproché à l'acide sulfureux d'avoir détruit du sucre contenu dans les produits sur lesquels il agissait, et l'un d'eux, en exerçant un contrôle soigné de son travail, a été fort surpris de voir que *les pertes indéterminées* augmentaient, quand il employait l'acide sulfureux et redevenaient normales quand il reprenait le travail ordinaire, et cela sans que l'on puisse constater au cours de la fabrication la formation de glucose. Ces faits se confirmeront-ils? la destruction du sucre est-elle imputable à l'acide sulfureux et quel est le mécanisme de cette destruction ? De nouvelles expériences seules pourront nous l'apprendre. Mais, dès à présent, ce que nous savons de l'action de l'acide sulfureux et de l'acide sulfurique sur les hydrates de carbone, nous permet de penser que le sucre est détruit à l'état d'eau et d'acide carbonique. Les phénomènes de la chimie sont continus, et il se passe là, dans une faible mesure, ce qui se passe, avec plus d'intensité, quand on attaque par l'acide sulfurique et le mercure une matière organique, dans laquelle on se propose de doser l'azote.

Cette question du rôle de l'acide sulfureux en sucrerie préoccupe en effet beaucoup les fabricants, qui, en présence de résultats contradictoires présentés par les chimistes, se trouvent fort embarrassés. Les uns affirment que l'acide sulfureux, dans les conditions ordinaires du travail, invertit le sucre; d'autres plus nombreux, parmi lesquels *M. Aulard*, dont un mémoire vient d'être récompensé par le Syndicat des fabricants de sucre (1), affirment qu'à froid, l'acidité sulfureuse, même poussée à 5 grammes par litre, n'attaque pas le sucre en solution concentrée. En outre, d'après M. Aulard, l'acide sulfureux précipite toute la chaux des composés organiques en solution neutre ou alcaline.

Dans un travail récent sur la sulfitation, *M. de Grobert* (2) a fait connaître

(1) *Bulletin du Syndicat des fabricants de sucre*, 1897 p. 631
(2) *Bulletin de l'Association des chimistes de sucrerie et de distillerie*, 1896-97, p. 957.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le dispositif que *M, Prangey* et lui ont adopté à la sucrerie de Méru (Oise). La sulfitation a lieu d'une façon continue sur les sirops au moment où ils passent de la troisième dans la quatrième caisse de l'appareil à évaporer par quadruple effet. Le sulfiteur continu est un cylindre de 3 mètres de haut, séparé en deux demi-cylindres par une cloison médiane, qui s'arrête à 1 mètre environ de la partie supérieure, en sorte que le liquide, arrivant par le fond d'un des demi-cylindres en même temps que l'acide sulfureux, puisse se déverser dans l'autre demi-cylindre, en débordant par-dessus la cloison, et de là gagner la quatrième caisse de l'appareil à évaporer. L'alcalinité des sirops entrant dans le sulfiteur doit être de 0,4 p. 100 estimée en chaux, et celle des sirops sortant, de 0,2 p. 100. Mais comme, en réalité, cette alcalinité résulte de la présence, non de la chaux, mais bien de la potasse et de la soude, il convient d'ajouter à ce moment un peu de chaux pour transformer les sulfites solubles en sulfite de chaux peu soluble, et de filtrer ensuite au filtre mécanique.

Le procédé *Ranson*, dont on a beaucoup parlé dans ces derniers temps, comprend également l'emploi de l'acide sulfureux, qu'au sein même des sirops on transforme, par l'action de la poudre de zinc, en acide hydrosulfureux, dont la puissance décolorante est, paraît-il, supérieure à celle de l'acide sulfureux. De plus, et pour éviter que les sucres ne prennent l'odeur et le goût dont il a été parlé plus haut, on les traite par l'eau oxygénée, qui transforme les sulfites en sulfates. Cette eau oxygénée est préparée au moyen du bioxyde de baryum et de l'acide phosphorique, de façon à éviter d'introduire dans les sirops des sels solubles de baryum. Enfin le procédé exige l'emploi de la baryte pour insolubiliser les sulfates.

M. Vivien a fait connaître (1) de quelle façon il avait, tant à l'école de Douai qu'à la sucrerie de Beaumont (Pas-de-Calais), appliqué le procédé, qui présentait, au début, certaines difficultés industrielles.

Il résulte des recherches de M. Vivien que l'on doit adopter, suivant les cas, deux méthodes différentes, qui se distinguent par ce fait que l'on peut ajouter le zinc, c'est-à-dire former l'acide hydrosulfureux, soit dans les sirops sulfités acides, soit dans les sirops sulfités alcalins ; la première de ces méthodes s'applique mieux à l'épuration des sirops du triple effet, la seconde à l'épuration des sirops d'égout, que l'on veut faire rentrer en travail.

Si l'on applique le traitement acide, on commence par saturer les sirops d'acide sulfureux jusqu'à 0,3 ou 0,6 p. 100 d'alcalinité, comptée en chaux ; on filtre, de façon à séparer le sulfite de chaux, peu soluble, et éviter sa solubilisation à l'état de sulfate par l'addition ultérieure d'eau oxygénée ; on ajoute alors l'eau oxygénée, puis on charge le sirop d'acide sulfureux, jusqu'à ce qu'il renferme

(1) *Bulletin de l'Association des chimistes de sucrerie*, 1896-97, p. 1073.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1gr,5 d'acidité par litre ; la température ne doit pas dépasser 40 à 50°, et dans ces conditions, et parce que l'acidité est due, en partie du moins, aux acides organiques, l'inversion du sucre, paraît-il, n'est pas à craindre. On introduit de 10 à 50 grammes de poudre de zinc par litre de sirop, on laisse en contact pendant dix à quinze minutes et on chauffe à 70° en présence de baryte.

Si l'on applique le traitement alcalin, on commence par ajouter au sirop de la baryte, jusqu'à ce que l'alcalinité atteigne 1gr,5 par litre, comptée en chaux ; puis on sature au moyen de l'acide sulfureux, de façon à ne conserver qu'une alcalinité de 0,5 à 0,8 par litre ; on ajoute le zinc en poudre, on chauffe à 80° et 85° ; on verse enfin l'eau oxygénée, et on filtre.

Enfin, à la réunion du Syndicat des fabricants de sucre, *M. Flipo* (1) a indiqué un traitement mixte qui consiste à saturer d'abord les sirops jusqu'à 0,5 ou 1,5 d'acidité, à ajouter le zinc, puis la baryte, puis l'eau oxygénée, à chauffer à 80° et à filtrer.

Les produits obtenus par ce procédé sont assez blancs, et assez purs pour que l'on puisse mouler directement les masses cuites, et produire du sucre pouvant entrer directement dans la consommation. M. Ranson préconise l'emploi de formes trapézoïdales, garnies de cloisons, dans lesquelles on coule la masse cuite, et dans lesquelles on opère les clairçages. L'égouttage des sirops verts et des sirops couverts se fait par aspiration au moyen de sucettes.

Je signalerai enfin, pour terminer cette question de l'épuration au moyen de l'acide sulfureux, que M. Bresler (2) a récemment, en Allemagne, préconisé l'emploi du sulfite de soude. Il semble plus rationnel, puisque l'acide sulfureux, agissant sur le jus alcalin détermine la formation de sulfite de soude, de faire agir le gaz que d'augmenter le quotient salin du jus par l'addition du sulfite tout formé.

IV. — ÉVAPORATION

Les fabricants se sont, en 1896 et 1897, comme les années précédentes, attachés à diminuer le prix de l'évaporation, par une meilleure utilisation de la vapeur entrant dans la première caisse et des vapeurs également que les jus qui s'évaporent fournissent aux autres caisses et aux différents postes de chauffage de l'usine. Mais ils se sont contentés d'appliquer les principes que j'ai énumérés dans mes revues précédentes, sans aborder de nouveaux perfectionnements.

Leur attention a été portée plutôt vers les appareils qui permettent de récupérer le jus sucré entraîné pendant l'évaporation, et de diminuer ainsi les pertes dites *indéterminées*.

(1) *Bulletin du Syndicat des fabricants de sucre*, 1897, p. 780.
(2) *Bulletin de l'Association des chimistes de sucrerie*, 1896-97, p. 1012.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. Bouillaut (1) a installé à la sucrerie de Noyon (Oise), au-dessus des caisses d'évaporation ou de la chaudière à cuire, un cylindre analogue d'aspect aux ralentisseurs verticaux actuels, mais celui-ci est muni à l'intérieur d'un ventilateur à ailettes qui tourne au moyen d'un mécanisme extérieur à une vitesse de 200 à 300 tours, et que les vapeurs sont obligées de traverser.

M. Décluy (2) garnit la partie supérieure des caisses d'évaporation d'un réseau de barrettes en fer galvanisé ; ces barrettes, disposées dans le sens horizontal, sur une épaisseur de 60 à 70 centimètres sont entre-croisées, et forment une grille à barreaux multiples, qui suffit à arrêter les entraînements de jus sucré. Ce procédé fonctionne avec succès dans la sucrerie de Calloo (Belgique).

Depuis quelques années, un certain nombre de fabricants introduisaient dans les ralentisseurs ordinaires des tampons de paille de fer placés entre deux tôles perforées ; cette paille de fer offre l'inconvénient de se dissoudre peu à peu dans le sirop qu'elle est chargée d'arrêter. M. Codron a signalé qu'il avait obtenu à la sucrerie de Beauchamps (Somme) de bons résultats en faisant préalablement galvaniser la paille de fer. Celle-ci a pu servir pendant toute une campagne, sans que l'on ait constaté la moindre attaque du zinc ou du fer.

V. — CUISSON ET RENTRÉE DES ÉGOUTS

Les avantages que présente la rentrée des sirops d'égout dans la chaudière à cuire les sirops de premier jet, et que j'ai discutés dans la revue précédente (3), sont tellement considérables, que presque tous les fabricants ont eu, cette année, recours à cette manière de faire. Beaucoup ont adopté également la cristallisation lente par refroidissement, accompagnée d'un malaxage, que j'ai décrit également.

I. — Les résultats qu'ils ont obtenus ont été partout satisfaisants ; mais aucun d'eux n'est parvenu à produire en premier jet une mélasse suffisamment épuisée pour qu'il n'y eût pas un intérêt à la recuire et à en extraire une nouvelle quantité de sucre, et pour que l'on pût immédiatement l'évacuer vers la distillerie. Mais cette quantité de sucre à récupérer est insignifiante par rapport à celle que l'on extrayait autrefois en deux et trois jets, et dans l'état actuel des choses, les méthodes suivies ne sauraient être trop recommandées.

M. Manoury, dont j'ai décrit la méthode, en a fait de nouvelles applications dans plusieurs sucreries, à Villenoye (Seine-et-Marne), à Saint-Leu-d'Esserent (Oise), à Noyelle-sur-Escaut (Nord) et à Château-Thierry (Aisne), etc.

(1) *Bulletin de l'Association des chimistes de sucrerie*, 1896-97, p. 1012.
(2) *Journal de la sucrerie indigène*, 1897, p. 766.
(3) *Bulletin de la Société d'Encouragement*, 1896, p. 727 et suivantes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. Naudet a également installé le procédé que j'ai précédemment exposé (1) dans plusieurs fabriques, et notamment à Neuville-sur-Escaut (Nord). Celui-ci s'est appliqué à indiquer un mode opératoire, conforme à l'interprétation qu'il donne des phénomènes de la cristallisation. Les sirops d'égout, que M. Naudet, à la turbine, subdivise en égouts pauvres, mixtes et riches, rentrent à tour de rôle dans la chaudière à cuire, où l'on pousse le plus possible la cristallisation, de façon à ce que celle-ci soit nulle dans les cristallisoirs ; l'addition que l'on fait, dans ceux-ci, d'égouts pauvres, chauds et dilués, n'a d'autre but que de redissoudre les impuretés déposées sur les cristaux pendant la cuite et de préparer le turbinage par un malaxage très complet.

MM. Prangey et de Grobert préfèrent opérer la rentrée des égouts dans deux appareils à cuire successifs ; le premier est la chaudière à cuire ordinaire dans laquelle on introduit, sur la masse cuite de premier jet, les sirops d'égout riches seulement ; le second est une chaudière horizontale, traversée par un agitateur et entourée d'une enveloppe de vapeur, du système Hüch et Lauke, dans laquelle on fait écouler le contenu de la chaudière à cuire, et dans laquelle on introduit les égouts pauvres. Mais ceux-ci ont été, au préalable, dilués d'eau, de façon à marquer environ 35° B., et ces sirops sont froids, tandis que dans les procédés ordinaires, les sirops d'égout arrivent concentrés et chauds.

L'addition d'un égout concentré et froid dans une masse cuite, où les cristaux formés sont entourés d'une eau-mère chaude et saturée, déterminerait la formation immédiate de petits cristaux qui ne pourraient se nourrir et traverseraient les paniers des turbines. Mais si cet égout est dilué d'eau, celle-ci suffit à désaturer le sirop-mère et empêcher la production de ces petits cristaux ; l'évaporation se continue, et quand le sirop-mère est de nouveau saturé, on procède à une nouvelle désaturation par l'égout dilué et froid.

M. R. Sachs a préconisé, au Congrès international de chimie appliquée en 1896 (2), un procédé permettant une cristallisation fractionnelle des sirops d'égout.

M. Horsin-Déon (3) a proposé de purifier par l'osmose les sirops qui rentrent successivement dans la cuite.

II. — La baryte, dont il a été si souvent question en sucrerie, est rentrée cette année en scène, et on lui a demandé de purifier les sirops d'égout que l'on se propose de faire rentrer dans la cuite.

M. Manoury (4) a étudié, à la sucrerie de Gonesse (Seine-et-Oise), un procédé qui consiste à faire rentrer les égouts riches dans le jus même de la diffusion.

(1) *Bulletin de la Société d'Encouragement*, 1896, p. 727 et suivantes.
(2) *Journal de la sucrerie indigène*, 1897, I, p. 648.
(3) *Journal de la sucrerie indigène*, 1897, I, p. 639.
(4) *Bulletin de l'Association des chimistes*, 1896-1897, p. 660.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les égouts riches sont additionnés d'environ 5 p. 100 de baryte hydratée, ce qui représente 1 kilo par 1 000 kilos de betteraves à traiter; on ajoute ensuite la quantité de chaux jugée ordinairement nécessaire pour purifier le jus de 1 000 kilos de betteraves, et on l'introduit dans le jus de diffusion de la même façon que l'on y introduit d'ordinaire le lait de chaux; en un mot, le lait de chaux et de baryte est préparé avec du sirop d'égout riche au lieu d'être préparé avec de l'eau pure ou des petits jus. La masse cuite de premier jet se trouve donc contenir une partie des égouts d'une opération précédente. C'est sur cette cuite de premier jet que l'on fait rentrer, comme dans le procédé ordinaire, les sirops d'égout pauvres seulement. M. Manoury a annoncé que la quantité de mélasse produite est, dans ce cas, réduite à un minimum que l'on n'avait jamais atteint, et il attribue ce fait à ce que la potasse et la soude, mises en liberté par la baryte, plus complètement qu'elles ne le seraient par la chaux, se combinent à l'albumine des jus, à l'état insoluble, ou tout au moins se trouvent retenues mécaniquement par elle, et passent dans les écumes du filtre-presse.

MM. Mercier et Francès (1) ont pratiqué, à la sucrerie de Bresles (Oise), un procédé un peu différent. Les égouts riches, dilués à 25-27° B^{é}, sont additionnés de phosphate acide de baryum (acide phosphorique baryté), soumis à l'ébullition, puis, après filtration d'un précipité gommeux que le réactif a déterminé, rentrés sur la cuite de premier jet. Quant aux égouts pauvres, traités de la même façon, ils sont cuits en grains, dans une chaudière où l'on a fait un pied de cuite avec du sirop de premier jet. Le sucre que l'on obtient dans cette seconde opération est encore blanc; mais les cristaux sont plus fins que les cristaux ordinaires des cuites de premier jet.

On préconise en Autriche un autre procédé, indiqué par M. Tscheye, qui repose également sur l'emploi de la baryte à la purification des égouts de rentrée.

III. — Ce procédé de rentrée des égouts, si répandu aujourd'hui, était, il y a peu d'années encore, lors de son apparition, tout inattendu, et il faut reconnaître que nos appareils à cuire n'avaient pas été disposés pour se prêter à ce travail et supporter ces rentrées. Quand un sirop d'égout, épais et visqueux, arrive, par le robinet ordinaire de l'admission des sirops, au contact de la masse cuite, il se mélange difficilement avec elle, et l'agitation que l'ébullition seule produit est insuffisante pour renouveler les surfaces de contact.

J'ai parlé, dans les revues précédentes, des chaudières à cuire en mouvement, c'est-à-dire munies d'un agitateur intérieur, et j'ai cité celles de *M. Reboux* (2), et de *MM. Hüch et Lauke*. Ces chaudières permettent d'obtenir pendant la rentrée des égouts un malaxage convenable.

(1) *Journal des fabricants de sucre*, 1897, n° 52.
(2) *Bulletin de la Société d'Encouragement*, 1895, p, 167, 168.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le Dr Claassen a, dans le même but, proposé d'injecter au sein de la masse cuite de la vapeur sèche pulvérisée finement.

M. Joseph Delavierre (1), directeur de la sucrerie de Souppes (Seine-et-Marne), a eu l'ingénieuse idée de produire cette agitation par la rentrée même des égouts ; il a entouré la partie inférieure de la chaudière à cuire d'un tuyau sur lequel sont montés une quinzaine d'injecteurs, qui permettent de faire pénétrer les sirops d'égout sous une pression variant de 1 à 5 kilos. Ces injecteurs, naturellement, sont placés de façon à diriger leurs jets entre deux spires de serpentin, et à produire, par l'entre-croisement de ces jets, un véritable tourbillon.

Il a, en outre, adapté, sur la chaudière à cuire un appareil qui règle l'admission des sirops et la température de cuisson en fonction du vide, celui-ci étant lui-même fonction de la quantité d'eau arrivant dans le condenseur. La dépression qui règne dans la chaudière, en effet, règle l'admission de vapeur dans les serpentins, de façon à l'augmenter si le vide diminue, et réciproquement ; de plus, la pression de la vapeur dans les serpentins règle l'entrée des sirops, de façon à l'augmenter si la température augmente. Ce dernier résultat est obtenu en faisant agir le régulateurde pression sur une soupape de décharge adaptée à un cylindre où le sirop est constamment emmagasiné sous une pression de 8 kilos, soupape de décharge qui permet à l'excès de sirop de retourner au bac d'attente.

VI. — TURBINAGE

L'emploi des turbines continues n'a guère fait, dans la dernière campagne, de sérieux progrès. La turbine *Szénioweki et Pontkowsky*, dont j'ai parlé dans la revue publiée en 1896 (2), a continué de fonctionner à Flavy-le-Martel (Aisne) et a donné toute satisfaction ; elle a fonctionné également à la sucrerie de Villenoye (Seine-et-Marne). La Société des anciens établissements Cail, qui construit cet appareil, y a apporté quelques modifications : la turbine a été couverte d'un couvercle de tôle pour éviter les projections ; l'appareil qui récolte et ramasse le sucre a été perfectionné dans le but d'éviter de briser les cristaux au moment où, poussés par la force centrifuge, ils viennent le frapper, dans le but également de diviser les grugeons, c'est-à-dire les agglomérations de cristaux.

M. Thomas, constructeur à Compiègne, s'est appliqué depuis quelques années à rendre le turbinage sinon continu, du moins automatique, et à réaliser ainsi l'économie de main-d'œuvre, qui est le principal avantage du turbinage continu. Il a fait fonctionner au mois d'avril 1897, devant le Congrès des

(1) *Bulletin Association des chimistes de sucrerie*, 1896-1897, p. 640.
(2) *Bulletin de la Société d'Encouragement*, 1896, p. 732.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

chimistes de sucrerie, à la fabrique de Pierrefonds, une turbine qui, automatiquement, se remplit d'une quantité déterminée de masse cuite, prend la vitesse nécessaire au turbinage, reçoit ensuite, et toujours automatiquement, le clairce puis la vapeur, se ralentit enfin, et évacue le sucre turbiné et claircé pour se remplir de nouveau de masse cuite et reprendre sa marche normale. Une roue à rochet, dont la révolution se fait dans le temps nécessaire à une turbinée complète, ouvre les robinets d'admission de clairce et de vapeur, déclenche au moment du ralentissement la transmission qui donnait le mouvement à la turbine, et fait descendre contre le panier un racloir qui détache le sucre cristallisé.

Le sucre turbiné est évacué automatiquement, au moyen de deux trappes placées au fond du panier de la turbine. Ces deux trappes sont maintenues en place par l'intermédiaire de leviers qui sont montés sur un régulateur à boules, placé immédiatement au-dessous de la turbine et calé sur l'axe même du panier. Au moment où la turbine ralentit, les boules du régulateur s'abaissent, et les leviers qui en dépendent ouvrent les deux trappes. On peut, avec une turbine de ce genre, dont le diamètre est de 1 mètre environ, turbiner à la fois 100 kilos de sucre.

Nos constructeurs tendent en effet, dans le but de supprimer une partie de la main-d'œuvre, à augmenter le diamètre des turbines. M. Beghin, fabricant de sucre à Thumeries (Nord), a fait connaître au Syndicat des fabricants de sucre (1) les avantages qu'il a obtenus de l'emploi des turbines *Mollet-Fontaine*, dont le diamètre mesure $1^m,25$ et qui peut produire à chaque opération 150 à 170 kilos de sucre blanc.

VII. — PRODUCTION PAR LA SUCRERIE DU SUCRE EN MORCEAUX PROPRE A LA CONSOMMATION DIRECTE

J'ai, dans la revue publiée en 1896, signalé les avantages que le fabricant aurait à produire le sucre pouvant entrer directement dans la consommation. Il faut pour obtenir ce résultat qu'il puisse, du premier coup, obtenir un sucre très pur, et qu'il puisse en outre le présenter au consommateur sous forme de morceaux.

J'ai parlé en 1896 d'un procédé de raffinage en présence de l'acide sulfureux à haute dose (procédé Steffen) ; ce procédé semble devoir être aujourd'hui l'objet de nouvelles études ; j'ai parlé plus haut également d'un procédé de raffinage à l'acide hydrosulfureux et à l'eau oxygénée (procédé Ranson), sur la valeur duquel on ne pourra se prononcer qu'après une nouvelle campagne.

M. Steffen a montré, il y a plusieurs années, que l'on pouvait, avant de raf-

(1) *Bulletin du Syndicat des fabricants de sucre*, 1897, p. 778.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

finer par le sang et le noir les sucres roux, améliorer leur qualité, non plus en les turbinant en présence de vapeur détendue, mais en les lessivant au moyen de clairces de plus en plus pures. Ce procédé, adopté par plusieurs raffineries d'Europe, s'est, depuis son invention, considérablement simplifié. On faisait autrefois passer successivement une trentaine de clairces, on en a aujourd'hui réduit le nombre à trois ou quatre.

C'est sur ces données que *M. Lànjen* a basé son procédé, dont M. Lamboi (1) a donné dernièrement la description, qui est pratiqué à la sucrerie-raffinerie d'Eelsdof et dans plusieurs autres raffineries allemandes, et qui semble pouvoir s'adapter au travail de la sucrerie. La masse cuite de premier jet est refroidie dans le cristallisoir, puis les sirops-mères en sont éliminés par aspiration; les cristaux sont alors lessivés par trois clairces de plus en plus pures, fondues, au noir et cuites en raffinés. Quant au sirop-mère, il est recuit au filet, amorcé avec des cristaux de sucre et introduit dans des malaxeurs-refroidisseurs. Après six ou sept jours, la masse est turbinée, et fournit de la mélasse presque épurée, et du sucre roux qui est mélangé au sucre de premier jet pour être lessivé.

Le problème de la mise du sucre purifié en morceaux est aujourd'hui bien résolu soit par l'agglomération des *poudres blanches*, soit, mieux encore, par le turbinage en plaquettes des sucres cuits en raffinés.

La turbine *Hubner* (2), dont l'emploi tend à se répandre pour ce dernier genre de travail, renferme à l'intérieur même de son panier l'appareil de moulage. Celui-ci est formé d'une série de cloisons verticales, séparées entre elles par une pièce légèrement conique, de façon que, tout autour de la turbine, les plaques de sucre qui vont se mouler entre ces cloisons soient toujours dirigées suivant les rayons du panier. La masse cuite, serrée à 6 ou 7 p. 100 d'eau, est refroidie à 52°, additionnée ensuite de 6 ou 7 p. 100 d'un sirop froid à 36° B^{e}, dont la pureté doit être identique à celle de l'eau-mère de la masse cuite; on continue de refroidir jusqu'à 50° 54°, et, dans la turbine lancée à 200 tours, on introduit d'un seul coup la masse cuite qui remplit immédiatement les alvéoles. On porte la vitesse de la turbine à 1 000 tours, puis on ralentit à 500 pour introduire 25 à 30 litres de clairce à 38° B^{e} et à 88° C., puis une deuxième clairce plus pure à 38° B^{e}. également, mais à une température plus élevée. La seconde clairce est un sirop de sucre pur, la première est le sirop *couvert*, s'écoulant du deuxième clairçage. On actionne ensuite la turbine à 1 000 tours, vitesse que l'on maintient pendant quinze à vingt minutes. On démoule et on sèche les plaquettes à l'étuve. Chaque turbine peut fournir jusqu'à 7 000 kilos de sucre en vingt-quatre heures.

(1) *Bulletin de l'Association des chimistes de sucrerie*, 1896-1897, p. 784.
(2) *Sucrerie indigène*, 1896, p. 152.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS CHIMIQUES

RÉSISTANCE DES CIMENTS A L'EAU DE MER D'APRÈS LE Dr W. Michaelis (1).

Lorsqu'on expose de l'acide silicique, de l'oxyde de fer et de l'alumine hydratée à l'action d'une eau de chaux maintenue constamment au maximum de concentration, il se produit les réactions suivantes :

$$2\,Si\,O_2,\ 3\,Ca\,O + x\,H_2O$$
$$2\,Fe_2O_3,\ 4\,Ca\,O + y\,H_2O$$
$$2\,Al_2O_3,\ 5\,Ca\,O + z\,H_2O$$

Les valeurs de x, y et z ne sont pas déterminées d'une façon précise ; on peut les prendre approximativement égales à 6, 7 et 8, degré minimum d'hydratation correspond à un équivalent de CaO pour un de H_2O.

Tant que l'on n'aura pas démontré qu'il se forme d'autres composés dans le durcissement produit par l'action de l'eau sur les ciments hydrauliques très calcaires, on peut admettre la réalité des réactions ci-dessus, et que l'excès de chaux se sépare à l'état d'hydrate, comme c'est manifestement le cas avec le ciment de Portland, qui se trouve, après durcissement, imprégné complètement de cristaux d'hydrate de chaux.

M. H. Le Chatelier admet l'existence d'un hydro-silicate de chaux stable cristallisé, de formule $2CaOscO_2+5H_2O$ et de l'aluminate $Al_2O_3{}^3CaO+12H_2O$: Mais, que l'hydro-silicate de chaux cristallise ou non dans le durcissement hydraulique, comme je le pense en raison de son insolubilité complète (2), cela n'affecte pas les raisonnements qui suivent.

On sait que l'aluminate Al_2O_3,3CaO, en s'hydratant, foisonne abondamment ; je ne considère donc pas ce composé comme prédominant dans le ciment de Portland de composition normale. M. Le Chatelier ne dit rien de plus sur l'hydro-ferrate de chaux très instable, totalement décomposable par l'eau. En fait, on n'a pas établi l'existence de combinaisons autres que celle susmentionnée.

J'ai,' d'accord avec M. Candlot, adopté pour l'alumino-sulfate de chaux cristallisé et séché sur acide sulfurique la formule $2\,(Al_2O_3,\ 3CaO)+5\,(CaOsO_3)+80H_2O$. M. Candlot trouve 120 H_2O pour les cristaux séchés à l'air ; mais, après séchage sur acide sulfurique, j'ai aussi observé la combinaison Al_2O_3 3Ca ; O+$CaOSo_3$+$30H_2O$

(1) Engineering, 2 avril 1897.

(2) C'est-à-dire qu'en présence de la chaux l'acide silicique est tout à fait insoluble dans l'eau : l'hydro-silicate de chaux est décomposé par l'eau mais jamais dissous, la chaux seule se dissout.

(3) Le composé séché à l'air

$$2\,Al_2O_3\ 3\,CaO + 5\,CaO\ SO_3 + 80\,H_2O$$

donne, séche à l'acide sulfurique, $22H_2O$; d'où, peut-être

$$2\,(Al_2O_3,\ 3\,CaO + 6\,H_2O) + 5\,(CaO\ SO_3 + 2\,H_2O)$$

avec $16H^2O$ après dessiccation à 100° ; chauffé au rouge très vif, il perd totalement son eau. Le sel double anhydre se dissout à 18° dans 2 214 fois son poids d'eau.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nous ne considérons ici que ce second composé, cristallisant avec 30 équivalents d'eau ; chaque molécule d'alumine, qui forme tout d'abord un hydro-aluminate de chaux dans les mortiers hydrauliques, peu former environ 12 fois son poids de ce double sel.

La combinaison avec l'hydro-ferrite de chaux se comporte de même : j'ai établi sa composition $Fe_2O_3 3CaO + 2CaOSo^3 + xH_2O$, mais je n'ai pas pu l'obtenir cristallisé, et comme cette cristallisation est encore douteuse, je n'en tiendrai pas compte dans les considérations suivantes : il faut seulement admettre que ce sel se comporte comme l'aluminate double.

1 de Al_2O_3	en poids	forme	3,062	de	$2\,Al_2O_3,\ 5\,CaO + 8\,H_2O$
1 — Al_2O_3	—	—	3,7	—	$Al_2O_3,\ 3\,CaO + 6\,H_2O$
1 — Al_2O_3	—	—	4,735	—	$Al_2O_3,\ 3\,CaO + 12\,H_2O$
1 — Al_2O_3	—	—	11,856	—	Alumino-sulfate de chaux
1 — Al_2O_3, $3CaO + 6H_2O$	—	—	3,2176	—	Alumino-sulfate de chaux
		ou	4,4636	—	Sel double de Candlot avec 120 H_2O.
1 — CaO, SO_3	—	—	3	—	Alumino-sulfate de chaux
1 — CaO, H_2O	—	—	2,3243	—	$CaO,SO_3 + 2\,H_2O$.

Les véritables ciments romains, avec 1 de silcate (acide silicique, alumine, oxyde de fer, oxyde de manganèse) pour 1,1 à 1,2 de chaux, sont, au point de vue chimique, les meilleurs ciments hydrauliques, car ils forment, en se durcissant, les composés les plus stables, exempts de chaux libre.

Par exemple, un ciment romain de la composition suivante :

Acide silicique	24 p. 100	ou, en équivalent	0,400	
Alumine	10,28	—	0,200	0,63
Oxyde de fer	4,80	—	0,030	
Chaux	49,00	—	0,875	
Acide sulfurique	0,20	—	0,040	
Magnésie..	0,5	—		
Alcalis				
Matières insolubles	3,72			

exigerait, avec formation des produits les plus riches en chaux, $2\,SiO_2,\ 3\,CaO$; $2\,FeO_3,\ 4\,CaO$; $2\,A_2lO_3,\ 5\,CaO$.

$$0{,}4 \times \frac{3}{2} + 0{,}2 + \frac{5}{2} + 0{,}03 \times 2 + 0{,}04 = 1{,}2 \text{ équivalents,}$$

ou 67,2 parties de son poids de chaux, et comme il n'y a, en présence des 0,63 équivalents de S_1O_2, Fe_2O_3, Al_2O_3, que 0,875 équivalents de chaux, ces composés riches ne peuvent pas se former ; il s'en forme donc de moins riches : SiO^2CaO ; $2Al_2O_3\,3CaO$; $2Fe_2O_3\,3CaO$, n'exigeant que 0,785 équivalents ou 43,96 parties en poids de CaO ; les 5,04 parties restantes de CaO sont employées à fournir des combinaisons plus riches : de sorte qu'il ne reste pas, après la prise, de chaux non combinée.

Un ciment hydraulique ainsi composé remplit parfaitement son objet. Indépendamment du sulfo-aluminate double de chaux $Al_2O_3\ 3CaO + 3CaOSo_3 + 30H_2O$, ce ciment romain ne donne en durcissant que les composés suivants :

Hydrosilicate de chaux avec 1 à 1,5 CaO pour 1 SiO^2
Hydro-aluminate de chaux avec 1 à 3 CaO pour 2 Al_2O_3
Hydro-ferrate de chaux avec 1 à 3 CaO pour 2 Fe_2O_3

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Comme le ciment romain ne peut s'obtenir que par une cuisson au rouge modéré, insuffisante pour en rapprocher les molécules, il forme, au point de vue physique, des produits hydrauliques peu compacts, qui renferment les composés formés par l'absorption de l'eau à l'état poreux, ce qui explique le rétrécissement des mortiers faits avec ces ciments quand on les sèche à l'air, par la perte de leur eau faiblement combinée. Toute l'eau qu'ils renferment en excès de celle nécessaire à la constitution de l'hydrate de chaux doit être, en effet, considérée comme faiblement combinée.

Les chaux hydrauliques du Teil, fabriquées dans l'Ardèche, sont celles qui, par leur aspect physique, se rapprochent le plus des ciments romains : elles sont encore moins compactes. La chaux du Teil renferme après calcination :

Acide silicique.	22,80	p. 100	ou, en équivalents	0,380
Alumine.	2,57	—	—	0,025
Oxyde de fer.	0,88	—	—	0,0055
Acide sulfurique	0,64	—	—	0,008
Chaux.	68,68	—	—	1,225
Magnésie	1,60	—		

et, en formant par sa prise les composés les plus riches en chaux, elle exige

$$0{,}38 \times \frac{3}{2} + 0{,}025 \times \frac{5}{2} + 0{,}0055 \times 2 + 0{,}008 = 0{,}6515 \text{ équivalents.}$$

ou 36,48 parties de chaux en poids. Il resterait donc 32,12 parties de chaux et 1,6 parties de magnésie non combinées.

Le *ciment de Portland* est supérieur au point de vue physique au ciment romain et aux chaux hydrauliques, car il est fortement resserré par la demi-fusion qu'il subit au rouge blanc; il se concentre encore beaucoup plus pendant la prise, parce que ses molécules plus rapprochées présentent, sous un même volume, une masse beaucoup plus grande de matière foisonnante. A volume égal, en pratique, le ciment de Portland pèse 1,7 fois plus que le ciment romain et 2 à 2,5 fois plus que les chaux hydrauliques; le ciment de Portland mi-fondu est encore beaucoup plus dense et son mortier plus fort, plus serré et plus lourd.

D'autre part, les ciments de Portland sont inférieurs au point de vue chimique, parce que, comme avec la chaux du Teil, il se produit, par la prise hydraulique, un grand excès de chaux non combinée. Considérons, par exemple, deux ciments de Portland contenant l'un (*a*) le minimum, l'autre (*b*) le maximum de chaux, soit 1 de silicate pour 1,7 et 2,32 de chaux; leurs compositions seront les suivantes :

	(*a*)		(*b*)	
	p. 100.	en équivalents.	p. 100.	en équivalents.
Silice	22,50	0,3750	20,778	0,3463
Alumine.	8,99	0,0875	5,819	0,0566
Oxyde de fer.	4	0,0250	2,720	0,0170
Acide sulfurique.	1	0,0125	0,520	0,0065
Chaux.	61,04	0,0900	68,379	1,2210
Magnésie.	2,47			
Alcalis.				

Comme les composés les plus riches en chaux exigent 0,84375 équivalents ou 47,25 de chaux, il reste, avec le ciment (*a*) au moins 13,79 p. 100 de chaux non saturée,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sans compter la magnésie, les alcalis... Dans le ciment (*b*), plus riche en chaux, il reste 29,1 p. 100 de chaux non combinée, en supposant qu'il se forme réellement, pendant la prise, les composés les plus riches possible en chaux.

Dans un ciment de Portland de composition moyenne, avec 1 de silicate (argile) pour 2 de chaux, il se sépare environ 25 p. 100 de chaux anhydre, correspondant à 33 p. 100 d'hydrate de chaux, facilement reconnaissable en cristaux, car il n'a pas le temps de se transformer en carbonate.

On comprend facilement qu'un composé dans lequel se trouve, à l'état libre, une si grande quantité d'un corps d'affinités aussi fortes que la chaux vive, ne saurait constituer une combinaison chimique stable; cette chaux doit agir et réagir jusqu'à ce qu'elle ait formé un composé saturé. Ce phénomène se produit d'abord à partir de la surface, par absorption de l'acide carbonique de l'air et de l'eau, ou en réagissant, dans l'eau de mer, principalement sur les composés solubles de l'acide sulfurique. La chaux libre se transforme d'abord, suivant les circonstances, en carbonate ou en sulfate, puis de même la chaux se présente sous forme de composés ferreux très instables, et enfin commence l'attaque des aluminates et silicates de chaux.

Même la simple formation du sulfate de chaux ou gypse à 2 équivalents d'eau occasionne un foisonnement considérable, suffisant pour détruire la cohérence due à l'absorption de l'eau; mais, à la présence du gypse, se rattache la formation de l'alumino-sulfate de chaux, dont le foisonnement énorme détruit complètement la cohésion du ciment, parce qu'il cristallise avec au moins 30 et probablement 60 p. 100 d'eau: cet alumino-sulfate transforme ainsi, grain par grain, les mortiers les plus durs en une boue amorphe, dans laquelle les parties protégées par la formation du carbonate de chaux peuvent seules conserver encore quelque cohésion.

En étudiant le ciment romain, les chaux hydrauliques et les ciments de Portland au point de vue de ces formations de sulfate puis d'alumino-sulfate de chaux, et en admettant l'existence des types ci-dessus définis, on voit que, *dans le ciment romain*, toute la chaux est combinée, et n'a aucune tendance à réagir avec le sulfate de magnésie. Néanmoins, les 5,44 p. 100 de sulfate de chaux présents dans les mortiers forment, avec l'aluminate de chaux existant, au moins 16 p. 100 en poids d'alumino-sulfate qui, probablement, trouve à se loger dans les pores du mortier, car le ciment romain résiste parfaitement à l'eau de mer.

Avec la *chaux du Teil*, en général, une grande partie de la chaux libre se transforme en carbonate de chaux par son durcissement plus long à l'air avant son emploi dans l'eau de mer, ce qui empêche la formation du gypse. S'il ne se formait pas ou presque pas de carbonate de chaux, il y aurait environ 30 parties de chaux de disponible pour la formation du gypse, dont il se produirait ainsi 92,144 parties en poids, aux dépens des 39,643 parties de chaux hydratée, ce qui suffirait pour détruire complètement la cohésion du ciment. Néanmoins, les 5,97 parties d'aluminate de chaux font, avec une portion de gypse, 30 p. 100 de sulfo-aluminate, augmentant le poids du ciment d'environ 60 p. 100, de sorte que la présence du gypse joue ici un rôle prépondérant, tandis que la formation du sulfo-aluminate est de peu d'importance, parce que les chaux hydrauliques renferment peu d'alumine, beaucoup de silice et de chaux.

Dans un ciment de Portland renfermant une quantité moyenne de chaux: 64 p. 100, 7,2 p. 100 d'alumine, 0,8 d'acide sulfurique, il se sépare, comme nous l'avons vu, 25 p. 100 CaO ou 33 parties de CaH_2O_2 qui forment, avec le sulfate de magnésie, 74,5 parties de gypse, avec augmentation de poids de 41,5 p. 100. Les 7,2 p. 100 d'alu-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mine ont formé 26,64 p. 100 d'hydro-aluminate de chaux qui, avec le gypse présent, forme au moins 85 p. 100 de sulfo-aluminate, ce qui mène à une augmentation totale de 64 p. 100 en poids, laquelle entraîne inévitablement la destruction totale du ciment, à moins de circonstances exceptionnellement favorables empêchant l'action des sels solubles de l'eau de mer.

Le carbonate de chaux ne peut pas être décomposé par les sulfates à la température ordinaire, de sorte que la possibilité, pour la couche superficielle de chaux, de se transformer en carbonate constitue le meilleur moyen de protection, et explique ce fait que la chaux du Teil, par exemple, est plus durable que le ciment de Portland exposé ordinairement de suite à l'eau de mer : en effet, d'habitude, en raison de la lenteur de leur prise, on laisse les chaux hydrauliques se durcir un peu dans l'air, et absorber ainsi de l'acide carbonique avant de les employer à la mer. Cette pratique s'étend maintenant aussi au ciment de Portland, comme je l'ai constaté, notamment à Boulogne-sur-Mer ; mais, s'il vient à s'infiltrer de l'eau à l'intérieur du ciment, au travers de sa mince couche protectrice de carbonate de chaux, la décomposition qu'elle y produit chasse rapidement cette couche avec une force irrésistible.

Le silicate de chaux se transforme difficilement en carbonate, au moins en totalité, et d'autant plus que le mortier est plus pauvre en chaux. Il est très difficile de transformer entièrement en carbonate la chaux de petits blocs de mortier de 50 à 100 centimètres cubes, dans une atmosphère d'acide carbonique humide. L'aluminate de chaux se décompose plus facilement, et le composé de chaux et d'oxyde de fer est entièrement décomposé par l'acide carbonique.

Pour expérimenter l'action de l'acide carbonique sur les mortiers de ciment de Portland, on prépara 10 éprouvettes parfaitement lisses, composées de 1 en poids de ciment de Portland de Stetlin pour 3 de sable de Berlin, et aussi de 1 de ce ciment pour 5 de sable. On les laissa se durcir pendant vingt-quatre heures dans une atmosphère humide sans acide carbonique, puis pendant vingt-quatre heures dans des bouteilles d'eau distillée fermées. On soumit la moitié de ces briquettes à l'action de l'acide carbonique sous une cloche, pendant cinq semaines, puis on les plaça avec les autres sous de l'eau en bouteilles pendant quatre semaines. Après ces cent vingt jours, les essais à la traction et à la compression ont donné les résultats moyens suivants :

MORTIER 1/3				MORTIER 1/5			
(*a*) Protégé contre l'acide carbonique.		(*b*) Soumis à l'acide carbonique.		(*c*) Protégé contre l'acide carbonique.		(*d*) Soumis à l'acide carbonique.	
Tension.	Compression.	Tension.	Compression.	Tension.	Compression.	Tension.	Compression.
0^{k},27 par $^{m}/^{m2}$	3^{k},10	0^{k},29	3^{k},4	0^{k},15	1,12	0,17	1,4

Ces mortiers renfermaient après dessiccation à l'acide sulfurique :

Mortier à 1/3	(*a*) Acide carbonique.	0,565 p. 100		Mortier à 1/5	(*c*) Acide carbonique.	0,483 p. 100	
—	Eau combinée . .	3,046	—	—	Eau combinée . .	2,336	—
—	(*b*) Acide carbonique.	1,506	—	—	(*d*) Acide carbonique.	1,954	—
—	Eau combinée . .	3,150	—	—	Eau combinée . .	1,896	—

Le mortier à 1/3 renfermait 14,383 p. 100 de chaux et le mortier à 1/5, 10 p. 100 : de cette chaux, il s'en transforma en carbonate seulement 13,3 p. 100 en (*b*) et 24,86 p. 100 en (*d*). On voit que, même avec les petites éprouvettes de l'essai normal allemand (70 centimètres cubes, hauteur 22 millimètres), l'absorption de l'acide

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

carbonique est très lente dans une atmosphère de pur acide carbonique humide, de sorte que, pour les grands blocs, la carbonatation ne peut être que très superficielle, et n'offrir qu'une protection insuffisante contre l'eau de mer.

On plaça ensuite des moitiés de ces briquettes dans de l'eau de mer et dans une dissolution à 2 p. 100 de sulfate de magnésie : celles qui avaient été protégées contre l'action de l'acide carbonique furent rapidement décomposées, mais les autres ne furent gravement attaquées qu'après sept mois, principalement le mortier plus poreux, à 1,5, bien qu'il eût absorbé plus d'acide carbonique.

Dans l'eau douce, la chaux ne peut être que dissoute ou transformée en carbonate; plus l'eau en dissout, plus le restant se combine difficilement avec l'acide silicique et l'alumine, ainsi que l'a montré M. Le Chatelier; ce mortier devient ainsi plus poreux, mais sa chaux ne se dissout jamais en totalité. De très petites masses de ciment de Portland, préalablement protégées contre l'acide carbonique, peuvent bien, mises en digestion dans de l'eau pure bouillie, perdre toute leur chaux et conserver ainsi leurs hydrates de silice, d'alumine et d'oxyde de fer; mais, même avec des masses de quelques centimètres cubes seulement, cette décomposition complète exige des années pour se produire dans de grands volumes d'eau. L'eau douce agit donc tout différemment que l'eau de mer; la chaux dissoute en partie laisse le mortier plus poreux, mais sans en provoquer la destruction par effritement. Dans la prise du ciment de Portland à 64, 66, 70 p. 100 de chaux, la force de cohésion est supérieure à celle de dilatation, pourvu que la chaux soit répartie uniformément dans toute la masse; la chaux foisonne alors en remplissant les pores du ciment et en augmentant la densité de la masse. Au contraire, dans les ciments mal cuits, où se trouvent disséminées irrégulièrement des nodules de chaux vive avec des silicates, aluminates et ferrites trop riches en chaux, le foisonnement se fait aussi grand que pour la chaux libre. En tout cas, j'ai constaté qu'il existe du ciment de Portland fondu à 1 d'argile pour 2,4 de chaux, ou avec un degré d'hydraulicité de 0,416, qui ne donne aucune trace de foisonnement.

La magnésie qui se précipite par les réactions de l'eau de mer sur les ciments, loin de leur nuire, les protège, car lorsque le sulfate de magnésie se décompose par la chaux, il remplit les pores du mortier d'un hydrate de magnésie insoluble, qui augmente son imperméabilité. Le sulfate de magnésie est le plus actif des sulfates de l'eau de mer, mais les autres sulfates : de chaux et alcalins, et, en général, les sulfates solubles, exercent aussi une action destructive.

On peut encore citer, parmi les autres moyens de protection, les incrustations animales, les revêtements de boues, etc., qui empêchent la pénétration de l'eau de mer.

J'ai démontré par mes expériences que, indépendamment de leurs qualités physiques, les mortiers hydrauliques les plus riches en chaux sont les moins résistants à l'eau de mer, et que rien n'est plus nuisible que d'ajouter de la chaux à ces mortiers pendant leur préparation. La plus grande durée des ciments romains, moins riches en aluminate de chaux que les ciments de Portland, démontre bien que la présence d'un excès de chaux libre, ou le devenant, est la principale cause de destruction des ciments par l'eau de mer. Plus le ciment de Portland renferme de chaux, plus il foisonne par la formation du gypse; de là, l'infériorité, dans l'eau de mer, des ciments actuels plus forts et plus riches en chaux que les anciens. Le ciment cité plus haut, le plus chargé de chaux que l'on emploie en pratique, augmenterait de poids dans le rapport de 70 à 125 si toute la chaux non combinée se transformait en sulfate, et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'hydro-aluminate de chaux en alumino-sulfate de chaux avec 30 équivalents d'eau.

Un ciment hydraulique renfermant un excès de chaux est aussi instable au point de vue physique qu'au point de vue chimique, car une faible absorption hygroscopique suffit pour le faire foisonner, perdre ses sels alcalins, ce qui facilite l'accès de l'acide carbonique humide à la chaux et la formation du carbonate. Ensuite, quand le mortier se sèche, il se fissure par contraction. Ce travail de désagrégation se poursuit pendant très longtemps, une dizaine d'années, avec une instabilité perpétuelle, dangereuse pour un grand nombre de travaux. On peut éviter tous ces inconvénients en mettant la chaux libre des ciments en présence de silice hydraulique ou d'alumine, avec lesquelles elle forme des hydrates stables. On ne peut empêcher ainsi la décomposition des alcalis caustiques par l'atmosphère, mais ils sont en trop petite quantité et trop solubles pour occasionner un danger.

Ainsi que je l'ai établi en 1882 (1), pendant la prise, dans l'eau alcaline qui se forme à l'intérieur du ciment par le fait des alcalis qu'il renferme, la chaux se sépare sous forme de cristaux tendant à détruire la cohésion déjà acquise, à moins que, comme cela se passe avec les bons ciments, cette cohésion ne soit très forte et la cristallisation assez lente.

Il résulte de ces considérations que si l'on met en présence de la chaux en train de se séparer des pouzzolanes susceptibles de former avec cette chaux des ciments, on pourra ainsi augmenter la proportion de chaux des mortiers, de façon qu'il ne se forme plus de cristaux de chaux, toute la chaux libre se combinant en hydro-silicate de chaux et d'alumine. Cette amélioration du ciment de Portland, par certaines additions de pouzzolanes, longtemps contestée, n'est plus niée aujourd'hui. On peut ainsi arriver à combiner toute la chaux, de manière à rendre le mortier beaucoup moins attaquable à l'eau de mer.

Cette action est presque totalement d'ordre chimique. Dans les essais que j'ai faits pour étudier cette action, j'ai employé (1°) une eau de mer artificielle renfermant, par litre, 30 grammes de chlorure de sodium, 12 grammes de sulfate de magnésie avec 7 d'eau, 3 grammes de chlorure de magnésium, 1 gramme de sulfate de chaux à 2 équivalents d'eau (gypse), sans sels alcalins ni carbonate, pour ne pas affaiblir l'action de l'eau de mer, mais avec du gypse suspendu dans un sachet pour maintenir, comme dans l'eau de mer, la proportion d'acide sulfurique sensiblement constante ; (2°) une dissolution saturée de sulfate de chaux avec gypse suspendu dans le bain ; (3°) une dissolution de 1 p. 100 de sulfate de magnésie cristallisé (4° et 5°) des dissolutions de 2 p. 100 et 3 p. 100 de sulfate de magnésie cristallisé ; (6°) une dissolution de 1,3 p. 100 de sulfate de soude cristallisé.

Vicat avait déjà constaté l'action puissante des dissolutions de sulfate de soude sur les mortiers. Il y a quinze ans, j'ai constaté qu'une dissolution de sulfate de chaux avec 0,127 p. 100 d'acide sulfurique détruisait complètement les meilleurs ciments.

Mes essais ont été exécutés (1°) avec des mortiers à grain serré, renfermant 1 de ciment pour 2 5 et 4 de sable quartzeux en poids ; (2°) avec des mortiers poreux à 1 de ciment pour 5 de sable.

Pour les premiers essais, j'ai préparé des éprouvettes de Bauschinger, de 0m,10 de long sur 0m,05 de côté, ayant les compositions suivantes en poids :

(1) *Deutsche Topfer und Ziegler Zeitung*, n° 33.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

(1) 4 de ciment de Porthand à moins de 6 p. 100 d'alumine.
10 de sable quartzeux.
(2) 2 de ce même ciment, 2, de trass de Plaidt, 10 de sable quartzeux.
(3) 4 de ce même ciment, 1,2 de silice séchée à l'air, 13 de sable quartzeux.
(4) 4 de ce même ciment, 1,1 de kaolin de Sedlitz chauffé au rouge, 12,7 de sable quartzeux.
(5) 4 de ciment de Portland à 9 p. 100 d'alumine lavé, 10 de sable quartzeux.
(6) 2 de ce même ciment, 2 de trass de Plaidt, 10 de sable quartzeux.
(7) 4 de ciment, 16 de sable normal.
(8) 4 de ciment, 1,2 de silice hydraté comme en 3, 13 de sable quartzeux.
(9) 4 de ciment, 1,1 de kaolin séché au rouge, 12,7 de sable quartzeux.
(10) 4 de ciment de Portland à 9 p. 100 d'alumine préparé par voie sèche, 10 de sable quartzeux.
(11) 2 de ce même ciment, 2 de trass de Plaidt, 10 de sable quartzeux.
(12) 4 de ce ciment, 16 de sable normal.
(13) 4 de ce ciment, 1,2 de sable quartzeux, 1,2 de silice comme pour (3) et (8).
(14) 4 de ciment, 1,1 de kaolin chauffé au rouge comme pour (4) et (9).
(15) 100 de ciment romain, 12,7 de sable quartzeux bavarois, 36 d'eau.
(16) 4 de ce ciment romain, 10 de sable quartzeux, 13 d'eau.
(17) 100 de ciment romain de Bosnie, 36 d'eau.
(18) 4 de ce même ciment, 13 d'eau.
(19) 4 de chaux du Teil, 12 de sable normal.
(20) 4 de chaux du Teil, 20 de sable normal.
(21) 5 de silice hydratée comme en (3) (8) et (13), 12,5 de chaux pure laissant au feu 32 p. 100 après cuisson, 20 de sable quartzeux.
(22) 6 de kaolin chauffé au rouge comme en (4) (9) et (14), 16,5 de chaux pure, comme en (21).
(23) 4 de silice ankydre (silice hydraulique chauffée à blanc), 19 de chaux pure, comme en (21) et (22).

On laissa toutes ces barettes durcir pendant vingt-quatre heures à l'air humide sans acide carbonique, on en plongea ensuite la moitié dans une dissolution de gypse maintenue constamment saturée dans des bouteilles fermées, et l'autre moitié dans une dissolution à 1 p. 100 de sulfate de magnésie, renouvelé d'abord journellement pendant la première quinzaine, chaque semaine pendant trois mois, et enfin chaque mois.

Dans la dissolution de gypse, on observa les phénomènes suivants :

	Commencement de la destruction.	Destruction complète.
Mortier (1).	après 6 mois	après un an
— (5).	— 6 —	— 1 —
— (7).	— 3 —	— 6 mois
— (10)	— 3 —	— 6 —
— (12)	— 3 —	— 6 —
— (20)	— 1 an	
— (22)	— 14 jours	— 1 —

Les autres éprouvettes sont encore, après deux ans, tout à fait intactes.

Dans la dissolution à 1 p. 100 de sulfate de magnésie, il se produisit les phénomènes suivants :

	Commencement de la destruction.	Destruction complète.
Mortier (1).	après 6 mois	après 1 an
— (5).	— 6 —	— 9 mois
— (7).	— 4 —	— 6 —
— (10)	— 3 —	— 9 —
— (12)	— 3 —	— 6 —
— (17)	— 18 —	
— (20)	— 12 —	
— (22)	— 8 jours	— 1 —

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On voit que le mortier n° 22, — kaolin et chaux, — est rapidement détruit par les deux dissolutions, bien que très durable dans l'eau douce, ce qui tient à la porosité du kaolin et à sa richesse en alumine, dont il renferme 42 p. 100. Le mélange de 6 p. 100 de kaolin et de 16.5 de chaux renfermait :

3,30 p. 100	en poids de silice ou	550	en équivalents
3,52	—	—	244	—
5,28	—	—	943	—

répondant à peu près à la formule $SiO^2CaO + 2\ al_2O_3\ 3\ CaO$. Un d'alumine forme douze fois son poids de sulfo-aluminate de chaux à 30 p. 100 d'eau, de sorte que les 22,7 p. 100 d'alumine de ce mortier forment 270 p. 100 de ce double sel. Malgré cela, les trois mortiers mixtes de ciment de Portland et de kaolin se sont parfaitement conservés pendant deux ans, ce qui est dû à la combinaison de la chaux libre avec cette pouzzolane.

Les ciments de Portland purs se sont rapidement désagrégés, principalement ceux à 9 p. 100 d'alumine, conformément à la théorie. La chaux du Teil s'est bien conservée ; le mortier au 1/5, le plus poreux, commence à se désagréger dans un angle. Les ciments romains bavarois n'ont pas bronché ; ceux de Bosnie commencent, après 4 mois, à se désagréger aux angles dans la dissolution de chlorure de magnésium.

Les compositions de ces deux ciments romains, après cuisson, étaient de :

	Bavarois.	de Bosnie.
Sable et argile	6,381 p. 100	2,920 p. 100
Silice	23,881 —	30,180 —
Alumine	9,709 —	9,036 —
Oxyde de fer	4,052 —	3.669 —
Chaux	47,229 —	49,000 —
Magnésie	3,992 —	2,215 —
Acide sulfurique	4,237 —	2,109 —
Manganèse, Alcalis	non dosés.	

Comme on l'a démontré précédemment, les composés les plus riches en chaux ne peuvent pas se former, dans ces deux ciments, par la prise hydraulique. Avec la formation $2\ R_2O_3\ 3\ CaO$, il resterait, dans le ciment bavarois, 1,5 équivalents de chaux pour saturer la silice, et 1,35 équivalents, ou le composé $3\ SiO^2\ 4\ CaO$, dans le ciment de Bosnie. C'est ce qui explique l'endurance du ciment romain à la mer.

La seconde série d'essais fut exécutée avec des éprouvettes de $2 \times 30 \times 4$ centimètres, sur les ciments suivants : (A) Portland, avec 9 p. 100 d'alumine, fabriqué par le procédé à sec ; (B) (C) (D) chaux du Teil, ciments romains bavarois et de Bosnie des essais précédents.

	A	B	C	D
Silice	21,712 p. 100	21,331	23,88	23,881
Alumine	3,803 —	8,918	2,57	2,709
Oxyde de fer	2,949 —	2,695	0,88	4,051
Chaux	64,851 —	63,776	69,151	44,263
Magnésie	1,030 —	0,805	1,60	3,992
Soude	0.160 —	0,101	0,07	
Sulfate de chaux	2,468 —	1,631	1,09	7,203
Matières insolubles	0,357 —	0,123		6,381
	100,080 —	100,157	99,38	99,481

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les mortiers ont été, pour l'essai à la traction, moulées en éprouvettes de la forme réglementaire allemande, avec 1 de ciment pour 5 de sable de Berlin.

Après séchage pendant 24 heures à l'air humide, les briquettes furent plongées : celles marquées M dans l'eau de mer artificielle des premiers essais ; celles marquées S, dans l'eau douce, et celles marquées Ma dans l'eau de mer, après avoir été, pendant huit semaines, arrosées d'eau douce pour absorber l'acide carbonique. Elles ont fourni les résultats suivants, moyennes de dix essais ;

Après une immersion de :	Résistance à la traction en kilog. par centimètre carré.											
	AS	AM	AMa	Bs	BM	BMa	CS	CM	CMa	Ds	DM	DMa
7 jours. . . .	7,23	6	16	10,5	7,9	17	3,8	5	7,8	2,86	6,3	13,1
28 —	10,5	7,5	15	12,7	7	18	5	6,5	7	5	9,2	13,5
90 —	11,3	10,5	15	15	9,1	16	8,4	11	10	10	11,4	14,7
Un an.	16,10	16,10	6,5 à 18	17	11,2	2 à 15	13,2	15,2	12,5	14,5	14	15,4

On fit ensuite un mélange du ciment A avec du trass de Plaidt, qui se compose de :

10 à 12 p. 100		d'eau et perte au feu.
20 à 30	—	de silice hydratée et alumine.
60 à 65	—	de matières inertes agissant comme du sable.

Ce trass laissait, au tamis de 2500 mailles au centimètre carré, 41 p. 100 de résidu et présentait, séché à l'air, la composition suivante :

	P. 100.
Eau hygroscopique	4,141
— combinée	6,899
Perte à 900°	0,202
Silice	53,583
Alumine	19,008
Oxyde de manganèse	0,115
— de fer	4,193
Chaux	1,736
Magnésie	1,652
Potasse	4,147
Soude	4,242
Acide titanique, Chlore, Acide phosphorique	non dosés
Acide sulfurique	0,107
	100,025

Traité par une dissolution à 10 p. 100 de soude caustique, ce trass abandonne (a), après 10 jours de digestion au bain marie, 16,543 p. 100 de silice hydraulique ; 4,810 p. 100 d'alumine ; (b) après 24 heures, 16,708 de silice hydraulique, 6,043 d'alumine hydratée.

On prépara ensuite les mortiers suivants :

E	1 en poids de ciment A 1 de trass de Plaidt 4 de sable normal	1,25 de produit hydraulique 1,125 de sable	plus riche que 1/4
F	1 de ciment A 0,5 de trass de Plaidt 4,5 de sable normal	4,60 de produit hydraulique 4,800 de sable	plus pauvre que 1/4

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ils ont donné les résultats suivants, S indiquant l'essai à l'eau douce, et M l'essai avec l'eau de mer :

Durée de l'immersion :	Resistance à la traction en kilog. par centimètre carré.			
	ES	EM	FS	FM
7 jours	10	12	11,2	10
28 —	20	28	17	20
90 —	27	36	22	24
1 an.	31	39	28	23

On sait que, sur 100 parties de ciment de Portland, avec une proportion de chaux moyenne, il se libère 25 de chaux ou 53 p. 100 de CaH_2O_2. Avec l'addition de 100 de trass à 16,5 de silice et 5,14 d'alumine susceptibles de se combiner, la formation de SiO^3 CaO exigerait 15,4 de CaO, et celle de 2 al_2O_3 3 CaO, 4,2 de CaO, où, en tout, 19,6 CaO, de sorte qu'il se formerait un silicate plus riche en chaux que le silicate simple, et qu'il conviendrait probablement d'ajouter 125 et plus de trass pour 100 de ciment de Portland. D'autre part, les composés de 2 SiO^2 avec 1 à 2 CaO deviennent très durs et sont plus stables que les silicates simples. Dans tous les cas, il faut ajouter d'autant plus de chaux que le ciment ou la chaux hydraulique est plus riche en chaux.

L'échantillon FM montre, qu'après un an, il est aussi attaqué par l'eau de mer; en effet, dans ce mélange de 100 de ciment pour 50 de trass, il resterait toujours, même avec la formation de 2 SiO^2 2 CaO et de 2 Al_2O_3 5 CaO, 10 parties de chaux libre pour réagir avec les sulfates de l'eau de mer.

Les expériences suivantes, exécutées en octobre 1895, ont porté sur des mortiers de ciment de Portland et de chaux du Teil additionnés de trass en quantité suffisante pour les rendre pauvres en chaux et poreux; leurs compositions étaient les suivantes :

G, Ciment de Portland avec 99 p. 100 d'alumine et 1/5 de sable de Berlin.
H, 1 de ce ciment, 1 de trass, 6 de sable ou 1 de produit hydraulique (*h*) pour 5,3 de sable.
I, 1 de ciment, 1 de trass, 6,75 de sable de Berlin (1 de *h* pour 6 de sable).
K, 1 de chaux du Teil, comme en C, 5 de sable de Berlin (1 de *h* pour 5 de sable).
L, 1 de chaux du Teil, 1 de trass, 5 de sable de Berlin (1 de *h* pour 5 de sable).
M, 1 de chaux, 1 de trass, 6 de sable de Berlin (1 de *h* pour 5,6 de sable).

K I, et M furent mis d'abord à durcir pendant sept jours à l'air, dans un espace fermé humide.

Les expériences de E à M dureront trois ans. Les fragments des éprouvettes essayés après un an et plus seront alors placés dans des dissolutions à 2 et 3 p. 100 de sulfate de magnésie, c'est-à-dire plus exposées que dans l'eau de mer.

Les résultats obtenus, jusqu'à présent, sont les suivants, S et M se rapportant aux essais en eau douce et en eau de mer :

Durée de l'immersion :	Résistance à la traction en kil., par centimètre carré.								
	CS	GM	HS	HM	IS	IM	KM	LM	MM
28 jours. . .	9	6,3	10,5	22	10	21	3	12	10,3
Densité . . .							2,16	2,19	2,23
90 jours. . .	10,3	7,6	17	25	17	25	2,4*	22	20
Densité . . .	2,14	2,17	2,26	2,28	2,27	2,30	2,25	2,25	2,25

* Au quatre-vingt-dixième jour, ces briquettes de chaux du Teil, sans addition de pouzzolane, dénotèrent, outre leur diminution de résistance, quelques écaillures à la surface.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On voit, par ces essais, que l'eau de mer affaiblit tous les ciments à excès de chaux libre par la cristallisation de cette chaux qui, peu à peu, détruit la cohésion acquise par la prise hydraulique.

L'une des briquettes BM, dès même le 90e jour, était désagrégée au point qu'elle se brisa quand on la prit pour l'essayer, avec, dans la cassure, des cristaux de sulfate de magnésie sur une épaisseur de 5 millimètres; il en fut de même pour une briquette BMa. Il faut aussi remarquer que les briquettes soumises à l'action de l'acide carbonique se détruisirent plus rapidement, avec soulèvement et rejet de la croûte de carbonates, à l'exception toutefois de l'éprouvette DM_a. Toutes les briquettes D étaient, après deux ans, parfaitement saines, sans aucune trace de séparation de la magnésie aux cassures.

On voit très bien que l'addition du trass et des pouzzolanes, en général, aux chaux très riches, aux ciments de Portland et aux chaux hydrauliques, peut doubler et tripler la résistance de leurs mortiers et les rendre indéfiniment durables à l'eau de mer; et l'on peut, d'autre part, affirmer que les chaux hydrauliques qui renferment plus de chaux qu'il n'en faut pour la formation des hydro-aluminates et hydro-silicates stables ne devraient jamais être employées pour les travaux maritimes.

En outre, puisque les ciments mélangés forment des mortiers plus durables, plus résistants et beaucoup moins coûteux, il faut, dans l'intérêt du public, en propager l'usage, et ne jamais autoriser, pour les travaux maritimes, l'emploi de chaux hydrauliques trop riches sans les additionner de pouzzolanes. La meilleure de ces pouzzolanes est le trass pur, sans cendres ni scories d'aucune sorte, qui fournit, mélangé au ciment de Portland, des mortiers inattaquables à la mer. Quant à la proportion de ces mélanges, assez délicate à établir en fonction de la richesse en chaux des ciments et de l'hydraulicité de la matière ajoutée, elle devrait être déterminée par des laboratoires ou des experts compétents.

Parmi les pouzzolanes utilisables dans ce but, on peut citer les silices hydrauliques, les terres d'infusoires, la terre de Santorin, certaines scories de haut fourneau granulées, les schistes alumineux grillés, le kaolin, la poudre de briques.

Quant à la méthode d'essai des ciments destinés aux travaux maritimes, la voici, telle qu'elle résulte des considérations précédentes, et que je la présentais à la Commission pour l'unification des méthodes d'essais des matériaux.

L'essai de résistance à l'action de l'eau de mer se fera avec des mortiers poreux, à 1/3, à la tension, la compression ou la flexion, avec immersion dans de l'eau de mer, naturelle ou artificielle, renouvelée journellement pendant vingt-huit jours, puis chaque semaine, et agitée chaque jour.

Comme eau de mer artificielle, on adoptera une dissolution de :

30	grammes de chlorure de sodium.		
3	—	de chlorure de magnésium calculé à l'état anhydre.	
3	—	de sulfate de magnésie	— —
1gr,25	de sulfate de chaux	—	—

sans bicarbonates, qui attarderaient inutilement l'action de l'eau de mer. On disposera dans le bain des morceaux de gypse enveloppés de linge pour maintenir la proportion d'acide sulfurique constante, comme dans la véritable eau de mer.

Raison d'être de cette méthode. — L'action de l'eau de mer sur les ciments et chaux hydrauliques est principalement chimique; elle provient de la réaction des sulfates solubles dans l'eau de mer sur la chaux libre, — ou le devenant par la prise, — sur le ferrite de chaux, l'aluminate et le silicate, principalement sur ces dernières combinaisons riches en chaux.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans les mortiers poreux, les progrès de cette action se déterminent plus rapidement, et ce, par des essais de résistance; c'est pour cela que je recommande des briquettes de 1 de ciment pour 5 de sable, de grande surface proportionnellement à leur volume et, de préférence, disposées pour les essais à la traction et à la flexion plutôt qu'à la compression.

Les essais comparatifs de prise dans l'eau douce et dans l'eau de mer permettent d'apprécier rapidement l'action de l'eau de mer.

Une dissolution de 2 p. 100 de sulfate de magnésie active encore les essais.

Il ne faut plus parler de l'action nuisible des sels de magnésie sur les mortiers hydrauliques, puisque la magnésie exerce une action plutôt favorable par la fermeture de leurs pores (colmatage). Elle se dépose en un hydrate floconneux qui ne provoque aucune tension, insoluble dans l'eau, et qui, par conséquent, se maintient sans modifications là où il se dépose. L'acide sulfurique seul exerce une influence nuisible, et, de même, tous les sulfates solubles, de soude (Vicat), de chaux (Michaelis) ou de magnésie.

Ma théorie, qui date de 1882, s'est, on le voit, considérablement étendue, et j'espère qu'elle sera de quelque utilité pour l'amélioration des constructions maritimes en maçonnerie de ciment.

G. R.

Sur la liquéfaction du fluor. Note de **MM. A. Moissan** et **J. Dewar** (1).

Les propriétés physiques d'un grand nombre de composés fluorés minéraux et organiques faisaient prévoir théoriquement que la liquéfaction du fluor ne pouvait se faire qu'à très basse température.

Tandis que les chlorures de bore et de silicium sont liquides à la température ordinaire, les fluorures sont gazeux et bien éloignés de leur point de liquéfaction. La différence est la même pour les composés organiques : le chlorure d'éthyle bout à + 12° et le fluorure d'éthyle à 32° (2) ; le chlorure de propyle bout à + 45° et le fluorure de propyle à — 2° (3). Des remarques semblables avaient été indiquées antérieurement par Paterno et Oliveri (4) et par Wallach et Heusler (5). On peut rapprocher de ces faits les expériences de Gladstone sur la réfraction atomique (6).

Enfin, par certaines de ses propriétés, bien que le fluor reste nettement en tête de la famille du chlore, il se rapproche aussi de l'oxygène.

L'ensemble de ces observations paraissait bien établir que le fluor ne pourrait que difficilement être amené à l'état liquide. L'un de nous avait démontré, qu'à — 95°, à la pression ordinaire, il ne changeait pas d'état (7).

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 31 mai 1897.

(2) H. Moissan, *Propriétés et préparation du fluorure d'éthyle* (*Ann. de Chim. et Phys.*, 6e série, t. XIX, p. 266).

(3) Meslans, *Comptes rendus*, t. CVIII, p. 352.

(4) Paterno et Oliveri, *Sur les trois acides fluobenzoïques isomères et sur les acides fluotoluidique et fluoanisique* (*Gazzetta chimica italiana*, t. XII, p. 85 ; 1882, et t. XIII, p. 583).

(5) Vallach et Heusler, *Annales de Liebig*, t. CCXLIII, p. 219 ; 1887.

(6) J.-H. Gladstone and G. Gladstone, *Refraction and dispersion of fluorobenzene and allied compounds* (*Phil. Mag.*, 5e série, t. XXXI, p. 1).

(7) H. Moissan, *Nouvelles recherches sur le fluor* (*Annales de chimie et de Physique*, 6e série, t. XXIV, p. 224).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans les nouvelles expériences que nous publions aujourd'hui, le fluor a été préparé par électrolyse du fluorure de potassium en solution dans l'acide fluorhydrique anhydre. Le gaz fluor était débarrassé des vapeurs d'acide fluorhydrique par son passage dans un petit serpentin de platine refroidi par un mélange d'acide carbonique solide et d'alcool. Deux tubes de platine remplis de fluorure de sodium bien sec complétaient cette purification.

L'appareil à liquéfaction se composait d'un petit cylindre de verre mince, à la partie supérieure duquel était soudé un tube de platine. Ce dernier contenait, suivant son axe, un autre tube plus petit de même métal. Le gaz à liquéfier arrivait par l'espace annulaire, passait dans l'ampoule de verre et ressortait par le tube intérieur.

Cet appareil était réuni, par une soudure, au tube abducteur qui amenait le fluor.

Dans ces expériences, nous avons employé l'oxygène liquide comme substance réfrigérante. Cet oxygène était préparé par les procédés décrits par l'un de nous, et ces recherches ont exigé la consommation de plusieurs litres de ce liquide (1).

L'appareil étant refroidi à la température d'ébullition tranquille de l'oxygène (— 183°), le courant de gaz fluor passait dans l'ampoule de verre sans se liquéfier. Mais, à cette basse température, le fluor avait perdu son activité chimique, il n'attaquait plus le verre.

Si l'on vient alors à faire le vide sur l'oxygène, on voit, aussitôt que l'ébullition rapide se produit, un liquide ruisseler à l'intérieur de la petite ampoule de verre, tandis qu'il ne sort plus de gaz de l'appareil. A ce moment, on bouche avec le doigt le tube de sortie de gaz pour éviter toute rentrée d'air. L'ampoule de verre ne tarde pas à se remplir d'un liquide jaune clair possédant une grande mobilité. La couleur de ce liquide rappelle bien la teinte du fluor vu sous une épaisseur de 1 mètre. D'après cette expérience le fluor se liquéfie aux environs de — 185°.

Aussitôt que le petit appareil de condensation est retiré de l'oxygène liquide, la température s'élève et le liquide jaune entre en ébullition en fournissant un abondant dégagement de gaz présentant bien les réactions énergiques du fluor.

Nous avons profité de ces expériences pour étudier quelques-unes des réactions du fluor sur les corps maintenus à très basse température.

Le silicium, le bore, le carbone, le soufre, le phosphore et le fer réduit, refroidis dans l'oxygène liquide, puis projetés dans une atmosphère de fluor, ne deviennent pas incandescents. A cette basse température, le fluor ne déplace pas l'iode des iodures. Cependant, son énergie chimique est encore assez grande pour décomposer avec incandescence la benzine ou l'essence de térébentine aussitôt que leur température s'élève au-dessus de — 180°. Il semble que l'affinité puissante du fluor pour l'hydrogène soit la dernière à disparaître.

Enfin, il est une autre expérience que nous devons mentionner. Lorsque l'on fait passer un courant de gaz fluor dans l'oxygène liquide, il se produit rapidement un dépôt floconneux de couleur blanche qui ne tarde pas à se réunir au fond du vase. Si l'on agite le mélange et qu'on le jette sur un filtre, on sépare le précipité qui possède la curieuse propriété de déflager avec violence aussitôt que la température s'élève.

Nous poursuivons l'étude de ce composé ainsi que celle de la liquéfaction et de la solidification du fluor, qui exigent encore de nouvelles expériences.

(1) J. Dewar, *New researches on liquid air* (*Royal Institution of Great Britain*; 1896 et *Proc. Roy. Inst.*; 1893).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ÉLECTRO-CHIMIE

LA FABRICATION DU CARBORUNDUM AUX ÉTATS-UNIS (DAPRÈS UNE CONFÉRENCE DE **M. F.-A Fitzgerald**) (1).

Le premier four électrique de M. Acheson était une simple marmite en fer garnie intérieurement de carbone : on y plaçait un mélange d'argile et de coke, dans lequel on faisait pénétrer le crayon électrique. On envoyait un courant suffisant pour fondre le mélange, ou, au moins, le porter à une température très élevée, en utilisant comme conducteurs le crayon de carbone et la marmite elle-même. Quand on arrêtait le courant et que le four était refroidi, on trouvait autour du crayon quelques cristaux bleus brillants.

Les fours furent ensuite construits en briques, de dimensions intérieures 250 × 100 × 100 millimètres.

Les conducteurs étaient des baguettes de carbone, qui pouvaient être déplacées de manière à faire varier à volonté l'écartement horizontal de leurs extrémités, et, par suite, la longueur de l'arc voltaïque. Ces fours à arc, dans lesquels l'élévation de température se manifestait surtout au voisinage des pointes des baguettes, furent remplacés à leur tour par des fours à incandescence, les seuls actuellement en usage.

Dans ce but, en 1893, M. Acheson introduisit dans ses fours une masse compacte, ou noyau formé de coke en grains, et constitua ainsi une connexion électrique continue entre les électrodes de charbon. En donnant au noyau un diamètre convenable, on pouvait arriver, par le passage du courant électrique, à lui communiquer une température suffisamment élevée pour que le mélange environnant se trouvât converti en carborundum.

On avait supposé tout d'abord que les cristaux formés dans les fours étaient un composé d'aluminium et de carbonne ; mais M. Acheson reconnut bieutôt que la quantité et la qualité du carborundum dépendaient de la proportion de silice présente dans le mélange. En conséquence, il remplaça l'argile par un bon sable à vitres.

Il remarqua également que l'addition d'un peu de sel au mélange facilitait le fonctionnement des fours. Enfin, comme il avait éprouvé des ennuis du fait des gaz dégagés au cours de la fabrication, il ajouta de la sciure de bois au mélange, de manière à le rendre poreux et à permettre le départ des gaz.

La production de ces petits fours s'élevait à environ un quart de livre (113 gramme) par jour.

Les dimensions des fours furent progressivement augmentées à partir de cette époque et, en 1895, elles étaient portées à $2^m,70$ de longueur, $0^m,575$ de largeur et $0^m,575$ de hauteur, ce qui permettait l'emploi d'une masse ou noyau de $2^m,40$ de longueur : la forme du « noyau » fut également changée. On se sert actuellement de noyaux cylindriques de $0^m,225$ de diamètre. Il faut environ 2000 chevaux-heures électriques pour produire 300 livres (136 kilos) ; 1 kilo de carbunrundum exige donc 14,7 chevaux-heures environ.

A Niagara-Falls, les matières premières nécessaires à la fabrication du carborundum, c'est-à-dire le sable, le coke, la sciure et le sel, sont reçues dans le magasin de l'usine. Elles sont prêtes à un emploi immédiat, à l'exception du coke, qui doit être réduit en fragments d'une certaine dimension pour être employé comme « noyau » et réduit en poudre fine pour servir

(1) *Revue industrielle* du 15 mai 1897, d'aprés le *Journal of the Franklin Institute* de février 1897 (P. Delahaye).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à la fabrication du mélange ou de la charge du four. A cet effet, le coke est envoyé d'abord dans un broyeur, qui le casse en petits morceaux ; puis, successivement, dans deux cribleurs cylindriques, dont le premier arrête tous les fragments trop petits pour former le « noyau », tandis que le second laisse passer les morceaux de dimension appropriée. Des balances permettent de peser les quantités convenables de sable, de coke, de sciure et de sel, qu'un élévateur conduit dans un malaxeur mécanique. Deux hommes suffisent pour toutes ces opérations.

La salle de fabrication est construite pour recevoir dix fours, bien que, maintenant, il n'y en ait que cinq. Les fours sont en briques et présentent la forme d'une caisse oblongue dont les dimensions intérieures sont approximativement de 16 pieds de longs sur 5 pieds de large et 5 pieds de haut ($4^m,80 \times 1^m,50 \times 1^m,50$). Les extrémités sont construites très solidement et les murs ont une épaisseur de 2 pieds environ ($0^m,60$). Le centre est occupé par les électrodes qui se composent chacune de 60 baguettes de carbone de 30 pouces de long ($0^m,75$) et 3 pouces de diamètre ($0^m,075$). Les bouts extérieurs des baguettes sont serrés dans une monture en fer, à laquelle est vissée une plaque épaisse percée de 60 trous. Par chacun de ceux-ci passe une courte tige de cuivre rond de 9 à 10 millimètres, entrée à frottement dans un trou percé dans la baguette de carbone correspondante.

Enfin, tout l'espace libre entre l'intérieur de la plaque et les extrémités est rempli avec du graphite tassé. Chaque plaque est munie de quatre épaulements, sur lesquels on peut boulonner les câbles amenant le courant. Ce dispositif constitue la seule partie permanente du four ; le reste, dont nous allons nous occuper maintenant, est refait chaque fois que le four doit être mis en service.

Les parois latérales du four sont construites au début jusqu'à une hauteur de 4 pieds environ ($1^m,20$). Des feuilles de tôles sont placées à une distance d'environ 4 pouces ($0^m,10$) des extrémités intérieures des électrodes de charbon, de manière à éviter qu'elles ne soient en contact avec le mélange, qui est ensuite introduit dans le four et le remplit un peu plus d'à moitié.

On pratique dans toute la longueur du four une rigole demi-circulaire, d'un rayon de 10 1/2 pouces ($0^m,262$), dont le fond est un peu au-dessus du niveau de la rangée inférieure des baguettes de carbone. Le « noyau » y est introduit après avoir été soigneusement pesé. L'un des fours de l'usine de Niagara Falls exige environ 11000 livres (500 kilos de « noyau neuf », c'est-à-dire de matières sortant directement du magasin, ou 850 livres (385 kilos de « noyau vieux », c'est-à-dire de matières ayant déjà servi dans le four.

Le « noyeau » logé dans la tranchée, on dresse à la main la partie supérieure de telle sorte qu'on a un cylindre plein de 21 pouces ($0^m,525$) de diamètre et d'environ 14 pieds ($4^m,20$) de longueur, formé de petits morceaux de coke et occupant l'espace ménagé entre les plaques de tôle.

L'opération suivante consiste à établir les connexions entre le « noyau » et les électrodes, en tassant du coke finement broyé dans les intervalles entre les extrémités des baguettes de carbone et les feuilles de tôle. Après quoi les parois du four sont montées à une hauteur de 5 pieds ($1^m,50$), on enlève les tôles, et on ajoute une nouvelle quantité de mélange pour former un massif de 8 pieds ($2^m,40$) de hauteur. Il ne manque plus maintenant, pour fabriquer du carborundum, que l'aide du courant électrique.

Le courant fourni par la « Niagara Falls Power Company » a une force électro-motrice de 2 200 volts : on doit le ramener à un voltage plus faible pour pouvoir l'utiliser dans les fours. Cette opération est effectuée au moyen d'un transformateur qui était, jusqu'à ces temps derniers, le plus grand appareil de ce genre du monde entier : il est dépassé maintenant par celui de la « Niagara Falls Power Company » pour la transmission de la force à Buffalo. Le transformateur de l'usine du carborundum possède une capacité maximum de 830 kilowatts, ou de 1 106 chevaux environ, et ramène le courant de 2 200 volts à 185 volts seulement. Un régulateur est associé au transformateur ; il permet d'élever le courant à 250 volts, ou de l'abaisser à 100 volts.

Il se produit, dans la transformation du courant, une perte de 4 p. 100 environ ; sur 1.000

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

chevaux, il n'y a pas moins de 40 chevaux électriques convertis en chaleur. Ce résultat aurait évidemment pour effet de porter le transformateur et le régulateur à une température qui en amènerait bientôt la destruction. Pour se débarrasser de cette chaleur, on a installé, à côté du transformateur et du régulateur, deux réservoirs d'huile superposés, l'un sur le plancher et l'autre à une hauteur de $2^{m},40$ environ ; ce dernier renferme deux serpentins à circulation d'eau. Une petite pompe actionnée par un moteur électrique maintient l'huile en mouvement à travers le régulateur, le transformateur et le réservoir supérieur, celui du bas ne servant que pour le trop-plein. L'huile qui traverse les appareils électriques emporte leur chaleur et est refroidie à son tour par l'eau des serpentins.

Le courant venant du transformateur et du régulateur est envoyé dans la salle de fabrication par deux conducteurs en cuivre, ayant une section de 8 pouces carrés ($51^{cm^2},60$). De gros câbles, réunis aux conducteurs principaux, sont boulonnés sur les plaques du four qui est alors prêt à recevoir le courant.

Le circuit est complété, dans la salle du transformateur, par un rhéostat à eau, qui se compose d'un récipient circulaire en fer contenant de l'eau salée et d'une grande plaque de fer qui peut être plongée dans la solution. Quand le circuit doit être fermé, on abaisse la plaque de fer dans l'eau, jusqu'à ce qu'elle repose sur le fond du récipient ; pour interrompre le courant, la plaque est soulevée et tirée hors de l'eau. Le but de cette disposition est d'éviter les dangers qui résultent de l'emploi d'autres méthodes d'interruption, quand il s'agit de courants aussi puissants que ceux employés dans ce genre de travail.

Marche des opérations. — Il ne se produit dans le four aucun changement apparent pendant la première demi-heure après la fermeture du circuit. Au bout d'une demi-heure, on perçoit une odeur particulière, due à l'échappement des gaz, et quand on approche une allumette enflammée près des parois du four, le gaz prend feu avec une légère explosion. Quand le courant a été maintenu pendant trois ou quatre heures, les parois et le sommet du four sont totalement enveloppés d'une légère flamme bleue d'oxyde de carbone, provenant de la combinaison du carbone du coke avec l'oxygène du sable.

Après quatre ou cinq heures, le dôme du four commence à s'affaisser ; des fissures se forment à la surface et laissent échapper des vapeurs jaunes de sodium. Il arrive parfois que le mélange placé à la partie supérieure du four n'est pas suffisamment poreux pour permettre le dégagement rapide des gaz ; il en résulte que ces derniers s'accumulent, jusqu'à ce que la pression devienne assez forte pour qu'ils puissent se frayer un chemin en un point faible de la masse et s'échapper avec violence. Les ouvriers appellent cela « le soufflage », et voici les phénomènes qui l'accompagnent fréquemment.

Une fissure se forme soudain, en un endroit quelconque de la partie supérieure, et laisse échapper des gaz enflammés en faisant entendre un fort ronflement. Il se dessine rapidement un cratère en miniature, qui projette des cendres blanches et chaudes jusqu'à une hauteur de plusieurs pieds ; les gaz sortent en brûlant avec une flamme jaune éblouissante, pendant que des vapeurs blanches, denses, remplissent bientôt toute la salle.

Il est nécessaire, dans un mauvais cas de cette nature, d'arrêter le courant qui arrive au four et de laisser ce dernier se refroidir légèrement. On enlève ensuite à la pelle le mélange qui entoure le cratère, en creusant à une profondeur de 2 pieds ($0^{m},60$) pour dégager le « trou de soufflage » qui est également vidé, puis on remplit avec du mélange neuf la cavité ainsi formée. Il importe, en conséquence, pour éviter cet accident, d'introduire de la sciure dans le mélange, puisqu'elle a pour but de le rendre poreux et de permettre au gaz de s'échapper librement.

Au bout de vingt-quatre heures, on interrompt le courant et on laisse refroidir le four pendant quelques heures. Les murs sont ensuite abattus et le mélange, resté intact à la partie supérieure, est enlevé, à l'aide d'un rateau, jusqu'à ce que la croûte extérieure du carborundum soit atteinte. Cette croûte est cassée à l'aide de fortes barres d'acier, et peut être séparée facilement de la croûte intérieure du carborundum amorphe, qu'on enlève à son tour au moyen d'une pelle. On recueille le carborundum sous deux formes, amorphe et cristallisé.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Traitement. — Quand le carborundum a été retiré du four, on le broie dans un appareil composé d'une cuvette en fer, dans laquelle tournent deux lourdes meules. On l'envoie ensuite dans de grandes cuves en bois, où on le traite pendant plusieurs jours avec de l'acide sulfurique dilué, pour enlever les impuretés. Il est lavé soigneusement, séché et classé suivant sa grosseur. Il y a vingt grosseurs de cristaux, du n° 8 au n° 220; ces chiffres correspondent aux nombres de maille par pouce carré des cribleurs que les cristaux doivent traverser.

L'acide ayant servi au lavage des cristaux passe dans une série de réservoirs destinés à recueillir les poudres fines, qui vont être utilisées pour la production des « farines » et des poudres lavées à la main. Les premières s'obtiennent en faisant barboter les poudres non classées par les cribleurs dans un courant d'eau s'écoulant à travers une série de cuves où la poudre se dépose; il y a trois catégories de « farines » désignées, suivant leur degré de finesse, par les lettres F, FF, FFF. Les poudres lavées à la main s'obtiennent en lavant dans l'eau une certaine quantité de poudre non classée par les cribleurs; on laisse reposer pendant un laps de temps défini, 6 minutes, par exemple, puis on décante. La poudre ainsi recueillie et dénommée « poudre six minutes »; on obtient de la même façon des poudres 1, 4, 10 et 15 minutes.

La densité du carborundum est de 3,23, inférieure, par conséquent, à celle de l'émeri; 1500 grammes d'émeri occupent un volume égal à celui de 1000 grammes de carborundum. Il s'ensuit que le prix de revient du kilogramme de carborundum est moins élevé qu'il ne paraît, relativement à l'émeri, puisqu'une meule de carborundum est beaucoup plus légère qu'une meule d'émeri de mêmes dimensions.

Le carborundum n'est pas meilleur marché, mais bien de deux à cinq fois plus cher que l'émeri. On n'en achètera pas moins du carborundum, parce qu'il fournit une plus grande somme de travail, un travail plus rapide et meilleur que l'émeri.

Cette prétention demande à être confirmée par l'expérience, et la Compagnie du carborundum en fournira le moyen. Au mois de mars dernier, dans une réunion des actionnaires à Niagara Falls, il a été décidé de doubler l'installation existante et de demander à la Niagara Falls Power Company 1000 chevaux électriques de plus. Comme il faudra les attendre quelques mois, on profitera de ce délai pour construire les nouveaux fours et préparer un atelier de fabrication de papier et de toile à polir, où le carborundum remplacera l'émeri ordinaire. Le transfert de l'usine à Niagara Falls a eu, comme première conséquence, une diminution de moitié du prix de revient obtenu à l'usine primitive de Nonongahela, en Pennsylvanie, et on prévoit une diminution nouvelle du fait des agrandissements en voie d'exécution.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MÉTALLURGIE

SUR LES ALLIAGES DU GROUPE ARGENT-CUIVRE. NOTE DE **M. F. Osmond** (1).

Dans une Note précédente (*Bulletin* de mai 1897, p. 702), j'ai montré que les alliages de l'argent avec le cuivre (réserves faites pour ceux qui ne contiennent l'un des corps qu'en faible proportion) sont des mélanges de deux composants présentant respectivement, sous le microscope, l'aspect des deux métaux primitifs.

Si ces deux composants sont purement et simplement de l'argent et du cuivre, les alliages considérés devraient, semble-t-il, posséder des propriétés intermédiaires entre celles de ces métaux.

En fait, ce n'est pas du tout ce qui a lieu.

La résistance électrique, notamment, a été déterminée par plusieurs physiciens. Elle augmente, rapidement d'abord, quand on ajoute à l'un des métaux de petites quantités de l'autre; puis, de plus en plus lentement pour des additions croissantes. Le maximum correspond à peu près, selon Matthiessen (2), à l'alliage de Levol et, selon MM. Barus et Strouhal (3), au mélange à volumes égaux. MM. Barus et Strouhal ont également mesuré les variations complexes du pouvoir thermo-électrique. Enfin, d'après M. A. Le Chatelier (4), l'addition de 1 p. 100 de cuivre à l'argent pur élève de 18^{kg},6 à 23^{kg},7 la résistance à la traction prise à 15° sur fils recuits.

Il est donc au moins douteux que les constituants blanc et jaune des alliages soient respectivement de l'argent pur et du cuivre pur.

Pour résoudre la question, j'ai préparé, par fusion, sous une couche de borax recouvert lui-même de charbon de bois en poudre, deux séries d'alliages contenant respectivement 0,2 0,5; 1; 2; 4 p. 100 d'argent ou de cuivre. Les boutons, refroidis lentement, ont été sectionnés vers l'axe, polis et chauffés aux couleurs de recuit pour donner au cuivre une patine orangée. Les coupes ont été dessinées à la chambre claire et les composants ont été dosés par la mesure de leurs aires. On trouve ainsi :

ALLIAGES A BASE D'ARGENT. Cuivre pour 100 en poids		ALLIAGES A BASE DE CUIVRE. Argent pour 100 en poids	
réellement ajouté.	visible.	réellement ajouté.	visible.
0,2	»	0,2	»
0,5	»	0,5	»
1,0	traces	1,0	traces
2,0	0,12	2,0	0,15
4,0	0,95	4,0	0,82

Le métal allié *visible* est partout inférieur à celui qui est réellement présent : une partie reste invisible au microscope.

Deux explications paraissent possibles : ou bien le métal dominant, en se solidifiant, a entraîné, dans un état d'extrême division, une certaine proportion de l'autre, comme certains

(1) Travail fait au laboratoire de Chimie générale à la Sorbonne. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 31 mai 1897).

(2) *Phil. Trans. of the Royal Soc.*, t. CL, p. 170.

(3) *Bulletin of the U. S. Geological Survey*, n° 14, 1885.

(4) *Mémorial du Génie militaire*, 1890.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

précipités font pour les corps dissous, ou bien le métal invisible est resté en dissolution solide, et le cas serait comparable à celui de deux liquides non miscibles en toutes proportions, comme l'eau et l'éther.

Les expériences suivantes sont une contribution à l'étude de la question.

Pour les alliages à base d'argent, on obtient une série d'indications nouvelles en élevant un peu la température du recuit des coupes polies, de façon que le cuivre se colore en pourpre ou mieux en bleu. Dans ces conditions, l'argent pur réduit du chlorure, puis fondu comme il a été dit, montre en lumière oblique (grossissement de 20 diam.) des cristallites cubiques relativement claires englobées dans ce qu'on pourrait appeler un *ciment* plus sombre, c'est-à-dire, que le recuit a dépoli les cristallites plus fortement que leur enveloppe (1). Une addition de 0,2 à 0,5 p. 100 de cuivre ne change rien à cet aspect. Avec 1 p. 100 de cuivre, on voit (grossissement de 200 diam.) des taches brunes à bords estompés se former dans les grosses épaisseurs du ciment, le plus loin possible des cristallites. Ces taches brunes, qui ne se produisent pas sur l'argent plus pur, indiquent la présence locale du cuivre. Avec 2 p. 100 de ce dernier métal, elles s'agrandissent, se soudent et se rapprochent des cristallites, en même temps que de petits grains de cuivre liquaté s'isolent vers le centre des plus grandes d'entre elles. Avec 4 p. 100 de cuivre, ces grains liquatés sont devenus plus gros; les taches brunes ont envahi tout l'intervalle entre les cristallites. Enfin, si l'on atteint, par exemple, 15 p. 100 de cuivre, les cristallites elles-mêmes brunissent et montrent (grossissement de 1 000 diam.) des dessins qui rappellent ceux des eutectiques.

Les alliages du cuivre avec de petites quantités d'argent présentent des phénomènes analogues. Ces alliages ont été étudiés par M. Behrens (2) dont les observations sont, en général, confirmées par les miennes, sauf quelques divergences attribuables aux conditions expérimentales. Jusqu'à 0,5 p. 100 d'argent, je trouve que le cuivre est formé de grains polyédriques striés de raies parallèles. A partir de 0,5, apparaissent des cristallites analogues à celles de l'argent, pareillement englobées dans du cuivre d'organisation différente. C'est là que se concentre l'argent en excès; il commence à s'y liquater, le plus loin possible des cristallites, à partir et au-dessus d'une teneur égale à 1 p. 100.

Ces résultats me paraissent supposer la solubilité mutuelle du cuivre et de l'argent solides. A l'appui de cette interprétation, m'inspirant des travaux de M. Colson (3) et, plus directement, de ceux de M. Roberts-Austen (4), sur la diffusion des solides, j'ai chauffé pendant une heure dans l'hydrogène, entre 650° et 675°, une surface polie de cuivre pur au contact d'une surface polie d'argent pur. Après refroidissement, les deux surfaces adhéraient suffisamment pour qu'on ne pût les séparer avec les doigts. La surface du cuivre montrait, en dehors de la région de contact, les polyèdres striés normaux et, sur la région de contact, l'organisation cristallitique supposant la présence superficielle de 0,5 p. 100 d'argent environ. La surface de l'argent, de son côté, présentait un réseau polygonal qui n'apparaît pas sur l'argent pur. La pénétration n'avait d'ailleurs eu lieu que sur une profondeur infiniment faible.

En résumé, la conception de Matthiessen, qui voyait, dans certains alliages, des solutions solidifiées de formes allotropiques, tout en ayant certaines restrictions à subir, paraît rester vivante et féconde. Je ne vois pas qu'elle soit en opposition avec les travaux de M. H. Le Chatelier dont les conclusions, en s'étendant aux solutions solides, prendraient, au contraire, un caractère de plus grande généralité.

(1) Ce manque d'homogénéité est à noter. En fait, la courbe de refroidissement de l'argent pur enregistrée par M. Roberts-Austen *Proc. Mech. Eng.*, oct. 1891, ne montre pas de palier vraiment horizontal au moment de la solidification.

(2) *Mikrosk. Gefüge der Metalle und Legierungen*, p. 43.

(3) *Comptes rendus*. t. XCIII, p. 1074, et XCIV. p. 26.

(4) *Phil. Trans. of the Royal Soc.*, t. CLXXXVII. p. 383.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

NOTES DE MÉCANIQUE

ROULEMENTS SUR BILLES ET GALETS

Le roulement de la bicyclette américaine *Kensington* (1) représenté par la figure 1. est remarquable par le soin avec lequel on l'a abrité de la poussière et par son graissage au moyen d'une arrivée d'huile au droit des billes. Dans le roulement de la roue d'arrière, la provision d'huile emmagasinée (fig. 2) par la mèche de coton, suffit pour plusieurs mois.

Pour éviter le fléchissement ou le creusement des galets sur les longues portées,

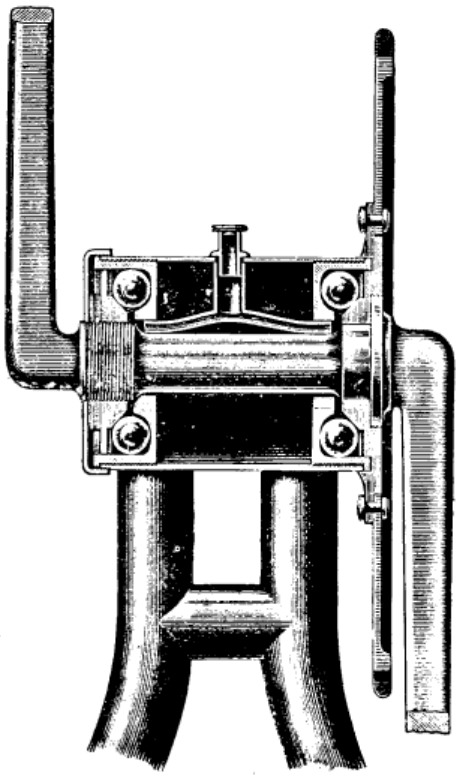


Fig. 1. — Roulement du pédalier *Kensington*.

M. W. Hent comme *Brownell* (2) les divise (fig. 3) en deux petits galets B B, séparés par une tige B_2, avec portées intermédiaires B_3B_3 pour les galets de séparation CC_2C (fig. 4), les tiges B_2 et C_2 roulant respectivement sur l'anneau H et entre les anneaux H et I (fig. 5 et 6), sans frotter dans les galets B B, qui les entraînent en roulant entre l'essieu A et les portées D et D de la boîte. Les butées de A sont reçues par des billes.

(1) *Bulletin* de mars 1897, p. 433.
(2) *Scientific American*, 15 mai 1897.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les roulements de M. *Polack*, représentés par la figure 8, sont destinés aux wagonnets sans ressorts, remplacés, mais très imparfaitement, par la flexibilité de la semelle

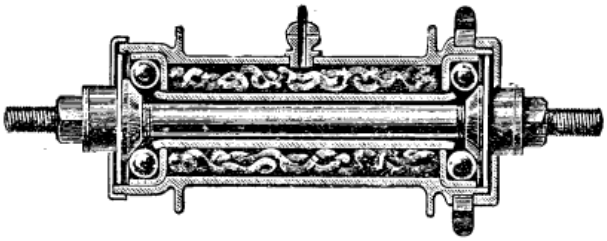


Fig. 2. — Roulement de l'essieu d'arrière *Kensington*.

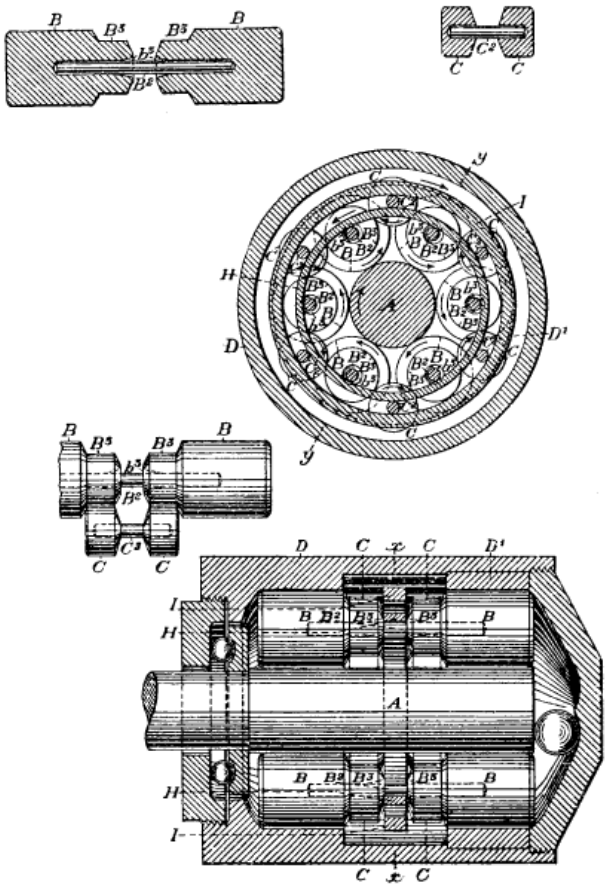


Fig. 3 à 7. — Roulement sur galets rompus *Hent*.

A, et les galets sont enfermés dans des cages qui permettent de les retirer facilement d'un seul coup.

Les galets des boîtes de la *Roller Bearing C°*, de Londres (1), de 175 × 40 millimètres

(1) *Engineering*, 28 mai 1897.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de diamètre sont aussi logés (fig. 9) dans une cage ou lanterne et abrités de la poussière par une garniture de feutre. Des essais exécutés sur des tramways ont montré que l'emploi de ces galets permettait de réduire des trois quarts environ la résistance au démarrage. Pour les automobiles (fig. 12 et 13), la butée de l'essieu est reçue sur billes. Pour les paliers en ligne, la cage est en deux parties rejointes par embrèvement en AA (fig. 15).

Les roulements sur galets sont bien connus depuis la plus haute antiquité, mais

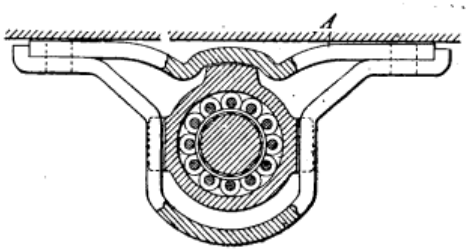


Fig. 8. — Roulement sur galets *Polack*.

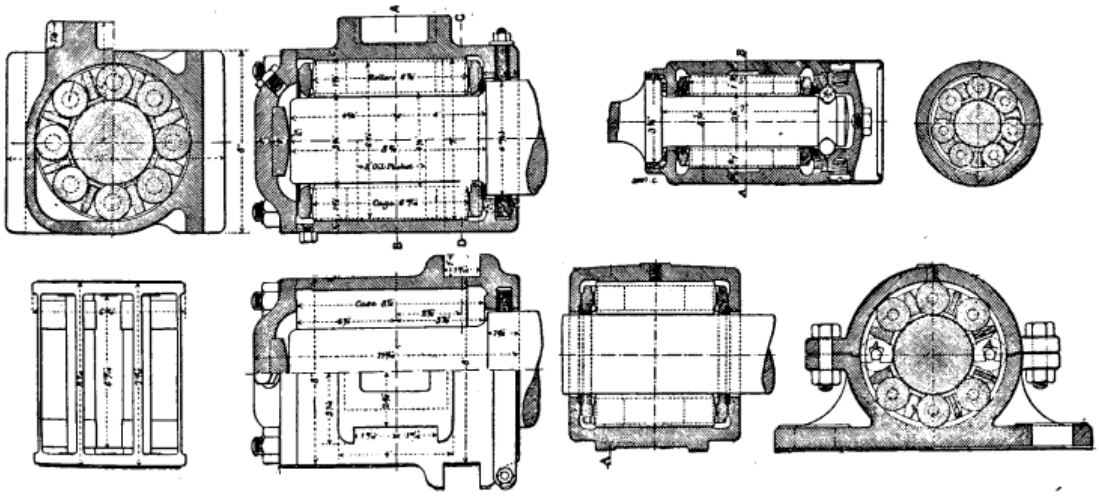


Fig. 9 à 15. — Roulement sur galets de la *Roller Bearing C°*, de Londres.

l'on ignore en général le soin et l'ingéniosité avec lesquels ils ont été appliqués par des inventeurs modernes, et à une date déjà lointaine. Comme exemple, je citerai le dispositif de M. *Calla*, représenté par les figures 16 à 22, dont j'emprunte la description, texte et figures, au rapport de M. *Bardel*, publié dans le *Bulletin de la Société d'Encouragement* de nivose an XI (février 1801).

Les collets en question sont maintenant perfectionnés. Ils avaient, dans l'origine, le défaut que voici : les rouleaux de frottement qui servent de point d'appui intermédiaire aux bouts de l'arbre qu'ils doivent supporter étaient ajustés dans deux collets circulaires, retenus dans le bâti de la machine à laquelle on les appliquait. Il en résultait qu'au moindre dérangement en sens oblique qu'éprouvait la machine, la ligne parallèle se trouvant rompue entre les deux bouts de l'arbre et leurs rouleaux de support, le frottement portait à faux.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On a, depuis, remédié à cette défectuosité. Pour cet effet, on a donné une forme convexe à la circonférence des collets circulaires. Cette forme s'ajuste, comme pour une jonction à genouillère, dans une concavité pratiquée à des collets ordinaires, qui sont retenus en place fixe. Il en résulte que le bâti de la machine venant, comme on l'a dit, à se déranger, les deux bouts de l'axe d'un cylindre ou d'une roue auxquels ce procédé est applicable, ne perdent pas leur accord avec leurs rouleaux de frottement.

La gravure (fig. 16) qui représente la construction est prise d'après un cylindre à étoffe qui

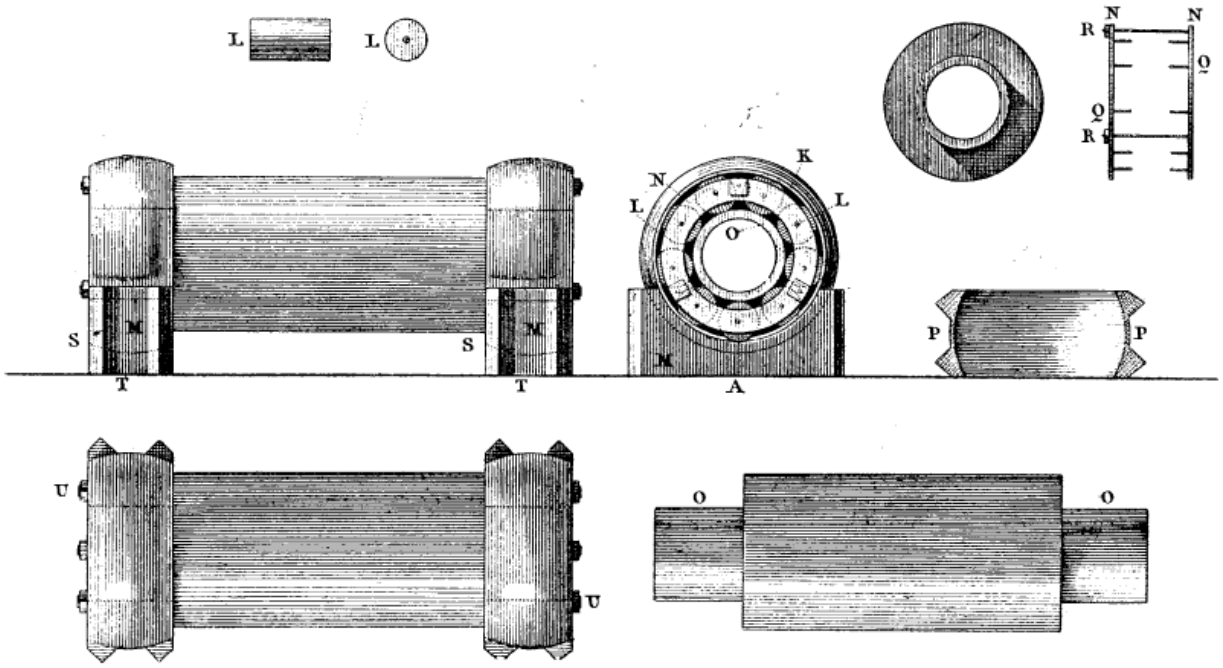


Fig. 16 à 22. — Roulement sur galets *Calla* (1801).

L. rouleaux en cuivre pivotés sur les tiges Q de la lanterne N N à 3 boulons R R U, et roulant dans les coussinets en cuivre K, pourvus d'une échancrure A, permettant de retirer les rouleaux, et dont les surfaces extérieures convexes s'emboîtent comme des genouillères dans celles S des paliers M., retenus en TT par leurs projections PP.

nécessitait toute la force d'un homme pour être mis en mouvement. Au moyen de ces collets, le même cylindre tournait par la seule impulsion d'un cylindre inférieur sur lequel il est fortement pressé, et ce qui, auparavant, employait la force de deux hommes est facilement exécuté par un seul.

INJECTEUR DOUBLE DE LA *Ohio Injector C°*

Cet injecteur fonctionne comme il suit. Quand on amène, par d (fig. 23), la triple valve j de la position figure 23 à celle figure 24, la vapeur de la chaudière passe par a' e $g'g$ à l'aspiration c_2c_3, et, par les trous R en i, de manière à maintenir fermée la soupape n. Dès que l'eau ainsi aspirée par c' sort par le trop plein b', on amorce de la position figure 24 à celle figure 25, où l'ouverture de n laisse la vapeur passer de e au refoulement a_4a_5; une fois ce refoulement établi, on amène j de la position figure 25 à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

celle figure 26, où elle ferme g' de manière à réduire le débit de l'injecteur à sa valeur normale. La manœuvre se fait donc automatiquement en tournant la manette g toujours dans le même sens.

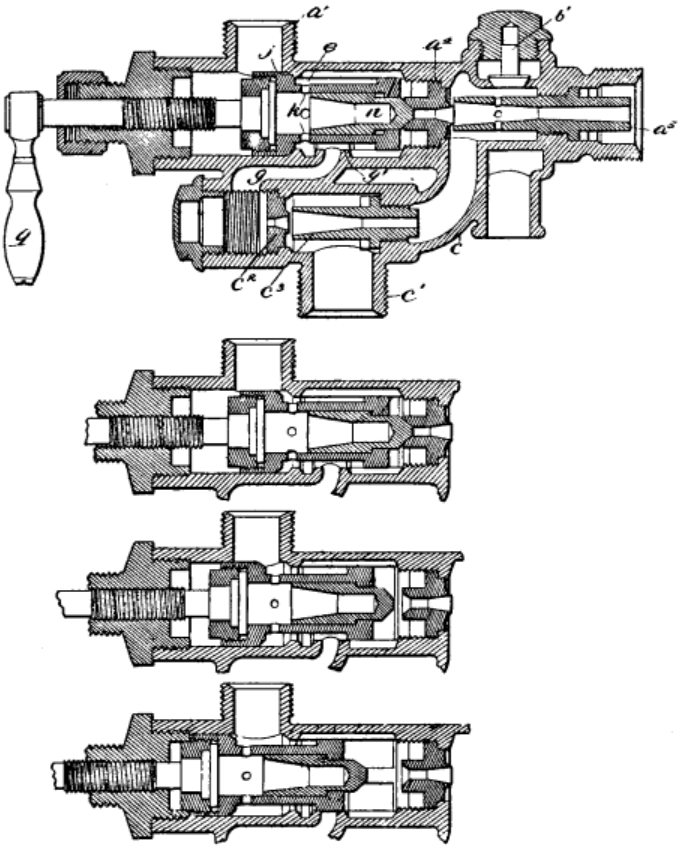


Fig. 23 à 26. — Injecteur double de la *Ohio Injector C°*.

MACHINE *Allen* A FAIRE LES ÉCROUS OU *Nipples* POUR RAIS DE VÉLOCIPÈDES

Cette machine, entièrement automatique, prend la pièce sous la forme figure 28, et la rejette sous la forme figure 31, après lui avoir fait subir les six opérations suivantes: 1° fraisage du trou de centrage m' par la broche E' (fig. 34); 2° perçage, par E_2, du trou m_2, sur les $\frac{2}{3}$ de la longueur du nipple, et en réservant au fond une pointe de centrage; 3° perçage, par E_3, du trou m_3, destiné à recevoir l'extrémité du rayon; 4° taraudage de ce trou par l'outil E_4; 5° équarissage de l'extrémité droite de m en carrelet de clef m_4 m_4; 6° fendage de la rainure de tournevis m_5.

Les broches E_1 E_2 E_3, qui reçoivent leur rotation des poulies $e_2 e_3$ (fig. 34), sont avancées puis retirées par les cames $C C_2 C_3$... de l'arbre moteur C, qui les conduisent par des galets $e' e'$. La taraudeuse E_4 est attaquée par deux poulies N et N', tournant en sens contraires, avec embrayages $h n^1 n^2$, actionnés par la came C_5 de C_4 et le levier p_4 p_3 p_6,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dont le bras p_6 traverse librement l'extrémité du levier $p_1 p_2$, à galet p, engagé dans la came c_5. Ces embrayages font ainsi automatiquement tourner par N puis par N′ le taraud c_2 dans un sens pour l'engager, puis dans l'autre pour le retirer après filetage.

Les écrous sont disposés à l'état figure 28 dans le logement à ressort h (fig. 35) de l'avanceur H actionné, de l'arbre D, par la came D_3 et le levier D_4, qui les engage dans

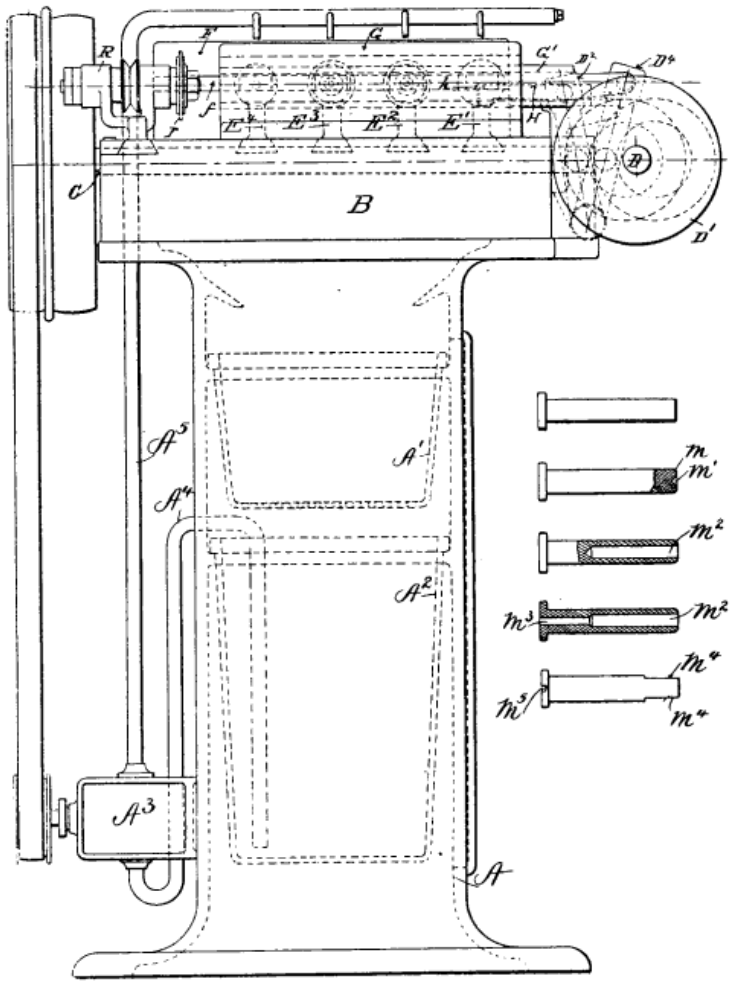


Fig. 27 à 31. — Machine *Allen* à faire les écrous de vélocipèdes. Vue par bout et détail des opérations.

la rainure f du guide fixe F, percé d'ouvertures f', au droit des outils EE′... et pourvu de coulisses verticales pour les mâchoires mobiles k' k'... commandées par les cames k_2 k_4 de l'arbre oscillant K, que mène, par la bielle I_2, la came I′ de l'arbre I (fig. 34). Devant F, va et vient, commandée par le renvoi D D′ d' d' D² (fig. 36), la glissière G, pourvue d'autant de mains poseuses g g' que d'outils E E′...

Lorsque la pièce est amenée par h au droit de la première mâchoire k' alors (fig. 35)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans sa position la plus basse, k' se lève, sort la pièce de h et la serre contre la mâchoire fixe correspondante, en face la première broche E', qui accomplit son travail pendant lequel la première main poseuse g, poussée par la glissière G', qui passe de

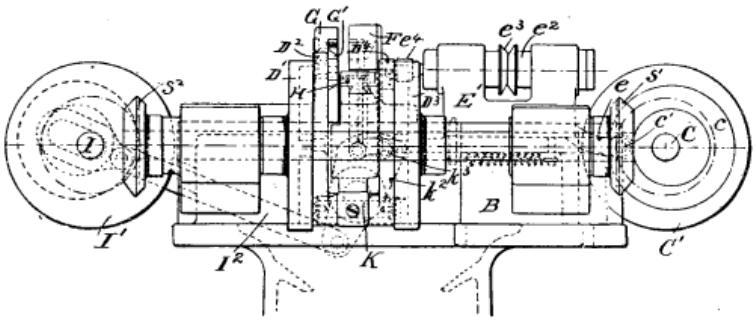


Fig. 32. — Machine *Allen*. Élévation.

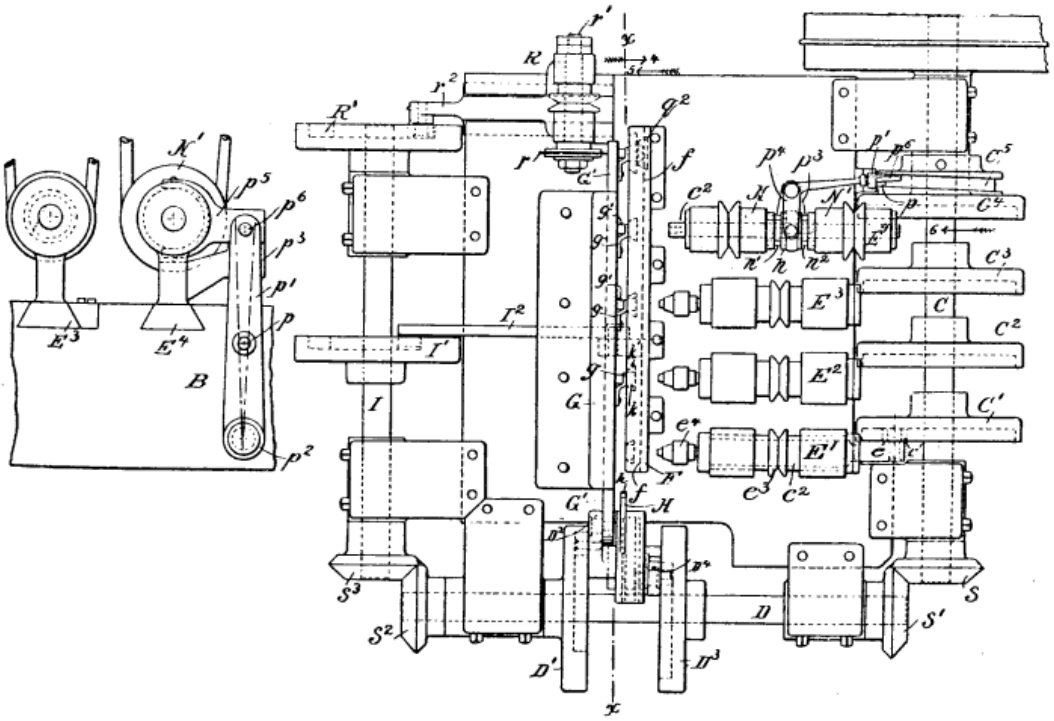


Fig. 33 et 34. — Machine *Allen*. Détail du fonctionnement du levier p' et plan.

a position pointillée à la position pleine, s'ouvre par son appui sur la pièce maintenue, par kk', un peu au-dessus des tasseaux g' et la saisit. Le travail de E' fini, k' s'abaisse, lâchant la pièce, que le ressort g_2 de la main poseuse en jeu dégage de k et serre sur g,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

puis, G′ revenant à sa position pointillée, g, franchissant k, amène la pièce à la seconde paire de mâchoires... et ainsi de suite, jusqu'à l'opération n° 5, les pièces en travail se suivant d'une façon continue sur le guide F.

La cinquième opération, l'équarissage m_4 (fig. 31) de la pièce m, s'opère par l'action du poinçon q' fixé sur F (fig. 35) et de la coupeuse à deux tranchants q, à guide q_2, commandée de q_4 q_3 de façon à couper la pièce aussitôt que saisie par la mâchoire k'

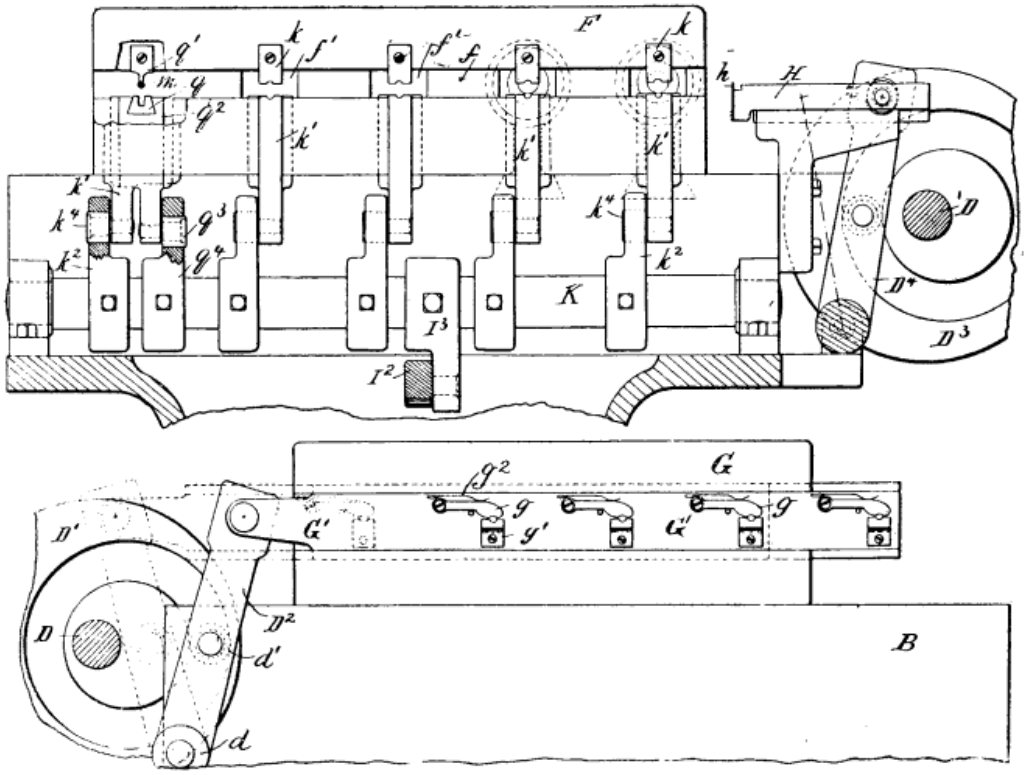


Fig. 35 et 36. — Machine *Allen*. Détail de la main poseuse suivant x-x, (fig. 34).

correspondante. En même temps, la scie r (fig. 34) à chariot R, avancé par R′r^2, fait l'entaille m_5.

Le graissage s'opère par une circulation d'huile $A_4 A_3 A_5$ (fig. 27), qui prise par la pompe A_3 au réservoir A_2 du socle A, y revient par le filtre A′.

PRESSE A EMBOUTIR *D. Smith*

Quand, suivant la descente de E (fig. 37), la plaque de serrage H vient rencontrer l'enclume T, les galets t de E, écartant les leviers I I′, poussent (fig. 38) sur les galets s s leurs plans inclinés x x, de manière à exercer sur H une pression réglée par les vis m m,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fixant la position de *s s*, et qui persiste pendant la descente de l'emboutisseur E sur

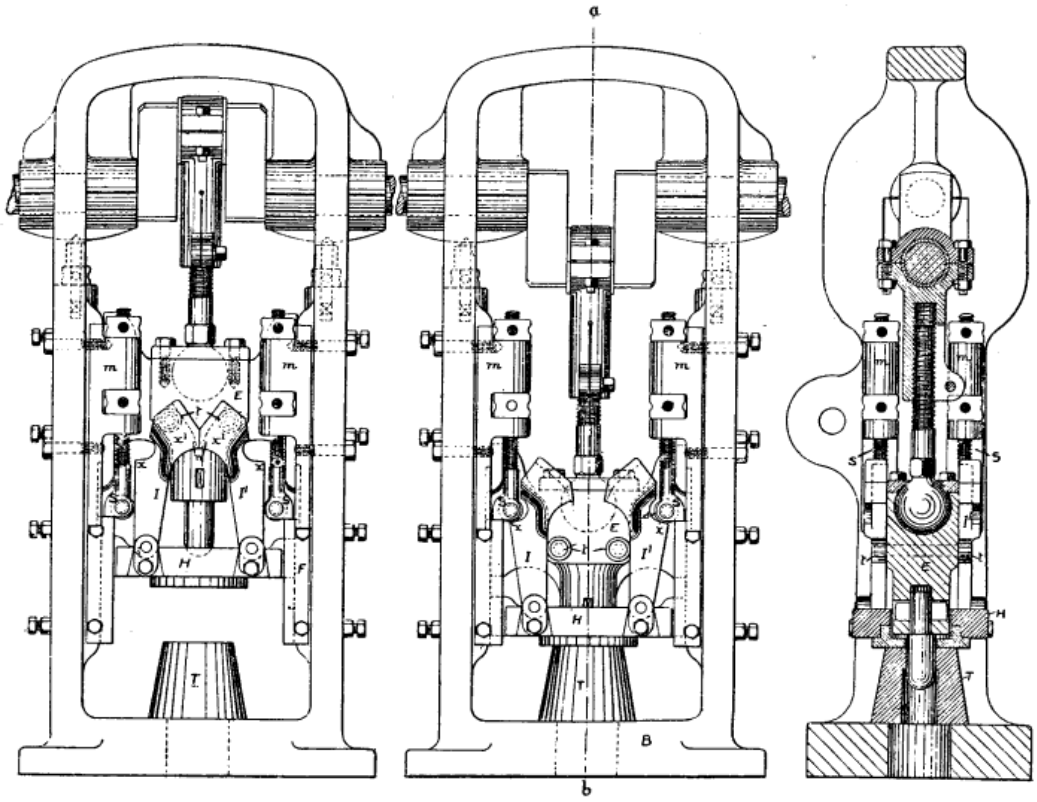


Fig. 37 à 39. — Presse à emboutir *Smith*. Élévation et coupe *a b*.

la pièce, ainsi maintenue par H sur T. A′ la remontée de E, les pièces reprennent leurs positions primitives figure 37, en dégageant H de T.

RENDEMENT DES ENGRENAGES. NOTE DE **M. L. Lecornu** (1).

Dans le fonctionnement d'un engrenage quelconque, le frottement intervient de deux manières : d'une part, au contact des dents en prise ; de l'autre, à la surface des tourillons tournant dans leurs coussinets. Les divers auteurs, tels que Poncelet, Coriolis, Combes, Resal, etc. qui ont étudié la question, ont volontairement laissé de côté le frottement des tourillons, pour ne s'occuper que celui des dents. Mais on ne peut ainsi se faire une idée exacte de la valeur économique d'une transmission. En effet, la réaction des dents, intimement liée à leur forme, influe sur la pression et, par conséquent, sur le frottement des tourillons. On n'a donc pas le droit d'admettre *a priori* que deux transmissions différant uniquement par la forme de la denture consomment aux tourillons des quantités de travail équivalentes.

Cette critique a été formulée en 1886, dans l'*Americain Machinist*, par M. Smith, qui n'a d'ailleurs pas cherché à soumettre la chose au calcul. En reprenant la question à ce point de vue, j'ai obtenu un résultat bien simple. Considérons un engrenage plan extérieur, formé de deux roues, dont l'une est actionnée par un couple moteur tandis que l'autre doit surmonter l'effort d'un couple résistant. Les deux mouvements de rotation étant supposés uniformes, on

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 31 mai 1897.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sait que le travail perdu s'estime, abstraction faite du frottement des tourillons, par une formule où figure, entre autres éléments, la longueur p de la ligne joignant le point de contact des dents en prise avec le point de contact des circonférences primitives. Ceci posé, *pour tenir compte du frottement des tourillons, il suffit, dans la formule usuelle, d'ajouter à la longueur* p *le rayon* ρ *des tourillons.*

Cet énoncé suppose que les tourillons des deux roues ont mêmes diamètres et que les coefficients de frottement sont partout les mêmes. Si cette condition n'est pas remplie, appelons R_1 et R_2 les rayons des circonférences primitives, ρ_1 et ρ_2 ceux des tourillons correspondants, i_1 et i_2 les angles de frottement de ces tourillons, i l'angle de frottement des dents. Il faut alors, dans la formule usuelle, remplacer $\frac{p}{R_1}$ par $\frac{1}{R_1}\left(p \times \frac{\sin i_1}{\sin i}\,\rho_1\right)$ et $\frac{p}{R_2}$ par $\frac{1}{R_2}\left(p \times \frac{\sin i_2}{\sin i}\,\rho_2\right)$.

Pour un engrenage intérieur, la même règle s'applique en changeant simplement le signe de celui des deux rayons ρ_1 et ρ_2 qui correspond aux tourillons de la grande roue.

J'ai étudié également le cas des engrenages coniques. Si l'on appelle α_1 et α_2 les angles que forment les axes des deux cônes primitifs avec la génératrice de contact, φ l'angle formé par cette génératrice avec la ligne de contact des dents, et si l'on néglige d'abord le frottement des tourillons, les rapports $\frac{p}{R_1}$ et $\frac{p}{R_2}$, qui interviennent dans la formule relative aux engrenages plans, se trouvent remplacés par $\sin\varphi \cot\alpha_1$ et $\sin\varphi\cot\alpha_2$. Pour tenir exactement compte du frottement des tourillons, il faut ajouter à $\sin\varphi$, dans chacun de ces produits, des termes correctifs qui ne sont pas constants. Mais, avec une approximation suffisante pour les besoins de la pratique, on peut se borner à remplacer ces deux produits par

$$\left(\sin\varphi \times \frac{\rho_1}{l\cos\varphi_1}\right)\cot\alpha_1 \qquad \text{et} \qquad \left(\sin\varphi \times \frac{\rho_2}{l\cos\alpha_2}\right)\cot\alpha_2,$$

en appelant l la distance du sommet des cônes au point d'application de la résultante des pressions exercées entre les dents en prise. Ceci suppose que les angles de frottement sont égaux ; il est d'ailleurs aussi facile de traiter le cas général. Pour les engrenages coniques intérieurs, il faut, comme dans le cas des engrenages plans, changer le signe de l'un des rayons ρ_1, ρ_2.

Il est naturel de chercher quelle est, pour un pas donné, la forme de dents qui consomme en frottement le moins de travail possible. En se bornant au cas des engrenages plats extérieurs ayant partout même coefficient de frottement, et appelant ρ le rayon commun des tourillons, φ l'inclinaison de p sur la ligne des centres, on trouve, par les procédés ordinaires du calcul des variations, qu'il faut rendre constant le rapport $\frac{p\times\rho}{\sin\varphi}$. Malheureusement, on est ainsi conduit à un profil présentant, très près de la circonférence primitive, un point de rebroussement, et qui ne peut, dès lors, être utilisé que pour des dents très courtes.

On sait que les engrenages plans les plus usités appartiennent au type à épicycloïde et au type à développante de cercle coupant sous un angle de 75° la circonférence primitive. Dans les deux cas, en appelant P le pas, on trouve que le travail de frottement des tourillons est à celui des dents dans le rapport $\frac{4\rho}{P}$. Pour l'arc d'approche, le frottement de l'engrenage épicycloïdal est un peu moindre que celui de l'engrenage à développante. Il en est de même pour l'arc de retraite, chaque fois que le pas est inférieur à $\frac{\rho}{2}$. Si le pas est supérieur à $\frac{\rho}{2}$, l'engrenage à développante consomme, dans la période de retraite, un peu moins de travail que l'engrenage épicycloïdal. Au total, l'engrenage à épicycloïde est toujours celui qui présente le moins de frottement, mais la différence est faible : sa valeur est de 2 à 3 p. 100 du frottement total, si les tourillons ont un rayon égal au pas de l'engrenage.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'UNIFICATION DES FILETAGES A L'ÉTRANGER

La question de l'unification des filetages pour les vis mécaniques occupe sérieusement les ingénieurs et les constructeurs des principales contrées industrielles, surtout en Allemagne et en Suisse. L'accord paraît à peu près général sur les deux points suivants : l'unification est très désirables, et il importe beaucoup à l'industrie qu'elle soit prochainement réalisée ; le système uniforme adopté doit avoir une base métrique.

Aussi nous paraît-il fort intéressant de donner la traduction d'un compte rendu d'une conférence tenue récemment à Zurich pour l'unification des filetages et des jauges (1).

Une preuve frappante de l'importance de la question se trouve dans le fait que l'unification des filetages est l'une des questions proposées par le Conseil fédéral suisse pour la prochaine conférence internationale concernant l'unité technique des chemins de fer. Les considérations invoquées par le Conseil fédéral à cette occasion sont reproduites dans le présent compte rendu.

E. SAUVAGE

M. *Huber, Président de l'Association des Ingénieurs mécaniciens,* prend la parole en ces termes :

La question de l'unification des systèmes de filetage employés dans la construction des machines et des navires occupe depuis plusieurs années l'attention des techniciens de toutes les nations civilisées. L'Association des Industriels Mécaniciens suisses s'est tenue exactement au courant des travaux entrepris à ce sujet en France et en Allemagne et a de plus étudié, dans sa séance générale du 2 juin, les systèmes de filetage à adopter pour les petits diamètres. En faisant porter ses travaux sur l'étude des systèmes proposés récemment chez ces deux nations voisines, l'Associa-

(1) Cette conférence, qui a été tenue le 2 mars 1897, avait réuni des délégués de :

L'*Union suisse des Chemins de fer*, représentée par M. H. Dietler, directeur du chemin de fer du Gotthard, et M. R. Weyermann, ingénieur en chef du chemin de fer du Jura-Simplon ;

L'*Union des Chemins de fer spéciaux de la Suisse*, représentée par M. P. Schenker, ingénieur;

L'*Association suisse des Ingénieurs et Architectes*, représentée par M. E. Gerlich, professeur à l'Ecole polytechnique de Zurich, et M. W. Weissenbach, ingénieur;

La *Société des Anciens Elèves de l'Ecole polytechnique*, représentée par M. H. C. Sauter, ingénieur et M. A. Stodola, professeur à cette Ecole ;

L'*Association électrotechnique suisse*, représentée par M. l'ingénieur Brown, de la maison Brown, Boveri et Cie, et M. R. Falkner, ingénieur de la Société Alioth ;

L'*Association des Industriels Mécaniciens suisses*, représentée par M. E. Huber, président de la fabrique de machines Oerlikon, M. A. Jegher, ingénieur, et M. Carl Sulzer, de la maison Sulzer frères.

Prirent part également à cette conférence, M. l'ingénieur *R. Landolt*, président de la fabrique Reishauer ; M. le professeur *L. Tetmayer*, président de l'Institut pour l'Essai des matériaux de construction ;

M. *A. Bertschinger*, ingénieur du contrôle des Chemins de fer de la Suisse.

Le compte rendu a été rédigé par le rapporteur, M. A. Fegher.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tion n'a donc qu'indirectement collaboré à cette question : elle intéresse cependant au plus haut point l'industrie mécanique suisse, qui est une industrie d'exportation; pour la Suisse; un changement du système actuel de filetage est une opération grave, qui peut entraîner des conséquences heureuses ou préjudiciables. Toutefois, il semble qu'un tel changement ne puisse avoir, pour notre industrie, un avantage marqué que si le nouveau système repose sur une convention internationale : aussi nos avis étaient-ils partagés lorsque nous poursuivions notre enquête sur les systèmes nationaux actuellement proposés tant en France qu'en Allemagne.

Cette manière de voir est partagée par les ingénieurs et les industriels que cette question intéresse, ainsi que par les administrations des chemins de fer suisses.

Le Conseil fédéral, en inscrivant la désignation d'un système de pas de vis métrique à recommander pour le matériel des chemins de fer sur le programme d'une troisième conférence internationale pour l'unité technique des chemins de fer, provoquée par la Suisse, a porté la question sur le terrain international, tout au moins devant les Etats qui s'occupent, sur le continent, de l'unité technique des chemins de fer. Ce premier pas, vu la difficulté et la complexité du problème, ne paraît susceptible que d'une conséquence morale.

D'autres indices font entrevoir, à ce même point de vue, la possibilité du rapprochement des nations : de ce nombre, est la lettre adressée par l'Association des Ingénieurs allemands au Dr Boetticher, Ministre d'Etat en Prusse (*Zeitschrift des Vereines* etc., 9 janvier 1897, page 58). Cette lettre renferme un exposé de la question suivi de conclusions ; elle parle du système de filetage à base métrique dont l'association s'est occupée depuis 1888 et qui paraît avoir été en partie accepté par certains constructeurs et par quelques administrations; elle expose que la question doit être l'objet de nouvelles études et de nouvelles recherches. Cette même lettre mentionne le *nouveau système français* à base métrique, qui doit être présenté à la Conférence internationale des Chemins de fer, et qui est l'objet d'études de la part de l'Association des Ingénieurs allemands.

En outre, l'Association des Industriels Mécaniciens suisses a reçu d'une part une note de M. *Tetmayer*, professeur à l'Ecole polytechnique fédérale, et qui fait part de l'invitation que l'auteur a reçue d'Angleterre en vue de la réalisation pratique du système métrique et de l'unification des filetages, et, d'autre part, une lettre de la Chambre de commerce de Londres, qui demande l'avis des industriels suisses sur les discussions actuellement pendantes entre les États-Unis et l'Angleterre au sujet de l'unification des jauges des fils métalliques et fers du commerce, en prenant pour base le système métrique ou au moins une division décimale.

Ces manifestations suffisent à montrer que le moment est venu, pour les industriels suisses, de porter cette question, dans son énoncé le plus étendu, sur le terrain international, ce qui sera d'ailleurs possible devant la Conférence intertionale des Chemins de fer. Nous estimons donc que les intéressés doivent procéder à l'étude de ce problème et des discussions accessoires qu'il a soulevées, afin de voir si l'unification des systèmes de filetage doit faire l'objet de négociations internationales et si l'ouverture de tels débats doit être provoquée par les autorités et les sociétés industrielles de la Suisse.

C'est dans ce but que nous vous avons demandé de prendre part aux travaux de cette Conférence : nous avons lieu de nous féliciter de l'empressement que vous avez mis à répondre à notre invitation en venant former ici une réunion si complète.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. Huber accepte la présidence sur le vœu de la Conférence et donne la parole à M. *R. Landolt*, qui fait la communication suivante :

Le grand développement de la construction mécanique et des transports rend aujourd'hui indispensable l'unification des systèmes si nombreux de filetage ; on peut s'étonner que l'on ait attendu si longtemps pour résoudre ce problème. L'unification des filetages intéresse spécialement l'industrie des transports, on conçoit en effet les inconvénients qui peuvent résulter, à un moment donné, de l'impossibilité de faire une réparation faute de vis ou d'écrou convenable. Il est donc naturel que la Conférence internationale des Chemins de fer inscrive cette question à son ordre du jour. Les projets d'unification des filetages n'ont pas manqué jusqu'à ce jour ; mais les voies et moyens manquaient pour la réalisation de ces projets. Aujourd'hui, l'extension des unions rendrait facile l'adoption d'un système uniforme de filetage ; mais on se trouve en face d'une difficulté croissante : c'est qu'il est actuellement beaucoup plus onéreux, pour les grands établissements mécaniques, d'abandonner le système de filetage qu'ils emploient, pour en adopter un autre. Mais la solution de cette difficulté n'est qu'une question de temps.

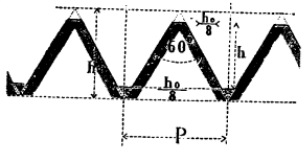
Là n'est pas cependant encore le côté le plus délicat de la question : l'unification des filetages implique l'unification des mesures de longueur ; sans doute, le mètre nous paraît avoir droit au titre d'étalon international ; mais on ne doit pas oublier que le pied anglais, adopté en Angleterre, en Russie, aux Etat-Unis d'Amérique et dans les vastes colonies de ces diverses nations, est en vigueur sur un territoire beaucoup plus étendu. Il est juste de dire cependant, qu'en Angleterre, un courant d'opinion se dessine de plus en plus en faveur du mètre et que les Anglais nous livrent de plus en plus leurs produits en mesures métriques, ce qui montre qu'ils sont en partie familiarisés avec ce système de poids et mesures. Les associations américaines ont pris également, dans le même sens, une importante initiative en adoptant la millième partie du pouce anglais pour unité décimale dans les mesures de précision : mais ce système est bâtard, puisqu'il comporte à la fois une unité duodécimale et des subdivisions décimales ; il témoigne néanmoins de l'extension de l'idée fondamentale du système métrique. Le but particulier que poursuivaient ainsi les métallurgistes américains était d'unifier les jauges nombreuses et diverses adoptées en Angleterre et aux États-Unis, pour les dimensions des fils de fers plats du commerce : on ne saurait d'ailleurs penser à proposer un tel système comme mesure internationale.

Faut-il donc attendre, pour unifier les filetages, que l'on ait définitivement adopté un système international de mesures ? M. Landolt ne le pense pas ; car, vu le développement actuel de l'industrie, plus on différera cette importante mesure, plus l'adoption en sera difficile. S'il existe vraiment un courant général d'opinion en faveur de l'unification des filetages, on doit agir dans ce sens sans plus tarder, et le premier pas à faire doit être la convocation d'une commissien internationale, devant laquelle les différents avis seront exposés et discutés. La principale décision à prendre est relative au filetage des vis d'assemblage, pour lesquelles on devra choisir entre le système Withworth, comme étant actuellement le plus répandu, et un système sur pure base métrique ; mais quelle que soit cette décision, il est important que le système adopté s'étende aussi bien à la construction mécanique qu'à l'industrie des transports.

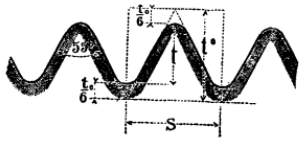
Quoique la présente conférence n'ait pas à recommander un nouveau système de filetage, il est peut-être utile de comparer en quelques mots les combinaisons qui

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLE COMPARATIVE DE QUELQUES SYSTÈMES DE FILETAGE

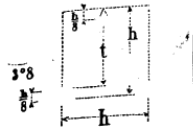


Système Sellers.

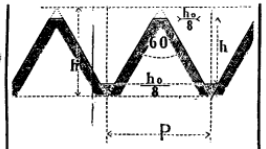


Système Whitworth.

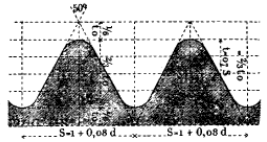
TABLEAU
DRESSÉ POUR L'ASSOCIATION
des
INDUSTRIELS MÉCANICIENS SUISSES
par
ROBERT LANDOLT
INGÉNIEUR
le 18 février 1897.



métrique des ingén. allemands.



Système unifié français.



Système métrique de G. Bodmer, ingénieur.

ANGLE DU FILET 60° PROFONDEUR DU FILET 0,65 P.				ANGLE DU FILET 55° PROFONDEUR DU FILET 0,64 S.				DIAMÈTRES			ANGLE DU FILET 53° 8' PROFONDEUR DU FILET 0,75 H			ANGLE DU FILET 60° PROFONDEUR DU FILET 0,65 P			ANGLE DU FILET 50° PROFONDEUR DU FILET 0,7 S				
NOMBRE DE FILETS par pouce anglais	PAS mm.	PROFONDEUR DU FILET	NOYAU	NOMBRE DE FILETS par pouce anglais	PAS mm.	PROFONDEUR DU FILET	NOYAU	POUCE ANGLAIS	MILLIMÈTR.	MIL	PAS mm.	PROFONDEUR DU FILET	NOYAU	PAS mm.	PROFONDEUR DU FILET	NOYAU	NOMBRE DE FILETS PAR 25 millim.	PAS mm.	PROFONDEUR DU FILET	NOYAU	DIAMÈTRE mm.
—	—	—	—	**40**	0,63	0,81	2,36	1/8	3,17	3	0,5	0,75	2,95	—	—	—	40	0,625	0,875	2,125	**3**
—	—	—	—	**32**	0,79	1,02	2,95	5/32	3,97	4	0,7	1,05	2,95	—	—	—	35	0,71	0,99	3,01	**4**
—	—	—	—	**24**	1,06	1,35	3,41	3/16	4,76	4	0,8	1,2	3,8	—	—	—	30	0,83	1,16	3,84	**5**
—	—	—	—	**24**	1,06	1,35	4,20	7/32	5,55	5	1,0	1,5	4,5	1,0	1,5	4,7	30	»	1,16	4,84	**6**
20	1,27	1,65	4,69	**20**	1,27	1,62	4,72	1/4	6,34	6	1,1	1,65	4,35	»	»	5,7	25	1,0	1,4	5,6	**7**
—	—	—	—	**20**	1,27	1,62	5,52	9/32	7,14	7	1,2	1,8	6,2	»	»	6,7	25	»	»	6,6	**8**
18	1,41	1,83	6,11	**18**	1,41	1,81	6,13	5/16	7,94	8	1,3	1,95	7,05	»	»	7,7	20	1,25	1,75	7,25	**9**
16	1,59	2,06	7,46	**16**	1,59	2,03	7,49	3/8	9,52	9	1,4	2,1	7,9	1,5	1,95	8,05	20	»	»	8,25	**10**
14	1,81	2,35	8,76	**14**	1,81	2,32	8,79	7/16	11,11	11	—	—	—	»	»	9,05	20	»	»	9,26	**11**
13	1,95	2,53	10,16	**12**	2,12	2,70	9,99	1/2	12,69	12	1,6	2,4	9,6	»	»	10,05	17	1,47	2,05	9,95	**12**
12	2,12	2,75	11,54	**12**	2,12	2,70	11,58	9/16	14,29	14	—	—	—	»	»	11,05	17	»	»	10,95	**13**
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,8	2,7	11,3	2,0	2,6	11,40	14,5	1,73	2,42	11,58	**14**
11	2,31	3,0	12,87	**11**	2,31	2,95	12,92	5/8	15,87	16	—	—	—	»	»	12,40	14,5	»	»	12,58	**15**
—	—	—	—	**11**	2,31	2,95	14,51	11/16	17,46	17	2,0	3,0	13,0	»	»	13,40	12,5	2,0	2,8	13,2	**16**
10	2,54	3,3	15,75	**10**	2,54	3,25	15,79	3/4	19,04	19	—	—	—	»	»	14,40	—	—	—	—	**17**
—	—	—	—	**10**	2,54	3,25	17,38	13/16	20,68	21	2,2	3,3	14,7	2,5	3,25	14,75	12,5	»	»	15,2	**18**
9	2,82	3,67	18,55	**9**	2,82	3,61	18,61	7/8	22,22	22	—	—	—	»	»	15,75	—	—	—	—	**19**
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,4	3,6	16,4	»	»	16,75	10	2,5	3,5	16,5	**20**
—	—	—	—	**9**	2,8	3,61	20,20	16/16	23,81	24	—	—	—	»	»	17,75	—	—	—	—	**21**
8	3,17	4,13	21,26	**8**	3,17	4,06	21,33	1"	25,39	25	2,8	4,2	17,8	»	»	18,75	10	»	»	18,5	**22**
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	»	»	19,75	—	—	—	—	**23**
7	3,63	4,72	23,85	**7**	3,63	4,64	23,93	1 1/8	28,57	29	3,0	4,2	19,8	3	3,9	20,1	9	2,77	3,87	20,13	**24**
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	»	»	21,1	—	—	—	—	**25**
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3,2	4,8	21,2	»	»	22,1	9	»	»	22,13	**26**
7	3,63	4,72	27,03	**7**	3,63	4,64	27,10	1 1/4	31,75	32	—	—	—	»	»	23,1	—	—	—	—	**27**
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3,2	4,8	23,2	»	»	24,1	8	3,125	4,37	23,53	**28**
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	»	»	25,1	—	—	—	—	**29**
7	4,23	5,50	29,42	**6**	4,23	5,41	29,50	1 3/8	34,92	35	3,6	5,4	24,6	3,5	4,55	25,45	8	»	»	25,63	**30**
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	»	»	26,45	—	—	—	—	**31**
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3,6	5,4	24,6	»	»	27,45	7	3,59	5,03	26,07	**32**
6	4,23	5,50	32,59	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	»	»	28,45	—	—	—	—	**33**
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	»	»	29,45	7	»	»	28,07	**34**
—	—	—	—	**6**	4,23	5,41	32,68	1 1/2	—	—	4,0	6,0	30,0	4,0	5,2	30,8	—	—	—	—	**35**
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	31,8	—	—	—	—	**36**
5 1/2	4,62	6,0	35,27	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	»	»	32,8	6	4,16	5,82	32,18	**37**
—	—	—	—	**5**	5,08	6,50	43,77	1 5/8	41,27	42	4,4	6,6	33,4	»	»	33,8	—	—	—	—	**38**
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	»	»	34,8	—	—	—	—	**39**
5	5,08	6,6	37,85	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	»	»	35,8	—	—	—	—	**40**
—	—	—	—	**5**	5,08	6,50	37,95	1 3/4	44,45	45	—	—	—	4,5	5,85	36,15	6	»	»	36,18	**41**
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	»	»	37,15	—	—	—	—	**42**
5	5,08	6,6	41,02	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	»	»	38,15	—	—	—	—	**43**
—	—	—	—	**4 1/2**	5,65	7,22	40,40	1 7/8	47,62	48	—	—	—	»	»	39,15	—	—	—	—	**44**
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	»	»	40,15	5	5,0	7,0	39,0	**45**
4 1/2	5,65	7,34	43,45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	»	»	41,15	—	—	—	—	**46**
—	—	—	—	**4 1/2**	5,65	7,22	43,57	2	50,79	51	—	—	—	5	6,5	41,5	—	—	—	—	**47**
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	»	»	42,5	—	—	—	—	**48**
—	—	—	—	**4 1/2**	5,65	7,22	46,75	2 1/8	53,97	54	—	—	—	»	»	43,5	5	5,0	»	43,0	**49**
4 1/2	5,65	7,34	49,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	»	»	44,5	—	—	—	—	**50**
4	6,35	8,25	55,24	**4**	6,35	8,12	49,02	2 1/4	57,14	57	—	—	—	»	»	45,5	—	—	—	—	**51**
4	6,35	8,25	61,59	**4**	6,35	8,12	55,37	2 1/2	63,49	63	—	—	—	»	»	46,5	—	—	—	—	**52**
3 1/2	7,26	9,43	66,76	**3 1/2**	7,26	9,28	60,56	2 3/4	69,84	70	—	—	—	»	»	47,5	—	—	—	—	**53**
				3 1/2	7,26	9,28	66,91	3	76,19	76	—	—	—	»	»	48,5	—	—	—	—	**54**
											—	—	—	5,5	7,15	48,85	—	—	—	—	**55**
											—	—	—	6	7,8	56,2	—	—	—	—	**56**
											—	—	—	6,5	8,45	63,55	—	—	—	—	**64**
											—	—	—	7	9,1	70,9	—	—	—	—	**72**
																					80

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sont employées dans la pratique et celles qui ont été récemment proposées. A cet effet, M. Landolt a mis à jour un tableau qu'il avait préparé il y a trois ans pour le joindre à un rapport sur le nouveau système français de filetage. Tel qu'il est présenté aujourd'hui (p. 852), ce tableau permet de comparer les différents éléments de la question, savoir :

1° *Le pas*, qui doit être en rapport avec le diamètre de la vis ;

2° *L'angle du filet*, qui doit varier entre 50° et 60° : avec un angle trop aigu, le filet serait trop saillant ou le pas très petit ; avec un angle trop ouvert, le filet n'aurait pas assez de saillie ;

3° La *profondeur du filet*, qui doit être en rapport avec le diamètre de la vis : si cette profondeur était trop grande, le noyau de la vis serait trop affaibli. D'autre part, surtout avec la fonte, la profondeur du filet ne doit pas être trop petite.

Dans le tableau, la colonne du milieu comprend les diamètres variant de 1/8 de pouce à 3 pouces, c'est-à-dire de $3^{mm},17$ à $76^{mm},10$ pour les systèmes Withworth et Sellers, et de 3 à 80 millimètres dans les systèmes à base métrique. Les autres colonnes donnent les éléments de la vis : pas, saillie du filet, diamètre du noyau, pour les systèmes Withworth et Sellers, pour le système métrique des Ingénieurs allemands, pour le système français définitif, et, en dernier lieu, pour le système G. Bodmer, de 1861.

On sait que, lorsque le système allemand a été complètement étudié et fixé, et lorsqu'il s'est agi de le faire passer dans la pratique, la réforme proposée rencontra, de la part des grands constructeurs, une opposition forte et soudaine. Les objections portaient sur le prix élevé du nouvel outillage nécessaire, sur les difficultés de la période de transition et sur le peu d'avantages à attendre de tels sacrifices, si l'Allemagne devait rester isolée ; cette considération intéressait surtout les constructions navales, à cause de la grande extension du système Withworth. Les opposants déclarèrent qu'ils ne s'uniraient que pour l'adoption d'un système international. L'Association des Ingénieurs allemands fit une nouvelle enquête et adressa une circulaire à toutes les sociétés industrielles importantes, afin de connaître leur opinion dans cette affaire ; la plupart furent d'avis de traiter la question dans une conférence. Pendant ce temps, le Ministre de l'Intérieur invitait l'Association des Ingénieurs allemands à se prononcer sur le *nouveau système français* de filetage, qui devait être soumis à une prochaine conférence internationale des chemins de fer. L'Association répondit que ce système devait être l'objet de nouvelles recherches, mais que, d'une manière générale, il était important que le système adopté pour les vis d'assemblage s'appliquât également aux chemins de fer et à la construction mécanique ; en outre, l'Association fit remarquer que l'adoption d'un système international de filetage était subordonnée à l'usage universel du mètre comme unité de mesure. Il est bon de remarquer qu'il n'est pas question de la mise en pratique du système allemand, tandis que les Français poussent vigoureusement leur système, ainsi que M. Landolt a eu occasion de le constater ; *cela donne à ce système une avance importante.*

Ainsi qu'on l'a déjà dit, la présente conférence n'a pas à recommander un système spécial de filetage. Si cependant il avait à rechercher auquel des systèmes il donnerait la préférence, M. Landolt choisirait une combinaison qui s'accorderait dans toutes ses parties avec le système métrique de mesure. Sous réserve de modifications éventuelles, c'est donc entre les deux systèmes allemand et français qu'il conviendrait d'opter. Le système allemand est excellent au point de vue théorique ; pratiquement il a trop d'échelles. *Le système français* est, sous ce rapport, plus commode, surtout après

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les modifications qui ont été faites depuis quatre ans aux projets primitifs. M. Landolt fait cependant une réserve, pour l'un comme pour l'autre système, car il ne peut se résoudre à approuver la substitution d'une face plane à la terminaison arrondie du filet ; on prétend que cette dernière est difficile à établir d'une manière uniforme ; c'est vrai, mais il semble que la confection d'une face plane à l'extrémité du filet présente d'aussi grandes difficultés; l'arête circulaire des outils s'émoussera vite, de sorte que la forme arrondie sera finalement obtenue. On dit bien, ajoute M. Landolt, que cet arrondi de l'arête n'a pas d'importance, mais ce raisonnement ne le convainc pas, et il pense qu'on peut exécuter avec une précision convenable les extrémités arrondies des filets.

En somme, M. Landolt conclut que, dans les systèmes, il y a encore des détails à approfondir : en particulier, la durée de l'outil en un des points les plus essentiels.

A ce côté de la question, s'en rattache étroitement un autre, que M. Landolt ne peut qu'effleurer ici. Lorsqu'un système de filetage sera définitivement adopté, il s'agira de procéder à la *confection de pièces étalons*, telles que filières et tarauds normaux, c'est là un énorme travail. L'établissement des premiers calibres soulèvera des difficultés qu'on ne soupçonne pas. Après avoir fabriqué ce modèle normal, il faudra en vérifier l'exactitude et le soumettre à un contrôle officiel. Sous ce rapport, la Suisse est en retard sur ses voisins, car elle ne possède aucun établissement officiel capable de vérifier l'exactitude des calibres. Les contrôleurs fédéraux vérifient bien les mesures courantes, mais ils ne sont pas outillés pour l'examen des calibres; on sera forcé de recourir à l'étranger, par exemple à l'Institut Royal Physicotechnique de Berlin. M. Landolt ajoute que la plupart de ses auditeurs savent que l'Association des Industriels Mécaniciens suisses s'est depuis longtemps, c'est-à-dire depuis l'année 1893, occupée de cette question, en collaboration avec la Société des Anciens Élèves de l'École polytechnique et l'Association Electrotechnique. Un vœu tendant à la fondation d'un institut répondant aux nouveaux besoins et annexé à l'École polytechnique a été formulé, et une pétition a été adressée dans le même sens au Conseil fédéral des Ecoles. On peut espérer qu'au grand bénéfice de l'industrie suisse, cet institut sera bientôt en état de fonctionner. On a déjà mentionné que l'Institut de physique, existant à Zurich, qui est le centre de l'industrie suisse, présenterait des conditions très favorables à l'installation de ce nouveau service.

M. Landolt espère avoir tracé un résumé approximatif de la question ; ce résumé pourra servir de base à des discussions ultérieures, si la conférence est d'avis qu'il y a lieu de provoquer sur ce sujet des débats internationaux, et qu'il convient à la Suisse de prendre l'initiative de cette affaire.

M. le Président partage l'avis de M. Landolt sur les conclusions peu satisfaisantes auxquelles conduit l'examen du système allemand et rapporte que l'Association des Ingénieurs Allemands a exprimé à M. le Ministre d'État von Botticher son désir de collaborer à l'œuvre d'unification technique des mesures employées dans les chemins de fer à la prochaine conférence internationale, en discutant l'unification des filetages.

M. l'ingénieur du contrôle *A. Bertschinger* dit que les membres de la Conférence internationale, à laquelle on vient de faire allusion, seront plutôt des délégués des divers Etats que des représentants des administrations de chemins de fer; aussi, les accords qui pourront intervenir auront le caractère de transactions entre Etats, même lorsqu'ils ne seront pas expressément revêtus de cette forme. Depuis la première

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Convention de Berne, en 1876, tous les Etats du continent ont adhéré à ces Conférences, excepté la Turquie, l'Espagne, le Portugal et la Russie; cette dernière puissance avait tenu jusqu'à présent à garder sa liberté, mais elle se fera représenter à la prochaine conférence, qui se réunira vraisemblablement l'été prochain.

Quant à la question des filetages, le Département des Chemins de fer, qui poursuit l'unification dans l'exploitation des chemins de fer, doit forcément s'y intéresser. En avril 1894, l'Union suisse des Chemins de fer ayant présenté un tableau dans lequel le système Withworth était calculé en millimètres, le département vit là une occasion de déclarer qu'il pouvait être préférable de chercher un système international d'unification. Cette observation fut accueillie par l'Union, qui fit cependant des réserves sur la possibilité de l'accord des Etats. Dans le programme de la prochaine conférence internationale (art. 11), le Conseil fédéral a porté la « Désignation d'un système de pas de vis métrique a recommander pour le matériel des chemins de fer ». Dans les documents communiqués aux puissances, le Conseil fédéral suisse s'est exprimé de la manière suivante :

Le désir de voir établi un système de pas de vis métrique rationnel, au lieu et place du système actuelle plus répandu, le système Whitworth, basé sur le pouce anglais et appliqué, avec les variations les plus diverses, a été manifesté si souvent déjà dans les cercles spéciaux, ainsi que dans les publications techniques, que l'utilité d'une pareille mesure ne saurait guère être mise en doute. Dans ce domaine, les administrations de chemins de fer, avec leur innombrable quantité de vis, paraissent les premières intéressées; il semble donc tout indiqué que cette question soit aussi traitée dans la conférence de techniciens déjà prévue.

Nulle part plus qu'ici, la nécessité d'une solution *uniforme internationale* ne se fait sentir; chaque administration peut se trouver dans le cas d'avoir à s'occuper de travaux pour des véhicules d'une autre Compagnie et même d'un autre Etat. Il y aurait alors pour elle un grand avantage, notamment pour l'exécution du travail, si l'administration en cause paraît se tirer d'affaire avec ses propres vis. La commande et la fabrication du matériel roulant et des vis en général seraient, d'autre part, facilitées dans une mesure fort précieuse, et sur tout le continent on n'aurait plus à compter qu'avec *un seul* système de pas de vis parfaitement déterminé.

Si les Etats réussissent tout d'acord à s'entendre sur un pas de vis métrique international applicable au matériel de chemins de fer, on ne peut guère douter que l'industrie des machines tout entière se ralliera volontiers à ce système; cette perspective mérite d'entrer en ligne de compte dans les résolutions de la Conférence.

La décision qu'elle pourra prendre éventuellement ne saurait sans doute rien avoir d'absolument obligatoire; mais elle ferait entrer la question dans la bonne voie et fixerait les bases du système désiré, dont l'application serait d'ailleurs laissée aux intéressés eux-mêmes, en admettant toutefois que chacun des Etats ferait, en ce qui le concerne, son possible pour que le pas de vis métrique uniforme soit adopté dans un délai pas trop lointain.

Quant au système lui-même, il a déjà été fait de divers côtés toute une série de propositions certainement justifiées et ayant toutes leur valeur. Nous nous bornons à rappeler les études longues et pleines d'intérêt de l'Association des Ingénieurs allemands à ce sujet.

Une proposition née dans le pays d'origine du système métrique lui-même paraît spécialement digne d'attention, parce qu'elle se rapproche, avec son angle de 60°, d'une forme de vis qui a déjà fait ses preuves (système Sellers) et parce qu'elle se trouve déjà appliquée par quelques administrations de chemins de fer en France. Ce projet, établi par la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale à Paris, se trouve décrit dans l'annexe 11

Le Conseil fédéral, par cette conclusion, déclare s'abstenir de faire des propositions précises, son intention n'étant que de donner une impulsion à l'affaire; il a cru néan-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

moins devoir signaler le système français, car les publications spéciales l'ont moins fait connaître que le système des ingénieurs allemands.

En terminant, M. Bertschinger remercie l'Association des Industriels Mécaniciens de l'initiative qu'elle a prise.

M. H. Dietler, directeur du chemin de fer du Gothard, approuve M. Bertschinger; il pense que l'on pourrait se rallier au vœu que les Industriels Mécaniciens voulaient émettre sur leur coopération à cette question dans la conférence. L'Union des Chemins de fer serait favorablement disposée. Les difficultés que soulève le choix du système sont certainement grandes, mais ce sera œuvre méritoire pour la Confédération d'avoir assumé l'initiative de cette affaire. Le devoir de tous est de s'efforcer de faire aboutir cette tentative et de travailler ainsi autant que possible pour l'intérêt général.

Le Président pense aussi que la question a été mise dans la bonne voie grâce à l'initiative de la Confédération. L'Association des Industriels Mécaniciens désirant apporter dans ces délibérations l'expression de ces vues, son Comité de direction s'est accordé, après discussion, pour proposer l'ordre du jour suivant, comme conclusion des travaux de la présente conférence:

1° La réunion reconnaît qu'il est souhaitable et nécessaire *d'unifier sur une base métrique les systèmes de filetages*, aussi bien que les jauges adoptées pour les fils, les tôles, etc.

2° La réunion constitue un comité exécutif de cinq membres, qui sera chargé de se mettre en relation aussi bien avec les ingénieurs français et allemands qu'avec les ingénieurs anglais, pour rechercher les moyens d'obtenir l'unification; ce comité rendra compte de ses travaux à l'assemblée des délégués et fera les propositions qu'il jugera utiles.

M. le professeur *Stodola* demande s'il ne conviendrait pas de séparer la question des filetages de la question des jauges et calibres, afin d'être plus sûr que la première sera prête avant la tenue de la Conférence internationale.

M. le professeur *Tetmayer* rappelle que c'est sur l'unification des jauges que les Anglais se sont rapprochés de l'échelle décimale; c'est donc sur ce terrain qu'il sera naturel de se rapprocher d'eux. Il se prononce donc contre la disjonction des deux questions. Il faut se hâter dans les discussions pour qu'une proposition puisse être faite à la Conférence internationale. La question de l'unification des filetages est encore plus importante pour l'industrie mécanique que pour les chemins de fer; aussi faut-il que les constructeurs mécaniciens profitent de l'occasion et s'efforcent d'arriver à un résultat par une entente internationale.

M. l'ingénieur *Weissenbach* votera l'ordre du jour. Le succès sera plus facile à obtenir par un congrès international que par les efforts individuels de l'industrie privée. Les vis employées dans les chemins de fer ayant les mêmes dimensions que celles dont on se sert dans les constructions mécaniques, ces deux branches de l'industrie ont un même intérêt dans la question.

M. l'ingénieur en chef *Weyermann* espère que la Conférence internationale exercera une action utile, cette action fût-elle purement morale; il lui serait en effet difficile de formuler des conclusions impératives.

M. Dietler voudrait cependant que la question traitée dans la Conférence fut précisée et préparée de près. Elle sera différente comme organisation des conférences habituelles de chemins de fer. Il est vraisemblable que d'utiles conclusions seront prises à la suite de ses discussions et que des résultats positifs seront atteints. La date de l'ouverture

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des débats de la Conférence n'est pas encore fixée; on peut espérer qu'elle sera assez éloignée pour l'achèvement des travaux préparatoires.

M. Karl Sulzer est grand partisan de l'unification des filetages: il est d'avis que c'est bien devant une conférence internationale que l'affaire doit être portée. Ce qu'il y a de plus important à faire, avant qu'elle se réunisse, est d'entrer en relation avec les sociétés étrangères, par exemple avec l'Association des Ingénieurs Allemands, la *Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale*, et d'autres encore, pour examiner la question sur toutes ses faces d'un commun accord.

Les derniers mots du premier paragraphe de l'ordre du jour donnent à M.K. Sulzer l'occasion de déclarer son opinion, qui est favorable au système Whitworth, système qui fonctionne déjà depuis cinquante ans et est actuellement en pratique sur un vaste territoire. Il pense qu'il n'est pas très important de considérer l'unification de la mesure comme l'idée fondamentale de l'unification des filetages; ce qui importe surtout, c'est le choix de calibres et d'étalons. Serait-il judicieux d'abandonner un système complètement éprouvé et largement pratiqué lorsqu'on ne sait pas si, avec l'emploi d'un nouveau système, ne surgiront pas des inconvénients de détails qui peuvent être graves. L'adoption d'un nouveau système de filetages a suscité de grandes difficultés en Allemagne et s'est heurtée à une violente résistance. Dans les constructions navales notamment, le système Whitworth ne serait pas remplaçable; le matériel de la plupart des ateliers le comporte.

MM. Weissenbach, Landolt et Stodola partagent les sympathies de M. K. Sulzer pour le système Whitworth: ils pensent toutefois que cette considération, que l'on doit poursuivre *la généralisation du système métrique, s'oppose à son admission*: *rien n'empêche que les avantages du système Whitworth puissent se trouver aussi dans un système à base métrique;* d'ailleurs, ainsi que l'ont dit le président et le professeur Tetmayer, *sans une base métrique, il ne faut pas espérer d'union avec les autres États* et en particulier avec la France.

M. Stodola pense que l'Association des Industriels Mécaniciens, outre les examens et délibérations qu'elle compte faire, pourrait également entreprendre des expériences qui seraient utilement faites à l'Institut fédéral pour l'essai des matériaux de construction.

L'ordre du jour est ensuite modifié quant au nombre des membres du *Comité exécutif* qui est porté à sept. A part cette modification, le texte est adopté sans opposition, sous la réserve cependant que les observations de M. K. Sulzer figureront au compte rendu de la séance.

Le Comité exécutif est composé de :

MM. P. E. Huber (fabrique Oerlikon);
K. Landolt (fabrique Reishauer);
R. Weyermann (Chemin de fer du Jura-Simplon);
R. Escher (Polytechnicum fédéral);
K. Sulzer (Sulzer frères);
A. Stodola (École polytechnique fédérale);
Brown (Brown, Boveri et C^ie).

En terminant, le Président revient sur la question de l'Institut pour l'examen des appareils de précision et calibres, et pour le contrôle des instruments de mesure élec-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

trotechniques, dont M. Landolt a montré l'utilité à la fin de sa communication et dont la création a été poursuivie par l'École polytechnique fédérale, l'Association des Industriels Mécaniciens, la Société des anciens élèves de l'École polytechnique et l'Association électrotechnique suisse. Il insiste sur ce que cet Institut ne doit pas remplacer les bureaux de vérification, qui resteront tels qu'ils sont et continueront leur service : l'Institut ne saurait même leur être adjoint ; il a sa place au centre de l'industrie mécanique suisse, comme annexe à un centre scientifique important tel que l'École polytechnique.

La réunion approuve les paroles du Président, qui lève la séance à deux heures de l'après-midi.

Nous complétons ce compte rendu de la conférence de Zurich par l'extrait suivant du compte rendu de la séance du 12 avril 1897 de la *Société des agriculteurs de France*, qui montre combien le *système de filetages français* se répand de plus en plus dans toutes nos industries mécaniques.

La Réunion départementale de la Manche a émis le vœu qu'afin de faciliter les réparations, les remplacements ainsi que le bon fonctionnement des instruments agricoles, la Société ne prime dans ses concours que les constructeurs qui accepteront l'uniformité des types de boulons, de façon à ce qu'ils soient interchangeables.

Ce *desideratum* a déjà été exprimé plusieurs fois par la Section du Génie rural.

Il paraît difficile, dans l'état actuel, d'exclure les constructeurs n'employant pas le *système français*, mais on peut encourager ceux qui le prendront, soit en augmentant la récompense attribuée, soit en donnant une récompense spéciale.

En conséquence, la Section renouvelant, en le complétant, son vœu antérieur demande :

1° Que les constructeurs de machines agricoles adoptent, pour les boulons, goujons, etc., le type dit *système français*, dont les éléments ont été donnés page 501 du *compte rendu de la session générale* de 1896, et dans l'*almanach* de 1896 ;

2° Que dans les divers concours ou comices agricoles, les constructeurs ayant adopté le système français voient leurs récompenses augmentées, ou soient l'objet d'une mention spéciale.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

PROCÈS-VERBAUX

Séance du 28 mai 1897.

Présidence de *M. Mascart*, président.

Correspondance. — *MM. Collignon* et *Aimé Girard*, secrétaires, dépouillent la correspondance.

Ils font part de la perte que la Société vient d'éprouver en la personne de *M. C.-A. Verdin*, peintre décorateur, membre de la Société.

M. E. Angelot, 6, rue Duphot, soumet à l'appréciation de la Société un nouveau *propulseur pour navires et aérostats*. (Arts mécaniques.)

M. G. Haffner, 9, boulevard Magenta, demande une annuité de brevet pour un *automobile*. (Arts mécaniques.)

M. J. Ducot, 6, rue de Braque, soumet à l'appréciation de la Société un *balancier galvanomètre pour bains électrolytiques*. (Arts économiques.)

M. A. Roblot, 11, rue d'Ulm, demande une annuité de brevet pour une *calotte pneumatique*. (Arts économiques.)

M. H. Bayard, à Carcassonne, soumet à l'appréciation de la Société un produit appelé l'*Émailline*, pour enduire les murailles. (Constructions et Beaux-Arts.)

M. E. Mariol, à Bordeaux, dépose un pli cacheté relatif à un *Nouveau procédé de publicité*.

M. E. Gibaudan, viticulteur à la Coupe, soumet à la Société un *compteur de liquides*. (Arts économiques.)

Correspondance imprimée. — *MM. les Secrétaires* présentent au Conseil, avec remerciements aux donateurs, les ouvrages mentionnés à la page 733 du *Bulletin* de mai, et en particulier, parmi les documents envoyés par la Smithsonian Institution, le mémoire intitulé *Actinométrie atmosphérique*, par *M. E. Duclaux*.

Nomination d'un membre du conseil. — Est nommé membre du Conseil, au *Comité des arts chimiques*, *M. Joly*, directeur du laboratoire des hautes études à la Sorbonne.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

NOMINATION DE MEMBRES DE LA SOCIÉTÉ. — Est nommé membre de la Société, *M. Desmarais*, ingénieur, successeur de Morane aîné, à Paris, présenté par *M. Aimé Girard.*

CONFÉRENCE. — *M. H. Le Chatelier* fait une conférence sur le *Grisou*, sa nature et les moyens d'en éviter les accidents.

Cette conférence, accompagnée d'expériences des plus intéressantes et fréquemment applaudie, sera publiée au *Bulletin*.

M. le Président félicite et remercie vivement M. Le Chatelier.

Séance du 11 juin 1897.

Présidence de *M. Mascart*, président.

CORRESPONDANCE. — *M. Auger*, 36, rue Polonceau, présente une *turbine à force se multipliant*. (Arts mécaniques.)

M. Delzenne, à Saint-Saulve, demande une annuité de brevet pour une *roue à ressorts*. (Arts mécaniques.)

M. Joly remercie le Conseil de sa nomination de *membre du Comité des Arts chimiques*.

M. le Ministre de l'Agriculture annonce qu'il accorde à la Société d'Encouragement une subvention de 1800 francs pour encouragement à l'agriculture. *M. le Président* remercie vivement M. le Ministre de cette générosité.

M. A. Toussaint, 30, rue Geoffroy-Saint-Hilaire, présente à l'appréciation de la Société une *balançoire pour fêtes*.

M. A.-T. Fabre demande à la Société une subvention pour des explorations, voyages, etc.

M. Corret demande une annuité de brevet pour un *photomètre*. (Arts économiques.)

M. Lunet, 35, rue du Niger, dépose un pli cacheté relatif à un *moteur à distribution centrale sans excentriques*,

CORRESPONDANCE IMPRIMÉE. — *MM. les Secrétaires* présentent au Conseil, avec remerciements aux donateurs, les ouvrages mentionnés à la page 863 du présent *Bulletin*.

NOMINATION D'UN MEMBRE. — Est nommé membre de la Société, *M. J. Verley*,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

administrateur délégué de la Société anonyme des amidonneries et glucosuries d'Haubourdin, présenté par *MM. Aimé Girard* et *Vincent*.

NOTICE NÉCROLOGIQUE. — *M. E. Sauvage* lit, au nom du *Comité des Arts mécaniques*, la notice nécrologique de *M. le colonel Pierre*, vice-président honoraire de la Société.

RAPPORTS DES COMITÉS. — *M. Brull* lit, au nom du *Comité des Arts mécaniques*, son rapport sur l'*Arrêt pour plan incliné de M. Bruno Moustier*,

M. Violle lit, au nom du *Comité des Arts économiques*, son rapport sur la *Lampe à acétylène de M. Gossart*.

COMMUNICATION. — *M. Cheysson* fait une communication sur la *Caisse de prévoyance de l'Association des industriels de France contre les accidents*.

M. le Président remercie vivement M. Cheysson de sa très intéressante communication, qui sera insérée au *Bulletin*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LIVRES ET OUVRAGES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE

EN JUIN 1897

De la Régence de Tunis. **Notice sur la Tunisie à l'usage des émigrants.**

Le Cacaoyer et sa culture, par MM. H. Lecomte et E. Chalot; 1 vol. in-8, 120 p. Paris, Carré et Naud.

De l'Encyclopédie Leauté. **L'Électro-métallurgie**, par M. A. Minet. Paris, Gauthier-Villars.

Cours supérieur de manipulation de physique, par M. Aimé Witz. 2e édition; 1 vol. n-8, 472 pages. Paris, Gauthier-Villars.

De la part des enfants de M. Daubrée. **Auguste Daubrée.** Une brochure in-8, 105 pages.

Atti del Reale Instituto d'Encorraggiamento di Napoli, 4e série, vol. IX, un vol. in-4. Naples, typographie coopérative.

Traité pratique des travaux en asphalte, par MM. Letouzé et P. Lojeau; 1 vol. in-8, 210 p. Paris, Bernard.

Géologie agricole, vol. IV, par M. E. Risler; 1 vol. in-8, 410 p. Paris, Berger-Levrault.

Projet d'encyclopédie des sciences appliquées, par M. C. Didier; une brochure in-18, 36 p. Bruxelles, Van-Assehe.

Nouvelle étude sur les tempêtes, cyclones, trombes et tornados, par M. H. Faye. 1 vol. in-8, 142 p. Paris, Gauthier-Villars.

De l'École nationale des Ponts et Chaussées Collection de **Dessins distribués aux élèves**, 6e série. *Ports maritimes.* Imprimerie Nationale.

De l'École Centrale des Arts et Manufactures. **Portefeuille des travaux de vacances des élèves.** *Année* 1896, 51 grandes planches. Imprimerie des Arts et Manufactures, 12, rue Paul-Lelong.

Bulletin de l'Association des industriels de France contre les accidents du travail. *Année* 1897, 1 vol. in-8, 260 p., au Siège de l'Association, 3, rue de Lutèce. Principaux travaux : *Rapport sur le concours de chapeaux de sûreté pour scies circulaires*, par M. H. Mamy; *Protection contre les ruptures des niveaux d'eau de chaudières; Transmissions; Monte-charges; Meules; Industrie du bois, des métaux, du papier, des textiles; Électricité; Législation et documents officiels.*

Note sur la traction électrique à prise de courant aérienne, par M. C. Walckenaer, ingénieur des mines; 1 broch. in-8, 120 p., 2 pl., 137 fig. Extrait des *Annales des mines.* Paris, Dunod et Vicq.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LITTÉRATURE

DES

PÉRIODIQUES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE DE LA SOCIÉTÉ

Du 15 Mai au 15 Juin 1897

DÉSIGNATIONS ABRÉGÉES DES PUBLICATIONS CITÉES

Ag. . . . Journal de l'Agriculture.
Ac. . . . Annales de la Construction.
Acp. . . . Annales de Chimie et de Physique.
AM. . . . Annales des Mines.
Ap. . . . Journal d'Agriculture pratique.
APC. . . . Annales des Ponts et Chaussées.
At. . . . Annales télégraphiques.
Bam. . . . Bulletin technologique des anciens élèves des écoles des arts et métiers.
Btp. . . . Bulletin du ministère des Travaux publics (statistiques).
BMA . . . Bull. du ministère de l'Agriculture.
Ci. . . . Chronique industrielle.
Co. . . . Cosmos.
CN. . . . Chimical News (London).
Cs. . . . Journal of the Society of Chemical Industry (London).
CR. . . . Comptes rendus de l'Académie des Sciences.
DoL. . . . Bulletin of the Department of Labor des États-Unis.
Dp. . . . Dingler's Polytechnisches Journal.
E. . . . Engineering.
E'. . . . The Engineer.
Eam. . . . Engineering and Mining Journal.
EE. . . . Eclairage Électrique.
El. . . . Electrician (London).
Elé. . . . L'Électricien.
Ef. . . . Économiste français.
Es. . . . Engineers and Shipbuilders in Scotland (Proceedings).
Fi . . . Journal of the Franklin Institute (Philadelphie).
Gc. . . . Génie civil.
Gm. . . . Revue du Génie militaire.
IC. . . . Ingénieurs civils de France (Bull.).
Ie. . . . Industrie électrique.
Im . . . Industrie minérale de St-Étienne.
IME. . . . Institution of Mechanical Engineers (Proceedings).
IoB. . . . Institution of Brewing (Journal).
La . . . La Locomotion automobile.
Ln. . . . La Nature.
Ms. . . . Moniteur scientifique.
N. . . . Nature (anglais).
Pc. . . . Journal de Pharmacie et de Chimie.
Pm. . . . *Portefeuille* économ. des *machines.*
Rgc. . . . Revue générale des chemins de fer.
Rgds. . . . Revue générale des Sciences.
Ri . . . Revue industrielle.
RM. . . . Revue de mécanique.
Rmc. . . . Revue maritime et coloniale.
Rs. . . . Revue Scientifique.
Rso. . . . Réforme Sociale.
RSL. . . . Royal Society London (Proceedings).
Rt. . . . Revue technique.
Ru. . . . Revue universelle des mines et de la métallurgie.
SA. . . . Society of Arts (Journal of the).
ScP. . . . Société chimique de Paris (Bull.).
Sfp. . . . Société française de photographie (Bulletin).
Sg. . . . Bulletin de la Société de géographie.
Sgc. . . . Bulletin de la Société de géographie commerciale.
Sie. . . . Société internationale des Électriciens (Bulletin).
SiM. . . . Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse.
SiN. . . . Société industrielle du Nord de la France (Bulletin).
SL. . . . Bull. de statistique et de législation.
SNA. . . . Société nationale d'agriculture de France (Bulletin).
SuE. . . . Stahl und Eisen.
USR. . . . Consular Reports to the United States Government.
VDI. . . . Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure.
ZOI. . . . Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieure und Architekten-Vereins.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

AGRICULTURE

Betterave. Destruction de la sylphide. *Ag.* 22 *Mai*, 811; *Ap.* 20 *Mai*, 720.
— Production des graines en France. *Ag.* 5 *Juin*, 896.
Chambres et conseil supérieur d'Agriculture. *Ef.* 22 *Mai*, 699.
Cyclamen (Culture du). *N.* 20, *Mai*, 65.
Engrais. Le lupin et la chaux. *Ap.* 10 *Juin* 806.
— Chimiques au printemps. *SNA.* n° 3, 161.
— Sulfate d'ammoniaque des hauts fourneaux (Carulla). *E.* 21 *Mai*, 698.
— Rôle de la chaux (Grandeau). *Ap.* 20 *Mai*, 700.
— Fumier de ferme. *Ag.* 5 *Juin*, 1884.
— Nitragine (la). *Ap.* 10 *Juin*, 807, 813; *Ag.* 12 *Juin*, 925.
— (Prises d'échantillons des). Rapport au ministre. *BMA. Mai*, 219.
— Chaulage et marnage. *Ap.* 27 *Mai*, 737.
— Rôle des matières humiques dans la fermentation des sols (Gautier). *CR.* 31 *Mai*, 1205.
Forêts. Exploitation et sulfatage des bois. *Ln.* 29 *Mai*, 410.
— (Coupes blanches des). *SNA.* n° 3, 159.
— Chemins de fer forestiers. *Id.* 177.
Fruits (Dessiccation des). *Ag.* 22 *Mai*, 812.
Machines agricoles au concours général de Paris. *Ap.* 3 *Juin*, 776.
— Pulvérisateurs Bernard. *Ag.* 22 *Mai*, 818.
— Charrue Brabant, double Bajac. *Ag.* 22 *Mai*, 820.
— au concours de Paris (Ringelmann). *Ap.* 20 *Mai*, 706.
— Accidents occasionnés par les machines à battre (Ringelmann). *BMA. Mai*, 252.
— Moissonneuses Mac Gregor. *E'.* 28 *Mai*, 549. Albion. *Ag.* 5 *Juin*, 900.
Mûriers. Maladies des branches de mûrier de Turquie. *CR.* 24 *Mai*, 1168.
Plantes oléagineuses herbacées. Culture en France (Malpeauy). *Rgds.* 30 *Mai*, 425.
Prairies (Fumure des) après la première coupe. *Ap.* 3 *Juin*, 770.
Vigne. Casse des vins. (Ferment soluble de la) (Cazeneuve). *ScP.* 20 *Mai*, 526.
Vigne. Expérience de vinification dans le Gard (Kayser). *BMA. Mai*, 264.
— Black root. Expériences dans l'Aveyron (Barba). *BMA. Mai*, 283.
— Emploi du carbure de calcium comme phylloxéricide (Chuard). *CR.* 31 *Mai*, 1247.

CHEMINS DE FER

Chemins de fer du Lanarkshire Dunbartonshire. *E.* 21 *Mai*, 667, 4 *Juin*, 733.
— État brésilien. *E.* 21 *Mai*, 684.
— Assam-Bengal. *E'.* 11 *Juin*, 583.
— Métropolitain de Glascow. *Rs.* 22 *Mai*, 654.
— allemands 1894-95. *E'.* 28 *Mai*, 530.
— transsibérien. *E'.* 4 *Juin*, 561.
— à voie normale et de 1 mètre. *Rt.* 25 *Mai*, 231.
— à voie de 960. Circum-Etna. *E'.* 28 *Mai*, 531.
— Économiques et pionniers. *E'.* 28 *Mai*, 539.
— pour l'Exposition de Berlin en 1896. *Rgc. Mai*, 383.
— monorail Behr. Exposition de Bruxelles. *E.* 11 *Juin*, 788.
Frein à vide. Raccord Borgnino. *Gc.* 20 *Mai*, 62.
Gare de P.-L.-M. à Paris. *Rgc. Mai*, 344.
— de Boston. *Rgc. Mai*, 417.
Locomotives Serpolet pour chemins Wurtenbergeois. *Gc.* 12 *Juin*, 97.
— Construction de la locomotive moderne (G. Hughes). *Rgc. Mai*, 371.
— 8 couplées État-Indien. *E'.* 4 *Juin*, 567.
— *Compound* Krauss à cylindres auxiliaires. *E.* 21 *Mai*, 678, du Northern Pacific. *Rgc. Mai*, 423. Nisbet, Brooks, Ball, Johnstone, Vauclain, Crook, Wrigt, Burrel, Mallet, Lapage, Morandière, Strong, Reagan (Sauvage). *RM. Mai*, 451.
— à roues libres du Midland. *Rgc. Mai*, 423.
— Distribution Todd. *E'.* 28 *Mai*, 554.
— Foyers au pétrole Holden. *E.* 4 *Juin*, 745.
Matériel roulant. Bogie Timmis. *E.* 21 *Mai*, 699.
— Boîte à galets. *E.* 28 *Mai*, 725.
— Châssis de voitures. Fabrication à la Cie de l'Est. *Rgc. Mai*, 353.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Voie (La) (Baker et Webb). *E'.* 28 *Mai*, 533.
— Rail du London And North Western. *Rgc. Mai*, 422.
— Voie de 1 mètre et voie normale. *Rt.* 10 *Juin*, 244.
— Outils de poseurs américains. *E'.* 11 *Juin*, 589.
Wagon-école américain. *Ln.* 20 *Mai*, 385.

TRANSPORTS DIVERS

Automobiles Pretot. *E'.* 21 *Mai*, 523.
— Concours de l'Engineer. *E'.* 4 *Juin*, 565, 571; *E.* 11 *Juin*, 786, du Louvre. *La.* 3 *Juin*, 255.
— Fiacres automobiles. *La.* 3 *Mai*, 259.
— à gazoline Peugeot. *E.* 21 *Mai*, 674.
— — George. *E.* 28 *Mai*, 732.
— — Roots et Venable. *E'.* 4 *Juin*, 566. *La.* 20 *Mai*, 230.
— — Bouvier Dreux. *La.* 27 *Mai*, 241.
— — Hamilton. *Id.* 3 *Juin*, 251.
— — et air comprimé Mac Donald. *E.* 21 *Mai*, 699.
— Electriques Morris et Salom. *La.* 20 *Mai*, 234 (les); *Ie.* 25 *Mai*, 209 (les).
— à vapeur Rose. *La* 21 *Mai*, 236.
— transmission Rowbotham. *La.* 27 *Mai*, 243.
Brouette chinoise. *Gc.* 5 *juin*, 82.
Électricité. Chemin de fer de la Jungfrau. *Ie.* 2.
— souterrain de Buda-Pesth. *Rgc. Mai*, 371.
— Tramways. Bruxelles Terwueren. *EE.* 5 *juin*, 489.
— — Trolley. Siemens. *EE.* 22 *Mai* 411.
— — Madeleine-Courbevoie. *Ie.* 285.
— — Walker. *Rt.* 25 *Mai*, 227.
— — Bassett. *EE.* 29 *Mai*, 453.
— — à courants alternatifs monophasés (Steinmetz). *EE.* 29 *Mai*, 453.
— — à contacts électromagnétiques Johnison et Lundel. *EE.* 5 *Juin*, 510.
— — Interrupteur pour fil de trolley. Ravaud. *Elé.* 5 *juin*, 360.
— — Corrosion électrolytique. *EE.* 12 *juin*, 575.
Locomotive routière. Ruston Proctor. *E'.* 28 *Mai*, 548.
Tramway à gaz. Holt. *E.* 28 *Mai*, 720.
Vélocipédie. Pneumatique Trench. *E.* 28 *Mai*, 732.
— Changement de vitesse Lamugière. *Ci.* 29 *Mai*, 235.

CHIMIE ET PHYSIQUE

Acide *phosphorique, pyrophosphorique et métaphosphorique* (Recherches sur l'). (Berthelot et André). *AcP. Juin*, 184, 190, 197, 204, 210.
— *oléique*. Transformation en bougies. *Cs.* 31 *Mai*, 389.
Air. Dosage des substances solides (Cohen). *Cs.* 31 *Mai*, 411.
Alcaloïdes des quinquinas (Gassman). *Ms. Juin*, 416.
— Divers. *Cs.* 31 *Mai*, 461.
Alcool. Dénaturation (Barillot). *CR.* 24 *Mai*, 1163.
Amidon. Hydrolyse par les acides. *Technology Quarterly. Mars*, 133.
— (Chimie de l'). (Ling). *IoB. Avril*, 275.
Analyse spectrale (Lecoq de Boisbaudran). *CR.* 8 *Juin*, 1288, des étoiles chaudes (N. Lokyer). *RSL.* 20 *Mai*, 148-213; *N.* 27 *Mai*, 91.
Argentaurum (L'). *Ln.* 5 *Juin*, 1.
Argon et Helium. *RSL.* 5 *Juin*, 267.
Arsenic et antimoine. Séparation. *Cs.* 31 *Mai*, 403.
Asphalte (Analyse des). (Peckham). *Cs.* 31 *Mai*, 424.
Barium, strontium et calcium. Séparation qualitative (Rawson). *CN.* 21 *Mai*, 247.
Bois (Produits chimiques extraits du). *Rt.* 25 *Mai*, 219.
Borate de lithine (H. Le Chatelier). *CR.* 17 *Mai* 1091.
Blanchiment. Divers. *Cs.* 31 *Mai*, 437.
— Enlèvement des taches d'huile des tissus de coton. *Cs.* 31 *Mai*, 409.
Brasserie. Divers. *Cs.* 31 *Mai*, 453.
— Évaluation analytique du malt. (L. Briant). *IoB. Avril*, 222.
— Dosage des résines dans les houblons. *Id.*, 233.
Cerium (Poids atomique du). (Wyrouboff et Verneuil). *CR.* 8 *Juin*, 1300.
Cerium (Purification du). (Wyrouboff et Verneuil). *CR.* 31 *Mai*, 1230.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Chaux et ciments. Divers. *Cs.* 31 *Mai*, 443.
— Travaux en ciment armé. *Le ciment. Mai*, 131, 139.
— Pour travaux maritimes. (Kyle). *E'.* 28 *Mai*, 533.
— Solubilité de la chaux en présence du chlorure de sodium et de potassium (Cabot). *Cs.* 31 *Mai*, 417.

Chlore et hydrogène (Action de la lumière sur les mélanges de) (Armand Gautier). *CR.* 8 *Juin*, 1267.

Chrome (Analyse des sels de). (Proctor). *Cs.* 31 *Mai*, 412.

Cæsium et Rubidium. Sels doubles halogènes (Wells et Foote). (*American Journal of Science, Juin*, 461.

Cryoscopie (Bonne méthode de). (Ponsot). *CR.* 31 *Mai*, 1227.

Désinfectants divers. *Cs.* 31 *Mai*, 456.

Distillation en vase clos des essences forestières. Rt. 10 *Juin*, 248.

Distillerie. Solubilité de la matière colorante rouge des vins, et stérilisation des moûts de fruits (Rosentiehl). *ScP.* 20 *Mai*, 523.

Eau oxygénée. Décomposition par l'oxyde d'argent (Berthelot). *Acp.* 217, 223.

Éther ordinaire. Préparation (Prunier). *Pc.* 1er *Juin*, 513; *CR.* 31 *Mai*, 1239.

Extraits de viandes (Composition des). (Burylands). *Pc.* 1er *Juin*, 515.

Fer (Chaleur spécifique du) (Hartley). *E.* 28 *Mai*, 731.

Fermentations. Micro-organismes et les procédés de stérilisation des conserves *Technology Quarterly. Mars*, 183.
— (Sous-produits volatils des) (Chapman). *IoB. Avril*, 240.

Fluorures doubles de zirconium et de lithium (Wells et Foote). *American Journal of Science. Juin*, 472.

Gaz de chauffage (Comparaison des). (Slocum). *Cs.* 31 *Mai*, 420.

Gaz d'éclairage. Divers. *Cs.* 31 *Mai*, 429.
— Éclairage de Berlin. *Ef.* 22 *Mai*, 703.
— Gaz à eau carburé. *E'.* 28 *Mai*, 542.

Acétylène. Divers. *Cs.* 31 *Mai*, 430.
— Gazogène Cerkel et Raus, *l'Électrochimie. Mai*, 69.

Graisses. Divers. *Cs.* 31 *Mai*, 447.
— Dosage de l'acide stéarique dans les *ScP.* 20 *Mai*, 735.

Iode. Action sur les matières albuminoïdes (Lepinois). *Pc.* 15 *Juin*, 561.

Laboratoires. Appareils divers. *Cs.* 31 *Mai*, 464.
— Moufles à gaz. *Dp.* 29 *Mai*, 201.
— Analyse industrielle du gaz. Appareil Vignon. *CR.* 31 *Mai*, 1244. Appareil Smith Towers. *Cs.* 31 *Mai*, 400.
— Précipitation du sulfure de zinc pour le dosage de ce métal (Meunier). *CR* 24 *Mai*, 1151.
— Dosage de l'alumine et de l'oxyde de fer dans les phosphates naturels et les engrais (Gladding et Thomson). *Ms. Juin*, 454, 456, 459.
— — de l'acide phosphorique et de la potasse dans les fourrages (Wiley). *Ms. Juin*, 461.

Lin (Rouissage du). *Rt.* 25 *Mai*, 222.

Lumière (Action de la) sur les mélanges de gaz dont elle provoque la combinaison (Gautier et Hélier). *CR.* 24 *Mai*, 1128.

Méthylène. Préparation. *Cs.* 31 *Mai*, 408.

Nitrates (Action des acides nitrique, sulfurique et chlorhydrique sur les) en présence de l'éther (Tanret). *ScP.* 20 *Mai*, 497.

Optique. Unités photométriques (Les). *Elé.* 22 *Mai*, 327.
— Équatorial de l'observatoire Chamberlain. *E.* 28 *Mai*, 702.
— Théorie électromagnétique (Larmor). *RSL.* 5 *Juin*, 272.
— *Rayons X. EE.* 22 *Mai*, 419; *Cs.* 12 *Juin*, 742; *Rs.* 12 *Juin*, 737; *Ln.* 12 *Juin*, 31; *CR.* 17 *Mai*, 1068, 1070, 1084, 1087, 1114; 24 *Mai*, 1147, 1173; 31 *Mai*, 1253; 8 *Juin*, 1297; *N.* 27 *Mai*, 79, 91; *RSL.* 28 *Mai*, 222.

Oxyde de carbone (Spectre de l'). (Hartley). *RSL.* 28 *Mai*, 217.

Papier (Divers). *Cs.* 31 *Mai*, 459.

Persulfates. Fabrication et emploi industriels (Marshall). *Cs.* 31 *Mai*, 396.

Pétrole. Lampe Durr pour chantiers. *Gm. Mai*, 462.
— Lampe à incandescence Auer. *LN.* 12 *Juin*, 29.

Physique. Revue annuelle de (Poincaré). *Rgds.* 30 *Mai*, 413.

Pilocarpine (La) (Petit et Polonowski). *ScP.* 5 *Juin*, 554.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Poids atomiques (Unité des) (Seubert). *ScP.* 20 *Mai*, 689.
Porcelaine de Delft. SA. 11 *Juin*, 665.
Poudre sans fumée Maxim. Eam. Avril, 121.
Résines et vernis. Divers. *Cs.* 31 *Mai*, 449.
Santonine (La). (Blaise). *Actualités chimiques. Avril.*
Soie (Falsifications des). *Cs.* 31 *Mai*, 405.
Sucrerie. Divers. *Cs.* 31 *Mai*, 451.
— Décomposition des sucres sous l'influence des acides. Production de l'acide carbonique (Berthelot et André). *APC. Juin*, 150.
— Détermination de la densité des mélasses. *Cs.* 31 *Mai*, 415.
— Analyse du sucre de betteraves. *Cs.* 31 *Mai*, 472.
Sulfures métalliques. Formation par influences mécaniques (Frank). *ScP.* 20 *Mai*, 504.
Tannerie. Divers. *Cs.* 31 *Mai*, 450.
— Détermination du tanin. *Cs.* 31 *Mai*, 419.
Teinturerie. Divers. *Cs.* 31 *Mai*, 432, 439.
Thermochimie. Chaleur de formation de l'acide cyanique et de l'urée (Berthelot). *AcP. Juin*, 145.
Vapeurs de mercure (Viscosité des (*Technology Quarterly. Mars*, 46.
Verre. Coloration par la pénétration directe des métaux ou sels métalliques (Lemal). *CR.* 17 *Mai*, 1097.
— — Par le cuivre. *Cs.* 31 *Mai*, 441.
Zinc. Estimation volumétrique. *Cs.* 31 *Mai*, 399.

COMMERCE ET ÉCONOMIE POLITIQUE

Accidents d'atelier (Indemnités pour). *E.* 21 *Mai*, 683.
Allemagne. Fortune mobilière. *SL. Mai*, 552.
Chine (Ressources de la). *Ef.* 29 *Mai*, 739.
Coopération et socialisme. Ef. 5 *Juin*, 775.
Fleurs et fruits (Commerce des) en France. *Ef.* 22 *Mai*, 705.
France. Dépopulation. *Rso.* 1er *Juin*, 875.
Grèves (Philosophie des). *Ef.* 5 *Juin*, 771.
Impôt global dans l'Ohio. Rso. 16 *Mai*, 814.
Japon (Concurrence du). *E.* 21 *Mai*, 686.
Métaux, production et prix depuis 100 *ans* (plomb et cuivre). *Ef.* 12 *Juin*, 809.
Participation aux bénéfices. Concours du Musée Social. *Rso.* 1er *Juin*, 871; *Musée Social*, 30 *Mai.*
— En Angleterre. *Rso. Mai*, 78.
Socialisme municipal. *Ef.* 12 *Juin*, 812.
Travail des enfants. Lois de 1892 et 1893. *Gc.* 12 *Juin*, 107.
Transwaal. Ouvriers des mines d'or. *Rso.* 16 *Mai*, 789; 1er *Juin*, 855.

CONSTRUCTIONS ET TRAVAUX PUBLICS

Canal *de Chicago. E.* 21-28 *Mai*, 668, 705, 4 *Juin*, 748, 11 *Juin*, 770.
— *de Panama. Rt.* 10 *Juin*, 241.
Ciment armé (Théorie des constructions en). 201. 28 *Mai*, 319, 4 *Juin*, 364.
Digue de Cherbourg. (Travaux de renforcement des forts). *Gc.* 22 *Mai*, 49.
Ponts sur le Don. *E'.* 21 *Mai*, 518, 4 *Juin*, 568.
— tournant de la 3e avenue, New-York. *Gc.* 12 *Juin*, 107.
— Victoria sur la Dee. *E.* 11 *Juin*, 781.
— Relèvement d'un pont à Verdun. *Gm. Mai*, 445.
— Viaduc pour bicyclettes de Tacoma. *Co*, 29 *Mai*, 682.
— (Charge normale et fatigue des) *E.* 11 *Juin*, 795.
Régularisation du Danube. ZOI, 14-21 *Mai*, 305, 325.
Tunnel de Blackwall. E'. 21 *Mai*, 505.
Théâtres (Scènes de). *E.* 11 *Juin*, 767.

ÉLECTRICITÉ

Accumulateurs à haute tension. *EE.* 22 *Mai*, 419.
— à navettes, essai (Picou). *EE.* 29 *Mai*, 445.
Canalisations anciennes. Notes pratiques (Montpellier). *Elé.* 5-12 *Juin*, 361, 375.
— Alternatives à haute tension. Facteur d'inpédence (Picou). *EE.* 12 *Juin*, 530.
Commutateurs Parkinson et Storeg. *EE.* 22 *Mai*, 411. Edmund et Howard. *Id.* 411.
Coupe-circuit à bain d'huile. Spencer. *EE.* 22 *Mai*, 413.
Décharges. Étude des (Swyngedauw). *EE.* 29 *Mai*, 433.
Disjoncteurs automatiques. Elé. 29 *Mai*, 342.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Distributions de Rheinfelden. *EE.* 22 *Mai*, 390.
— à 3 fils par bobine égalisatrice. *Ie.* 27 *Mai*, 205.
— par courants polyphasés (Routin). *EE.* 29 *Mai*, 439; à Romagnano. *Id.* 447.
Dynamos nouvelles. *VDI.* 22 *Mai*, 592.
— Unipolaire à courant continu Charry. *Elé.* 5-12 *Juin*, 353, 378.
— Rhéostat automatique d'excitation. *Elé.* 22 *Mai*, 321.
— Actionnées par des turbo-moteurs. *E'.* 28 *Mai*, 543.
Éclairage. *Arc.* Guide-charbons. *Elé.* 22 *Mai*, 330. Lampes en vase clos). *Cs.* 31 *Mai*, 385.
— *Incandescence* Lampe Meyer. *Elé.* 5 *Juin*, 363. Variations de températures des. *EE.* 5 *Juin*, 507.
Électricité de contact et électrolyse. Théorie de Boscowitch. (Kelvin). *N.* 27 *Mai*, 84.
— (Progrès de l'). *Dp.* 20 *Mai*, 212, 41 11 *Juin*, 235, 257.
— (Enseignement de l'). (Haller). *EE.* 5 *Juin*, 520.
Électro-chimie. Divers. *Cs.* 31 *Mai*, 445.
— Hypochlorates et chlorates alcalins. Oetlel. *EE.* 22 *Mai*, 415.
— Préparation électrolytique des oxydes et sulfures métalliques. *Elé.* 5 *Juin*, 357.
— Électrolyse des solutions de sulfate de cuivre. *ScP.* 20 *Mai*, 691.
— Application de l'électrolyse à la chimie organique (Gourwitsh). *MS. Juin*, 409.
— L'or, le zinc et l'électrolyse (Andréoli). *Elé.* 22 *Mai*, 331.
Electrostatique. Machine Wimshurst. *E.* 31 *Mai*, 685.
— Théorie de Lorentz et les expériences de Zeeman (Poincaré). *EE.* 5 *Juin* 480.
Haute fréquence. Nouveau dispositif Tesla. *EE.* 29 *Mai*, 452.
Interrupteur automatique à distance. *Ie.* 10 *Juin*, 234.
Installation du Reigstad de Berlin. *VDi*, 29 *Mai*, 619.
Isolants (Rôle des) dans les transmissions. *Ie.* 25 *Mai*, 201.
— Fabrication, procédés d'Humy. *EE.* 29 *Mai*, 452.
Mesures. Compteurs Thomson Houston. *EE.* 22 *Mai*, 417. Wright. *Ie.* 10 *Juin*, 228.
— Pont Thomson pour résistance des fils télégraphiques. *EE.* 12 *Juin*, 545.
Pile à charbon. Théorie électrothermique. Tommasi. L'électrochimie. *Mai*, 63.
— à liquide chaud. *Elé.* 22 *Mai*, 324.
Radiateurs électriques. Gold. *EE.* 5 *Juin*, 509.
Stations centrales. Bellegarde. *E.* 28 *Mai*, 701.
— Bruxelles. *EE.* 5 *Juin*, 496.
Télégraphie sans fils. Marconi. *E'.* 28 *Mai*, 546; *Ie.* 10 *Juin*, 225.
— Indicateur à distance Burcher. *EE.* 12 *Juin*, 544.
— Poteaux métalliques pour. — *EE.* 12 *Juin*, 552.
Téléphone. Origine du Bourseuil. *Elé.* 22 *Mai*, 325.
Transformateurs américains (Étude des). *EE.* 22 *Mai*, 405.
— Tournant diphasé de 100 kilowatts Allioth. *Elé.* 29 *Mai*, 337.
— Rotatifs (Routin). *EE.* 12 *Juin*, 531.
— Transformation Scott. *Ie.* 25 *Mai*, 203.
— Détermination de l'épaisseur des tôles (Loppé). *EE. Juin*, 548.
— (Formules pour) (Russell). *EE.* 29 *Mai*, 455.
Transport à longue distance Folsom Sacaromento. *E'.* 11 *Juin*, 590.

GÉOGRAPHIE

Baluchistan. *JA.* 4 *Juin*, 648.
Chine. Région du Vantré-Kiang. *USR. Mai*, 9.
Côte d'Ivoire. *Sgc.* XIX, n° 5, 368.
Hainan (Ile d'). *Sgc.* XX, n° 5, 337.
Niger (Le). *Sgc.* XX, n° 5, 337.
Soudan (Pénétration française au) (Hourst). *IC. Avril*, 394.
Tunisie (La). Levasseur. *Rs.* 5-12 *Juin*, 705, 745.

GUERRE

Approvisionneur de projectiles pour tourelles. Vavasseur. *L.* 11 *Juin*, 801.
Canons pneumatiques de San Francisco. *Rmc. Avril*, 158.
Génie. Travaux d'installation à Madagascar. *Gm. Mai*, 385.
Mitrailleuse Hotchkiss. *Ln.* 20 *Mai*, 391.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

HYDRAULIQUE

Compteur d'eau Bernay. *E.* 28 *Mai*, 721.
Pompes à transmissions fluides. *Gm. Mai*, 457.
— A débit constant Holst. *Crc.* 12 *Juin*, 105.
— Diverses. *Dp.* 21 *Mai*, 173.
— Centrifuges pour docks. Gwynne. *E'.* 28 *Mai*, 549.
— Pulsomètre Grel. *E.* 11 *Juin*, 781.
Roue Pelton (Tracé de la). Halt. *Fi. Juin*, 455.
Turbines. Installation de Masséna Saint-Laurent. *E'.* 28 *Mai*, 553.

HYGIÈNE

Chauffage par le gaz. Usine de Bridgeport. *Gc.* 29 *Mai*, 75.
Eaux de Londres (Frankland). *JA.* 21 *Mai*, 611. *Ri.* 12 *Juin*, 237.
Égouts. Destruction des micro-organismes des gaz des — *CN.* 4 *Juin*, 266.
— Réservoir de chasse Gadot. *Ri*, 5 *Juin*, 229. Incinération des ordures ménagères. *IC. Avril*, 572.
Filtre Doulton. *E.* 21 *Mai*, 700.
Ventilation par air humide. *Ri.* 29 *Mai*, 215, 5-12 *Juin*, 225, 235.

MARINE, NAVIGATION

Canot en ciment armé Gabellini. *Co.* 5 *Juin*, 719.
Constructions navales. Établissement des cloisons étanches. (Middendorf). *VDi.* 29 *Mai*, 609.
— Portes étanches Donald. *E.* 11 *Juin*, 802.
Collisions en mer. Moyens de les éviter. *Rmc. Mai*, 391.
Hélices (Tracés des). *VDi.* 22 *Mai*, 591.
— Réversible Tolch. *E.* 11 *Juin*, 781.
Marine marchande. Usages commerciaux. *Annales du commerce extérieur*, 1897, n° 4.
Machines marines. Emploi des turbines Parsons. *E'.* 28 *Mai*, 540.
Marées (Applications de l'analyse harmonique à l'étude des). (Hough et Darwin). *RSL.* 28 *Mai*, 236.
Marine de guerre. Japon. *Rmc. Avril*, 116.
— Angleterre. *Rmc. Avril*, 169; *Ln.* 22 *Mai*, 387. Croiseurs béliers. *Rmc. Mai*, 349.
Marine de guerre. États-Unis. Cuirassé *Indiana*. *Rmc. Avril*, 150. *Alabama*. *Id.* 164.
— Norvège. *Rmc. Avril*, 186.
— Valeur des bâtiments de combat comme artillerie. *Rmc. Mai*, 316.
— Blindages. Essais d'une plaque de 150 millimètres en acier durci. Dellinger. *Gc.* 12 *Juin*, 100. De Kearsage. *E'.* 11 *Juin*, 587.
— Torpilleurs et cuirassés. *E.* 11 *Juin*, 785. *E'.* 11 *Juin*, 595.
Navigation intérieure (La). Marten et Wells. *E.* 11 *Juin*, 796.
Pêches maritimes. Diverses. *Rmc. Avril*, 193.
Porte-Canots Pett. E. 11 *Juin*, 802.
Rivières (*Perfectionnements des*). *E.* 11 *Juin*, 795.

MÉCANIQUE

Air comprimé. Trompe de Magog. *E'.* 11 *Juin*, 585.
Broyeur Sutherland. *Eam.* 15 *Mai*, 485.
Chaudières. *Tubulées*. Babcox Wilcox (marine). *E'.* 21 *Mai*, 510. Durr. essai d'une —. *Rmc. Mai*, 359. Du Temple. *E.* 11 *Juin*, 896. A la mer. *E'.* 28 *Mai*, 541. Chasseloup-Laubat. *IC. Avril*, 437. Belleville. *E'. Mai*, 555. Alimentation des (Sanguin). *Rmc. Mai*, 225.
— Alimentateur Munford. *E.* 11 *Juin*, 437.
— *Foyers* fumivore Dulier. *E'.* 21 *Mai*, 523.
— Lavage de la fumée. *IC. Avril*, 570. A Philadelphie. *Fi. Juin*, 393.
— à charbons pulvérisés de Camp. *Ri.* 22 *Mai*, 201. Schutre, Seipp, Schmitz, *id.* 29 *Mai*, 214.
— Au pétrole (Aspinall). *E'.* 28 *Mai*, 539.
— Dans la marine russe. *Rmc. Mai*, 385.
— Grille mécanique Proctor. *E.* 21 *Mai*, 700.
— Incrustations et corrosions (Chapman). *IoB. Avril*, 260.
— Prise de vapeur Galloway *E.* 21 *Mai*, 700.
— Réchauffeur détartreur Chevalel. *Ri.* 22 *Mai*, 205.
— Soupape de retenue Carpentier. *Ri.* 22 *Mai*, 201.
— Transmission de la chaleur au travers des plaques tubulaires. *Rmc. Mai*, 372.
— Tubes à fumée. Accidents en 1886-1896 (Walckener). *AM. Mai*, 544.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Contrôleur de vitesse. *Ball and Wood*. *Elé*. 29 *Mai*, 341.
Crapaudine hydraulique Cook. *RM*. *Mai*, 504.
Drague marine à godets Smulders. *Gc*. 29 *Mai*, 65.
— Jones Lowell. *E*. 4 *Juin*, 741.
Engrenages moulés. *E*. 11 *Juin*, 768.
Excavateur Victor. *E*. 21 *Mai*, 671. Jones Lowell. *E*. 4 *Juin*, 748.
Froid. Liquéfaction du gaz, par E. Linde. *Gc*. 22 *Mai*, 51.
— Machines frigorifiques à ammoniac. *RM*. *Mai*, 471.
Levage. Appareils électriques. *Gc*. 22-29 *Mai*, 55, 70.
— Cableway de Barry. *Rt*. 25 *Mai*, 217.
— Basculeur Taza pour charbons. *Ln*. 5 *Juin*, 5. Bouchon. *Gc*. 5 *Juin*, 85.
— Grue roulante de 65 tonnes. *Ri*. 5 *Juin*, 222.
Machines-Outils américaines en Allemagne. *USR*. *Mai*, 122. Alésoir Tours. *E*. 11 *Juin*, 801.
— Frappeur pneumatique Boyer. *RM*. *Mai*, 500.
— Fraiseuses diverses. *VVI*. 5 *Juin*, 648.
— Tour Tucker pour moyeux de vélocipède. *RM*. *Mai*, 502.
— Perceuse portative Bradford. *E*. 11 *Juin*, 780.
— Machine à mater les entretoises. *E*. 11 *Juin*, 793.
— *A bois*, diverses. *Dp*. 21, 28 *Mai*, 169, 193; 4 *Juin*, 217.
Meunerie. Meules Schweitzer. *Ln*. 12 *Juin*, 24.
Moteurs à vapeur aux Etats-Unis (Thurston). *RM*. *Mai*, 421.
— Rapides Raworth. *Elé*. 12 *Juin*, 369.
— Divers. *Dp*. 4-11 *Juin*, 227, 249.
— Fonctionnement économiques des — (Donkin). *E'*. 28 *Mai*, 537.
— Suspension des —. *E'*. 28 *Mai*, 542.
— Essais des — (Dwelshauvers). *RM*. *Mai*, 432.
— Machines oscillantes. Diagramme d'inertie des — (Elliot). *E*. 21 *Mai*, 665.
— *Condenseurs séparés* (Davey). *E'*. 28 *Mai*, 538. Cola. *Id*., 552.
— Forces d'inertie. Détermination des — (Compère). *IC*. *Avril*, 414.
— Distribution Corliss Walker. *E*. 21 *Mai*, 700.
Moteurs à gaz. *Régulateurs* Gardner. *Ci*. 29 *Mai*, 233.
— Les (Dowson). *E'*. 28 *Mai*, 542.
— A l'Exposition de Berlin. *VDI*. 12 *Juin* 669.
— Compteurs d'explosion Christy. *Ri*. 5 *Juin*, 226.
— Détails. Gazogènes. *RM*. *Mai*, 482.
— *A pétrole*. Schweizer, Bactold, Hille, Wintherthur. *VDI*. 22 *Mai*, 585. Nicolas. *La*. 10 *Juin*, 267. Vaporisateur électrique. Clubbe et Southey. *EE*. *Mai*, 413.
Palier. Freitag. *E*. *Juin*, 801.
Poulies diverses. *Dp*. 28 *Mai*, 196.
— En acier Budd. *Fi*. *Juin*, 447.
Textiles. Machines en 1896. *VDI*. 5-12 *Juin*, 637, 676.
Transmission de force par l'électricité, l'eau et le gaz. *E'*. 28 *Mai*, 534, 535.
— Par courroies. *Dp*. 28 *Mai*, 200.
Ventilateurs divers. *Dp*. 4-11 *Juin*, 222, 245.
Vis (pas français), *RM*. *Mai*, 494.

MÉTALLURGIE

Alliages de chrome. Fabrication *L'électrochimie*. *Mai*, 74.
Aluminium (L'). *E'*. 21-28 *Mai*, 503, 529.
— Essai des ustensiles en — (Balland). *CR*. 8 *Juin*, 1313.
Cuivre. Bessemérisation des mattes. *Eam*. 15 *Mai*, 481.
Fer et acier. Azotures dans l'acier (Harbord et Twinan). *Ms*. *Juin*, 440.
— Analyse des (Dudley). — *CN*. 4 *Juin*, 269.
— Micrométallurgie (Frank). *SuE*. 1er *Juin*, 449.
— Ferro-chromes (Estimation du carbone dans les). Brearley et Leffler. *CN*. 21 *Mai*, 241.
— Hauts fourneaux. Chargement mécanique (Head). *E*. 21 *Mai*, 669. Duquesne. *Ri*. 29 *Mai*, 213.
— Procédé Bertrand Thiel. *E*. 21 *Mai*, 672, 696.
— Cubilot à vent central (Grace). *E'*. 21 *Mai*, 522.
Fer-blanc. Industrie aux États-Unis. *Fi*. *Juin*, 424.
Fours. Production et utilisation de la chaleur (Damour et Waton). *Gc*. 29 *Mai*, 66.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Or. Traitement électrolytique Bailey. *Gc.* 5 *Juin*, 87.

MINES

Argent. Mines de la Nevada. *Co.* 22 *Mai*, 652.
Cornouailles (Mines profondes en). *E'.* 28 *Mai*, 587.
— *Électricité.* Emploi dans les houillères *E'.* 11 *Juin*, 603.
Dynamitières souterraines. Établissements des; rapport à la commission du grisou. (Ledoux). *AM. Mai*, 517.
Épuisement (Machines d'). — (Davey). *E'.* 28 *Mai*, 586.
— Du charbonnage de Bascou. *Ru. Mai*, 172.
— par bennes. *E'.* 11 *Juin*, 585.
États-Unis. Industrie minérale en 1896. *Eam.* 29 *Mai*, 536.
Grisou. Installation des mines de Hibernia. *Gc.* 5 *Juin*, 83.
Hongrie. Mines et usines. *Ru. Mai*, 185.
Houilles, pétroles et lignites dans les différents pays. Statistique. *SL. Mai*, 544.
— Incendie dans la houillère de Sunday Creek. *Eam.* 22 *Mai*, 511.
Houilles. Mines de Haton (Tonkin). *Eam.* 5 *Juin*, 573.
— Gisements de Ternel, Espagne. *Ru. Mai*, 125.
Or. Gisement de Sandia (Pérou). *Eam.* 15 *Mai*, 479.
— Du Four Mill Placer (Colorado). *Eam.* 22 *Mai*, 510.
— De Tipuani (Bolivie). *Eam.* 29 *Mai*, 544.
Préparation mécanique. Trieurs électromagnétiques aux mines de New-Jersey. *Gc.* 22 *Mai*, 55. Wetherill. *Ie.* 10 *Juin*, 233.
— Grillage des minerais en vue de leur concentration magnétique. *MS. Juin*, 443.

PHOTOGRAPHIE

Amplificateur Joux. Ln. 5 *Juin*, 11.
Gyrostèle Simonnet. SfP. 15 *Mai*, 251.
Jumelle pelliculaire Pasquier et Main. Sfp. 1er *Juin*, 281.
Photogravure. Mise en place de la trame. (Nievenglowsky. *Sfp.* 15 *Mai*, 256.
— Emploi des trames. *Sfp.* 1er *Juin*, 269, 271.
Vélojumelle Fleury Hermagis. Sfp. 15 *Mai*, 254.

Le Gérant : Gustave Richard.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

BULLETIN
DE
LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT
POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

SÉANCE GÉNÉRALE DU 25 JUIN 1897

PRÉSIDENCE DE M. MASCART

PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ

Le fauteuil de la présidence est occupé par M. MASCART, *président de la Société*. A ses côtés siègent : MM. *Appert* et *Carnot*, *Cheysson* et *Hirsch*, vice-présidents de la Société et M. *Collignon*, secrétaire. M. *Aimé Girard*, retenu par une indisposition, s'excuse de ne pouvoir assister à la séance.

M. *le Président* ouvre la séance, et prononce le discours suivant.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

DISCOURS DU PRÉSIDENT

DISCOURS DE M. MASCART, PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ

MESDAMES, MES CHERS COLLÈGUES, MESSIEURS,

J'ai été souvent témoin, de l'autre côté de la Manche, d'une pieuse coutume dont le récit me servira de préambule. Lorsque la famille est réunie pour le dîner hebdomadaire, la maîtresse de maison lève son verre en rappelant tous les membres qui se trouvent éloignés par les circonstances de la vie, les uns dans les colonies, aux Indes, au Cap, en Australie, au Canada..., les autres dans les pays étrangers, où ils répandent sous diverses formes l'influence nationale. Le sentiment de la famille et de la patrie s'étend ainsi sur le monde entier ; c'est une scène à laquelle on ne peut assister sans une profonde émotion.

La même pensée nous guide aujourd'hui, quand nous passons en revue la liste, toujours bien longue, des collègues qui nous ont quittés dans le cours de l'année pour un voyage sans retour.

M. le Colonel Pierre, membre du Comité de Mécanique, s'est éteint sans souffrance, à l'âge de 85 ans, laissant l'exemple d'une vie d'honneur, de patriotisme et de dévouement. Vous avez encore présente à la mémoire la notice si touchante dans laquelle M. Sauvage a rappelé la longue carrière de M. le colonel Pierre, ses recherches relatives au perfectionnement des armes, son abnégation pendant le siège de Paris et, après sa retraite, le zèle infatigable qu'il apportait aux travaux de la Société (1). Nous l'entourions d'une respectueuse sympathie justifiée par sa droiture, son sentiment élevé du devoir et sa bonté. Lorsqu'une surdité lentement croissante ne lui permit plus de suivre complètement les discussions, il jugea que sa conscience lui imposait l'obligation de se séparer de nous, se considérant désormais comme un organe inutile. Aucune instance ne put le faire revenir sur cette décision. En lui témoignant tous nos regrets de ce départ prématuré, le conseil a voulu au moins garder son nom en lui décernant le titre de vice-président honoraire, témoignage d'amitié et de reconnaissance auquel il s'est montré très sensible.

C'est aussi à l'âge de 85 ans qu'a succombé *M. Legrand* (Alexandre),

(1) *Bulletin* de juin 1897, p. 745.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

membre de la commission des Fonds depuis trente-trois ans, qu'une décision du conseil venait de nommer censeur honoraire. M. Lavollée nous a rappelé (1) que M. Legrand eut, pour ainsi dire, deux carrières successives : l'une industrielle, où il fit preuve de rares aptitudes jointes à la plus délicate probité ; l'autre de bienfaisance, où il apportait son généreux concours aux institutions telles que la Société des Amis des sciences et la Société d'Encouragement, qui contribuent, sous des formes différentes, aux progrès de la science et de l'industrie. M. Legrand figure parmi nos bienfaiteurs et nos souscripteurs perpétuels, en même temps qu'il apportait le produit important d'une souscription ouverte par lui dans l'industrie des corps gras, pour fonder un prix particulier. Il a longtemps pris une part active à nos travaux et laissé parmi ses collègues des souvenirs affectueux, mais l'état de sa santé le tenait éloigné de nous depuis plusieurs années.

Lorsque la mort termine ainsi de longues existences, elle apparaît comme l'exécution inévitable d'une loi de la nature, plus facile à accepter ; mais on la trouve cruelle et injuste quand elle atteint les nôtres dans l'épanouissement de leur jeunesse, quand elle frappe un homme tel que *M. Alfred Tresca,* dans la force de l'âge, dans la pleine possession de ses facultés, laissant dans le désespoir une famille décapitée.

M. Tresca, membre du Comité des Arts mécaniques, a été enlevé presque subitement. Sur sa tombe, M. Haton de la Goupillière, s'est fait l'éloquent interprète des regrets de notre Conseil, et nous avons été heureux d'inscrire dans le *Bulletin* le discours plein de cœur prononcé par M. Jordan au nom de l'École centrale (2). La modestie de M. Tresc aallait jusqu'à l'excès. D'un dévouement absolu aux différentes fonctions qu'il eut à remplir, il y apportait de véritables scrupules de conscience. Pour les nombreux rapports qu'il eut à préparer pour le comité, il n'épargnait aucune peine afin de se renseigner sur la valeur des inventions et sur le mérite des auteurs, cherchant à leur rendre la plus stricte justice, sans tenir compte du succès ou des revers que leur avait réservés la fortune.

M. Amédée Vée, membre du Comité des Arts chimiques, n'est entré au Conseil qu'en 1887. D'abord très assidu à nos réunions, il en fut bientôt éloigné par un mal redoutable auquel il ne tarda pas à succomber ; M. Aimé Girard nous a retracé sa carrière scientifique et industrielle (3).

(1) *Bulletin* d'avril 1897, p. 453.
(2) *Bulletin* de décembre 1896, p. 1573.
(3) *Bulletin* de mars 1897, p. 314.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les nombreux services rendus par M. Vée à l'industrie des produits chimiques et pharmaceutiques, ses qualités personnelles et la droiture de son jugement furent hautement appréciés par ses collègues, qui l'appelaient en 1883 à la présidence du Comité central des Chambres syndicales. La découverte de l'alcali contenu dans la fève du Calabar restera un titre permanent de sa mémoire ; l'ésérine ainsi préparée est devenue d'un emploi général en oculistique.

Nous décernions l'an dernier, à titre exceptionnel, deux récompenses importantes sur la fondation Giffard. L'un des lauréats mourut avant la séance générale, sans avoir la consolation de recueillir ce témoignage d'estime pour ses travaux ; l'autre, *M. Désiré Légat*, était déjà dans un état de santé qui faisait prévoir la fin prochaine de sa longue et douloureuse carrière. Nous avons pu du moins apporter quelque adoucissement à la pensée de cet inventeur éminent et malheureux.

M. Dulac, plusieurs fois lauréat de notre Société, s'était acquis une excellente réputation comme ingénieur mécanicien, par de nombreux perfectionnements aux chaudières à vapeur, notamment pour les soupapes de sûreté et les foyers fumivores. La mort l'a surpris d'une manière prématurée alors que le succès semblait couronner ses efforts.

Parmi les membres de la Société dont nous avons à regretter la perte, je citerai en particulier *M. Aimé Blavier*, ingénieur des mines, dont l'autorité et la science étaient si appréciées dans les délibérations du Sénat. Il était petit-fils, fils et neveu d'ingénieurs des mines, et nous ne pouvons nous rappeler sans émotion avoir vu la noble figure de son père assister aux obsèques d'un autre fils qui était l'honneur de l'Administration des Télégraphes.

Né à Montjean (Maine-et-Loire), en 1827, nommé ingénieur des mines à Angers en 1851, puis ingénieur à la Compagnie des chemins de fer de l'Ouest, décoré de la Légion d'honneur en 1870 pour sa belle conduite sur le champ de bataille, M. Blavier fut élu, de 1874 à 1876, maire d'Angers, puis, en 1885, sénateur de Maine-et-Loire. Jusqu'à ses derniers moments, il consacra, avec un désintéressement absolu, ses belles facultés, son infatigable activité au service des intérêts publics, laissant d'unanimes regrets et le souvenir d'un homme de bien.

M. Menri Morin était un chimiste distingué ; après une courte incursion dans le domaine commercial des produits chimiques, il était entré, il y a trente ans environ, comme préparateur au laboratoire de M. Aimé Girard,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

alors répétiteur à l'École polytechnique. En collaboration avec celui-ci, il avait publié, en 1875, une importante étude sur la composition et le gisement des pyrites employées en France à la fabrication de l'acide sulfurique. Placé plus tard, par M. de Luynes, à la tête du Laboratoire central de l'administration des Douanes, il avait montré, dans cette fonction, des capacités distinguées et, malgré l'étendue des travaux d'analyse dont il avait le soin, il avait su trouver le temps de publier d'intéressants mémoires sur certains bronzes de la Chine et du Japon, sur les sucres réducteurs, sur le saccharose vitreux, sur l'essence de *licari kanali*, sur quelques composés du cadmium, etc. C'était un savant, modeste et bon, dont un deuil cruel a abrégé l'existence.

Nous donnerons également un souvenir à *M. Verdin*, peintre décorateur du plus grand mérite.

Si nous remontons plus haut dans le passé, nous pouvons avec quelque fierté parcourir l'*Histoire de la Société d'Encouragement*. A l'aurore du siècle, la France était lasse des dix années de souffrance pendant lesquelles elle avait épuisé son activité dans les dissensions intérieures et dans sa lutte pour l'indépendance. Une ère de prospérité et de paix semblait s'ouvrir devant elle ; les esprits éclairés cherchaient alors à relever l'industrie afin de réparer beaucoup de misères et de rendre à notre pays la situation qu'il doit occuper dans le monde civilisé.

C'est alors que de Lasteyrie et Benjamin Delessert prirent l'initiative de créer la Société d'Encouragement, à l'imitation de la Société des Arts, qui fut fondée à Londres en 1754. Il fallait vaincre beaucoup de résistances, en partie justifiées par l'échec de nombreuses institutions, dites humanitaires ou philanthropiques, dont les années précédentes avaient fourni tant d'exemples. On s'explique ainsi les réserves que fit alors Chaptal, l'illustre ministre de l'Intérieur, quand on lui soumit la proposition.

« C'est une grande pensée, disait-il, je m'inscris pour cinquante souscriptions, mais prenez garde : tout d'abord vous verrez le plus beau zèle, cela durera un an, deux ans peut-être ; après, ce feu s'éteindra, et cependant, si la Société nouvelle dure trois ans, son existence, j'en ai la conviction profonde, est assurée, et elle contribuera utilement au développement de l'industrie française. »

Le grand nom de Chaptal à la tête de notre Société assura la prospérité de l'institution nouvelle ; l'un de ses successeurs, non moins illustre, constatait plus tard l'étendue des services rendus à l'industrie française.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

« La Société d'Encouragement, disait le baron Thénard, dans la séance générale du 19 avril 1843, poursuit sa glorieuse carrière. En voyant ce qu'elle a fait depuis sa création, en considérant combien, chaque année, ses progrès ont été croissants, il est facile de prévoir les hautes destinées qui l'attendent.

« On a dit qu'elle avait contribué puissamment à l'heureuse révolution qu'ont éprouvée les arts pendant les quarante dernières années qui viennent de s'écouler; on doit ajouter que rien d'utile, rien de grand ne s'y fera désormais qu'elle ne l'ait provoqué ou encouragé ou, quelquefois même, accompli.

« Déjà, elle est la protectrice la plus active et la plus éclairée de l'industrie, elle en deviendra bientôt la régulatrice la plus sûre, si elle ne l'est déjà.

« Elle hâtera l'époque mémorable où, nous ne saurions trop le redire, il y aura des siècles industriels, c'est-à-dire des siècles auxquels l'industrie imprimera son caractère, comme il y a eu des siècles guerriers, des siècles littéraires, des siècles artistiques.

« Cette époque, Messieurs, sera marquée par un grand événement; c'est que la guerre, qui est le fléau et la honte du genre humain, fera place à la paix, qui en sera la gloire et les délices. »

L'entente cordiale des peuples et la paix universelle resteront longtemps encore, et peut-être toujours, à l'état de rêve philosophique, car la lutte des nations semble être une loi fatale de l'humanité.

Quant au rôle de notre Société, on doit reconnaître qu'il est singulièrement modifié, et l'on ne peut sans inquiétude relire les éloges que lui décernait le baron Thénard. Le principe de la division du travail s'applique ici comme dans toutes les manifestations de l'activité humaine. Nous ne pouvons plus songer à l'influence générale que la Société exerçait d'abord sur toutes les industries, puisque la plupart d'entre elles ont des centres particuliers, et nous devons, de toute nécessité, transformer notre action. Les modifications se sont faites peu à peu, par la force des choses, de nouvelles fondations ont permis d'étendre nos bienfaits aux inventeurs malheureux, à ceux qui n'ont pas de ressources suffisantes pour continuer d'intéressantes recherches, aux contremaîtres et aux ouvriers qui se sont distingués par la continuité de loyaux services.

L'origine de notre institution remonte au 9 brumaire an X (1er nov. 1801), et nous approchons de l'époque du centenaire, que mon successeur aura l'agréable mission de célébrer.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les actes de la Société sont contenus dans les 96 volumes aujourd'hui publiés du *Bulletin ;* je voudrais émettre le vœu qu'un de nos savants collègues entreprenne la tâche d'en faire l'histoire pour le jour du centenaire, afin de rendre un hommage solennel à ceux qui nous ont précédés, de montrer l'étendue de la mission qu'ils ont accomplie et de nous fournir un guide précieux pour l'avenir.

Nous avons essayé, par divers moyens, d'apporter au fonctionnement de la Société quelques-unes des transformations nécessaires auxquelles je faisais allusion, et je me permettrai d'appeler sur ce point la plus sérieuse attention de nos collègues.

Les recherches entreprises sous la direction de la *Commission des alliages* nous ont valu, cette année, deux mémoires importants : l'un de *M. Henri Gautier* sur la *fusibilité des alliages métalliques,* l'autre de *M. Charpy* sur l'*étude microscopique de ces différents alliages.*

De même, sous la direction du Comité des Arts chimiques et à la demande des fabricants de porcelaine de Limoges, *M. Damour* a communiqué à la Société un travail remarquable sur la *dilatation des pâtes et couvertes céramiques* et sur *leurs colorations.*

Je vous informais l'an dernier que *M. Solvay* et deux grandes compagnies industrielles, les Sociétés de *Saint-Gobain* et des *Mines de Blanzy,* nous ont attribué une subvention spéciale pour ces *études sur les propriétés des verres.* Le Comité de Chimie a consacré une partie de ces ressources au travail remarquable que nous ont présenté *MM. Grenet et Chatenet* sur la dilatation des verres.

Nous devons une reconnaissance particulière aux conférenciers qui ont bien voulu cette année encore illustrer nos séances en exposant les résultats de leur expérience personnelle, les progrès accomplis dans différentes branches de l'industrie ou le fruit de leurs études. Il nous suffira de vous rappeler les communications si pleines d'intérêt de *M. Chamerot* sur l'imprimerie, *M. Falize* sur la bijouterie, *M. Lyon* sur la construction des instruments de musique, *M. Le Chatelier* sur le grisou, *M. Sauvage* sur les locomotives, *M. Levasseur* sur l'ouvrier américain, *M. Cheysson* sur les caisses de prévoyance, *M. Thierry* sur les transporteurs funiculaires et *M. Renaud* sur les applications de l'électricité à l'agriculture. Nous sommes heureux, en leur remettant notre souvenir habituel, d'ajouter l'expression de nos plus vifs remerciements.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Avec les rapports des comités, les travaux entrepris sous notre patronage et le texte des conférences, le *Bulletin* de la Société renferme des documents de la plus haute importance. Si l'on y joint les revues si complètes rédigées par notre infatigable agent général *M. Richard*, les notes de nos collaborateurs : *MM. Haller*, *Lindet*, *Lefer*, *De Billy*, *Julliet*, *Osmond*, *Voght*, *Livache*, *Sosnowski*, *Frémont*, *Leproux*, et certains mémoires tels que ceux de *M. Ronna* sur les irrigations et l'assainissement des villes aux États-Unis, on verra que le *Bulletin* tend à devenir un véritable répertoire de l'industrie. C'est là une des œuvres les plus utiles et un grand service rendu par la Société.

Nous avons appliqué cette année, pour la première fois, la décision prise par votre conseil de remplacer le prix sexannuel Giffard de 6 000 francs par des prix et encouragements de moindre importance, décernés, conformément à la pensée du généreux donateur, à mesure que se présentent des candidats dignes de ces hautes récompenses. C'est à *M. Ducos du Hauron* que nous sommes heureux de pouvoir décerner cette année un prix de 1 000 francs prélevé sur les disponibilités actuelles du legs Giffard. On doit à M. Ducos du Hauron la découverte des procédés de reproduction des photographies en couleurs, procédés des plus ingénieux, longtemps dédaignés ou inconnus et actuellement employés dans le monde entier avec un succès dont l'inventeur, partageant ainsi le sort de bien des précurseurs, n'a recueilli ni bénéfice pécuniaire, ni même la renommée que lui devait une justice équitable. M. Davanne s'est fait auprès de nous, avec sa compétence exceptionnelle, l'avocat de cet inventeur trop oublié, il vous dira tout à l'heure, mieux que je ne pourrais le faire, quelle fut l'importance de son œuvre et le vif intérêt qui s'y attache.

C'est sur la proposition du *Comité des Arts Chimiques* que nous décernons aujourd'hui notre *grande médaille annuelle*, portant l'effigie de Lavoisier, à *M. F. Osmond*, pour ses *travaux de Métallurgie*. Nous sommes doublement heureux de récompenser en lui, en même temps que l'initiateur savant, habile et persévérant des méthodes micrométallurgiques, un ami de notre Maison, dont les beaux travaux, que M. Jordan vous exposera bientôt dans un très remarquable rapport, ont été souvent reproduits dans le *Bulletin de la Société*.

Nous entendrons aussi *M. Aimé Girard* exposer, avec le talent et la généreuse émotion dont il est coutumier, la carrière modeste et si méritante de *E. Liborelle*, ouvrier depuis cinquante-trois ans aux établissements

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Kulhmann, et à qui nous avons décerné le prix Fourcade. Une pensée douloureuse s'attache à cette récompense : quelques jours après le vote du Conseil, la mort venait frapper M. Liborelle, et c'est à sa veuve que nous aurons à remettre ce haut témoignage de notre estime.

Le *Comité des Arts mécaniques* décerne cette année deux prix. L'un, de 1 000 francs, prélevé sur les réserves de la fondation *Roy* pour l'*Industrie cotonnière*, est décerné à *M. Fauquet*, pour sa *carde à chapeaux chaînés* dont vous avez pu apprécier l'ingéniosité par la description qu'en a donnée *M. Imbs*, dans le *Bulletin* de novembre 1895. L'autre prix, de 2000 francs, est décerné à M. *Ronsse*, pour ses *tissus de chenille*. Ces tissus, aujourd'hui très à la mode, ont fait la fortune de plusieurs grands établissements, ils sont répandus partout, mais bien peu connaissent le nom de l'inventeur de leur fabrication, qui n'a guère retiré de ses travaux que des déboires malheureusement irréparables. La Société regrette de ne pouvoir reconnaître d'une manière plus complète les mérites d'un inventeur trahi par la fortune.

L'une des industries chimiques les moins connues et pourtant fort importante est celle des *Vernis et huiles siccatives*. Dans un ouvrage remarquable rempli d'observations personnelles et d'informations inédites, puisées aux sources les plus ignorées et les plus sûres, *M. Livache* a su condenser, sous une forme à la fois claire et précise, une monographie complète de cette question; nous avons récompensé d'un prix de 500 francs ce beau travail, qui sera longtemps le guide sûr et consulté des industriels.

Le *Comité du Commerce* a décerné cette année trois encouragements : l'un de 1 500 francs et les deux autres de 500 francs chacun.

Le premier est attribué à *M. Garnault*, pour ses travaux sur l'*histoire du commerce de la Rochelle*, travaux qui jettent un jour si clair sur l'un des épisodes les plus curieux de l'histoire maritime et coloniale de la France, pleins de leçons précieuses à méditer, et dont M. Gruner nous a fait récemment connaître tout l'intérêt. Les deux autres encouragements sont accordés aux auteurs anonymes de mémoires sur l'*industrie salicole en France* (1) et sur l'*assurance contre le chômage*.

La Société considère comme une mission élevée, à la fois humanitaire et sociale, d'avoir à distribuer des *médailles d'encouragement* aux contremaîtres et aux ouvriers qui ont donné, pendant une longue carrière, le noble exemple de vertus professionnelles; le mérite discret de ces modestes

(1) L'auteur de ce Mémoire, qui s'est fait connaître depuis, est M. E. Lebeuf.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

collaborateurs contribue pour une grande part à la prospérité des industries et à la paix sociale, c'est une satisfaction du cœur de rendre une justice équitable à ceux qui sont restés assidus au travail avec la seule préoccupation du devoir accompli.

Nous avons pensé aussi qu'à côté de ces travailleurs, il y en avait d'autres qui, pour être plus favorisés du sort, n'en sont pas moins dignes d'être signalés comme exemple de ce que peuvent, contre les circonstances les plus adverses, l'intelligence, l'énergie, la persévérance, la confiance en soi; je veux parler de ces ouvriers qui, entrés dans leur profession sans autre ressource que leur valeur personnelle, sont arrivés, en triomphant de tous les obstacles, à occuper les fonctions de directeur ou de chef de service dans de grands établissements agricoles ou industriels. De pareils hommes honorent et servent dignement leur pays; leur exemple est un précieux encouragement pour tous les humbles.

Nous avons institué, pour honorer ces mérites, une nouvelle médaille, à l'effigie de *Dumas*, notre illustre président, dont la vie tout entière a été guidée par la passion du progrès scientifique ou industriel et par la bienveillance pour les travailleurs de tout ordre. *M. Aimé Girard*, qui fut le promoteur de cette nouvelle récompense, nous racontera dans un instant la carrière si bien remplie de *MM. Duboc* et *Montreuil*, a qui nous donnerons nos deux premières médailles Dumas: je me bornerai à leur adresser nos plus cordiales félicitations, en ajoutant que la Société d'Encouragement est fière de pouvoir leur décerner ce témoignage de haute estime.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

PRIX GIFFARD

Rapport de *M. Davanne* sur les procédés de photographie polychrome de **M. Ducos du Hauron.**

Messieurs,

Il se produit actuellement, dans l'art des illustrations typographiques, une transformation considérable, due à l'intervention de la photographie, transformation prévue depuis longtemps, mais lentement réalisée, car il fallait rompre avec les habitudes de l'industrie.

Cette transformation, pour les images monochromes et polychromes, est basée sur deux inventions déjà fort anciennes et qui commencent seulement à entrer dans la pratique générale, bien que des résultats industriels aient prouvé, il y a plus de quinze ans, le parti qu'on pouvait en tirer. Ces deux inventions primordiales se résument dans l'emploi des *réseaux* qui permettent de transformer l'image photographique en image typographique, et dans l'analyse, la séparation des couleurs simples pour les images polychromes.

Dans l'image photographique, les teintes et les demi-teintes résultent de couches plus ou moins transparentes, sans solution de continuité ; dans l'image typographique, comme dans la gravure en taille-douce, les teintes et demi-teintes résultent de l'écart plus ou moins considérable entre les blancs et les noirs ; pour produire une planche gravée avec un cliché photographique, il fallait donc rompre la continuité des couches plus ou moins transparentes de ce cliché, ce que l'on peut obtenir par des moyens divers, mais le meilleur résultat pratique actuel est basé sur l'interposition d'un réseau, dont l'emploi a été conseillé et démontré par Berchtold en 1859 (1). Ce procédé est employé maintenant d'une manière courante dans l'industrie pour les images monochromes (généralement noires), et il l'est également pour les reproductions en couleur, pour les fac-similés de tableaux, d'aquarelles, même pour des sujets d'après nature.

Comment arrive-t-on à reproduire par la photographie l'image colorée et suffisamment exacte d'un sujet polychrome ?

(1) Note adressée à la Société française de photographie par Berchtold. *Bulletin* de la Société, avril 1859, p. 116, 211, 265. Brevet de Berchtold, 1857, 14 décembre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les belles méthodes scientifiques d'Ed. Becquerel et de M. Lippmann ne sont pas encore suffisamment pratiques pour entrer dans le domaine industriel; le coloriage, l'enluminure faits à la main ne donnent que rarement satisfaction complète; mais il est un procédé actuellement employé par les industriels qui font des reproductions photographiques polychromes, procédé qui se généralise de plus en plus, qui fut inventé, publié et même mis en œuvre par son inventeur M. Ducos du Hauron, dont le nom est trop peu connu. L'inventeur vint trop tôt; son invention théorique remonte à 1862 (1). Le brevet d'application pratique est du 23 novembre 1868, n° 83061. Ce brevet est depuis longtemps périmé et si l'inventeur a la satisfaction profonde de voir ses idées, ses procédés entrés maintenant dans la pratique industrielle, il a le chagrin plus profond encore, lorsqu'il se retourne vers son foyer, de constater qu'il a épuisé dans ses recherches la majeure partie de son patrimoine, et qu'il ne peut demander aucun dédommagement, malgré les importants résultats de ses travaux.

Nous savons que c'est l'histoire d'un grand nombre d'inventeurs, et nous pourrions dresser une assez longue liste de ceux auxquels la Société d'Encouragement a tendu une main amie.

L'invention du tamisage des rayons colorés a été développée par M. Ducos du Hauron parallèlement à celle de Cros, actuellement décédé, et les deux inventeurs, arrivés par la même théorie aux mêmes résultats, ont reconnu leur bonne foi mutuelle; je n'en citerai, comme preuve, que ce passage d'une lettre que m'a adressée Cros, et qui fut publiée en juillet 1869 dans le *Bulletin de la Société française de photographie :* « Permettez-moi donc, Monsieur, de vous exposer où en est le débat, très honorable et très pacifique du reste, auquel je dois d'être entré en bons et sympathiques rapports avec mon concurrent. »

Cette invention est, nous l'avons dit, exploitée maintenant et présentée quelquefois à des industriels qui ne la connaissent pas, comme une solution nouvelle de la photographie des couleurs, elle a pour bases premières les observations et les expériences suivantes, faites il y a bientôt trente ans. En fait, toutes les couleurs naturelles ou artificielles peuvent être ramenées à trois couleurs simples : le rouge, le jaune, le bleu, qui, par leur mélange deux à deux, donnent d'abord les couleurs secondaires : l'orangé, le vert, le

(1) Communication à M. Lelut, membre de l'Institut, d'une méthode de reconstitution photographique des couleurs par triple tamisage des rayons et par triple réversion d'empreintes. Réponse de M. Lelut, 14 août 1862.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

violet, et enfin, par leur mélange en proportions diverses et indéfinies, présentent cette variété de couleurs qui frappent nos yeux. Je m'abstiens ici de toute discussion théorique. S'il est possible, en face d'un sujet coloré, d'extraire de ce mélange en proportions suffisamment exactes, de tamiser, de séparer les couleurs simples qui le représentent, de prendre d'un coup tout le rouge, puis tout le jaune, ensuite tout le bleu, d'en produire photographiquement, pour chacune de ces couleurs, un cliché représentant non la couleur elle-même, mais la somme de couleurs entrant dans la composition de l'ensemble, nous aurons fait l'analyse de ces rayons colorés; ensuite, avec chacun de ces clichés, nous ferons le monochrome du rouge, du jaune, du bleu, et, en les superposant, nous ferons la synthèse et nous reconstituerons l'ensemble coloré.

Cette analyse, ce tamisage des rayons colorés, qui, au premier abord, peut paraître impossible, se fait simplement dans la pratique par l'emploi des couleurs complémentaires.

Si on fait la reproduction photographique d'un sujet coloré en interposant un écran vert, tous les rayons rouges, provenant de couleurs simples ou composées, sont éteints, on a donc le négatif du rouge ; sans rien changer dans la position, mais avec une autre glace sensible, on fait un second cliché en interposant un écran jaune orangé, on obtient ainsi le négatif du bleu, puis le troisième cliché est obtenu avec interposition d'un écran violet qui donne le négatif du jaune; l'analyse est faite, on imprime ensuite chacun de ces clichés avec les couleurs correspondantes rouge, jaune et bleu, et en les superposant on réalise la synthèse.

Mais, dès le début, dans la pratique, apparurent les difficultés multiples, aussi bien pour l'analyse que pour la synthèse. D'abord l'obtention des négatifs à travers les écrans colorés semblait presque irréalisable, on ne connaissait pas encore les préparations dites orthochromatiques ou iso- ou pantochromatiques ; les couleurs rouge, orangée, jaune, vertes, étant anti-actiniques, ne donnaient que bien difficilement leur impression photographique, et lorsqu'elles furent obtenues à grand'peine, il fallut imprimer les clichés au moyen de couleurs transparentes, les couleurs opaques se seraient masquées les unes par les autres au lieu de se fondre et de s'unifier ; la question d'un repérage exact était très délicate, les inégalités de retrait des feuilles de gélatine primitivement employées rendaient le repérage presque impossible.

Les procédés de gravure et de lithographie photographiques étaient

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

encore dans l'enfance, promettant pour l'avenir ; mais il fallait produire, bien difficilement alors, les trois planches encrables pour l'impression, on les obtient couramment aujourd'hui : l'inventeur, M. Ducos du Hauron, suivaient tous ces perfectionnements nouveaux, les adaptait à son œuvre, faisait, sans compensation, des sacrifices d'autant plus grands que son avoir était modeste, et cependant les siens, sa femme, son frère, magistrat à la Cour d'Alger, l'encourageaient à poursuivre l'application de son invention et l'aidaient de leur mieux. Lorsque enfin les procédés d'orthochromatisme permirent de faire rapidement les clichés, quand les méthodes de photogravure, de photocollographie donnèrent les résultats actuels, les brevets étaient périmés, les ressources étaient épuisées et l'inventeur voit maintenant d'habiles opérateurs utilisant ses procédés, et même des exploiteurs colportant ses méthodes comme nouvelles, annonçant avec réclame et s'attribuant l'invention de la photographie des couleurs, tandis que, désarmé, il ne peut qu'assister sans profit à la réalisation de son œuvre et quelquefois aux manœuvres qui la présentent comme une invention nouvelle.

Quel est actuellement, pour tous, le résultat pratique de ces longues et ruineuses recherches ?

C'est l'emploi de l'analyse des couleurs par les écrans pour toutes les reproductions de sujets colorés, c'est l'impression polychrome de tous genres par la gravure en relief et en creux, par la lithographie, aidées l'une et l'autre par la photographie, c'est une facilité plus grande de répandre dans le public des reproductions d'aquarelles, de tableaux, etc., de produire des fac-similés comme ceux que des éditeurs produisent en France et à l'étranger, c'est l'illustration en couleurs pour les livres d'art et de science devenue facile par l'emploi des procédés typographiques, en combinant les méthodes anciennes (1868) de Ducos du Hauron pour les couleurs et celles de Berchtold (1859) pour les réseaux ; c'est, comme nous le disions au début, une révolution dans l'art des impressions illustrées. — L'inventeur, toujours dévoué aux progrès de son œuvre, voudrait les poursuivre, mais après avoir vu ses ressources s'égrener pour le plus grand profit d'autrui, il lui faudrait, à son tour, par une juste compensation, trouver un peu d'aide pour ses travaux futurs.

Nous avons demandé à votre Comité des Constructions et Beaux-Arts de venir en aide, par une allocation aussi large que possible, à cet inventeur qui, le premier, posa les bases de cette méthode entrée maintenant en pleine

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

voie d'application, et qui, ses brevets étant expirés, ne peut réclamer la juste rémunération de ses travaux.

Le Conseil de la Société d'Encouragement a décerné à M. Ducos du Hauron le prix Giffard, dont la disponibilité, pour l'année 1897, s'élevait à la somme de 1 000 francs.

M. DAVANNE, *rapporteur*.

GRANDE MÉDAILLE DES ARTS CHIMIQUES

RAPPORT fait par **M. S. Jordan** sur les titres de **M. F. Osmond** à la *médaille Lavoisier*.

Le Comité des Arts chimiques a mission, cette année, de vous proposer un titulaire pour la médaille Lavoisier que vous avez à décerner en séance générale et qui est, d'après votre règlement, destinée *aux auteurs, français ou étrangers, des travaux qui ont exercé la plus grande influence sur les progrès de l'industrie française* pendant les dernières années. Il a décidé de vous présenter M. F. Osmond, ingénieur métallurgiste, et il m'a chargé de vous rapporter les motifs à l'appui de sa décision.

M. F. Osmond, après avoir fait ses études techniques à l'École centrale des Arts et Manufactures dont il est sorti en 1872, et après un stage d'une année dans les ateliers de la Compagnie de Fives-Lille, a commencé sa carrière métallurgique aux forges et aciéries de Denain (Nord) où il passa huit années pendant lesquelles il devint chef du laboratoire et du service de fabrication des aciers fondus sur sole. En 1880, il quitta Denain pour passer aux usines du Creusot comme chef des laboratoires de ce grand établissement, poste qu'il occupa cinq années. Depuis 1885, il s'est fixé à Paris, se vouant complètement aux travaux de métallurgie scientifique qui ont fait connaître son nom à tous ceux qui s'occupent de l'acier, et qui lui ont valu, de la part de votre Société, deux prix, l'un en 1888, sur le rapport de M. H. Le Chatelier, l'autre en 1895, sur le rapport de M. S. Jordan.

Pour faire apprécier la nature de ces travaux, et leur influence considé-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rable sur la métallurgie de l'acier, il est nécessaire, pour votre rapporteur, de remonter peut-être un peu loin dans les précédents de la question.

Sans reculer jusqu'au temps de Berzélius et en s'en rapportant au grand métallurgiste allemand Karsten, qui écrivait vers 1825 son célèbre *Manuel de la métallurgie du fer*, on peut constater qu'à cette époque les connaissances scientifiques et pratiques sur les manières d'être du carbone dans les fontes et les aciers étaient bien sommaires et bien confuses. Karsten fit prévaloir la croyance à deux états de ce métalloïde : 1° le carbone isolé à l'état cristallin quoique mêlé à la masse ferreuse, c'est-à-dire le *carbone graphitoïde* caractérisant les fontes grises ; 2° le *carbone combiné*, appelé quelquefois *dissous*, réparti dans toute la masse ferreuse, caractérisant les fontes blanches et les aciers. Pendant de longues années, ce dualisme du carbone servit de base à l'enseignement et aux théories de la sidérurgie, sans arriver cependant à expliquer beaucoup de faits de la pratique. En 1867, lors de notre deuxième Exposition universelle de Paris, on en était encore là, comme permet de le constater l'intéressant livre publié alors par l'éminent professeur L. Gruner sur l'*Acier et sa fabrication*, où il résumait d'une façon magistrale l'état des connaissances à cette époque. Il fallut encore bien des années, et les travaux de plusieurs savants expérimentateurs (Caron en France, Rinman et R. Akerman en Suède, sir F. Abel en Angleterre, Docteur F. Muller en Allemagne notamment), pour amener l'abandon de la croyance au dualisme de Karsten et préciser les états allotropiques du carbone en prouvant aux métallurgistes que le carbone dit combiné de Karsten ne se trouvait en réalité pas toujours à un seul et même état, mais en comprenait en définitive deux, l'un non pas combiné, mais bien *dissous* ou *diffusé* dans la masse totale du fer, l'autre réellement combiné et formant un *carbure de fer* de la forme Fe^3C. M. Osmond, d'abord en collaboration avec M. Werth, son collègue au Creusot, et ensuite seul, porta les derniers coups à l'ancienne croyance, non seulement par des expériences directes établissant l'existence de ce dédoublement du carbone combiné, mais encore et surtout en étudiant les transformations de ce carbone, sorte de Protée, et leurs influences sur la nature des aciers. Il convient d'ajouter que des travaux, aussi relativement récents, comme ceux de M. Forquignon notamment, ont mis en lumière l'existence d'une autre forme encore du carbone, celle qui se forme par le recuit prolongé à haute température des fontes blanches et des aciers riches en carbone, et qui est une forme particulière de graphite.

Actuellement donc on peut considérer comme démontré que le carbone

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

peut se rencontrer dans les fontes et les aciers à quatre états différents :

1° *Carbone dissous* ou *carbone durcissant* (qui est appelé généralement en France *carbone de trempe*, le mot de carbone durcissant que votre rapporteur trouve plus explicatif et moins amphibologique étant la traduction des mots anglais *hardening carbon*).

2° Carbone combiné à l'état de carbure de fer Fe^3C ou *cémentite* (on appelle souvent en France le carbone à cet état du nom de *carbone de cémentation* ou *de recuit* par opposition au carbone de trempe).

3° Carbone isolé à l'état cristallin dans le métal fondu ou *graphite cristallin*.

4° Carbone isolé par le recuit du métal solide à l'état de *graphite amorphe* ou *graphite du recuit*.

Ces quatre états du carbone sont bien encore l'objet de certaines controverses, principalement les deux premiers qui sont ceux qui se rencontrent spécialement dans les aciers ; la nature protéique de la cémentite qui se forme aux dépens du carbone dissous ou diffusé, ou qui se résout plus ou moins en carbone diffusé suivant les conditions de température ou de travail mécanique, et en prenant des formes intermédiaires diverses, exige une grande pratique de l'observation pour que l'œil aidé du microscope, sache se reconnaître dans les transformations. Ces quatre états sont-ils bien les seuls? le carbone y est-il toujours seul avec le fer ou se trouve-t-il dans certains associé à des gaz comme l'hydrogène ou l'oxyde de carbone? Il y a encore là matière à des travaux intéressants, mais le fait de ces quatre états est maintenant admis par la plupart des métallurgistes. Leur étude rend tous les jours des services à ceux qui s'occupent de l'acier au point de vue pratique, comme on le verra bientôt, — et leur description commence à prendre place dans l'enseignement théorique, aux lieu et place du dualisme de Karsten : on peut le constater dans l'excellent *Manuel de la métallurgie du fer* du à M. Ledebur, le savant professeur de Freiberg, l'ouvrage didactique le plus récemment publié sur ce sujet.

Il était nécessaire pour votre rapporteur d'exposer d'abord l'état actuel de cette question des états du carbone, dans l'élucidation de laquelle M. Osmond a joué un rôle prépondérant, avant d'aller plus loin. Il est indispensable maintenant de dire ce qu'était autrefois l'état de la question qu'on appelle maintenant le *traitement calorifique des aciers* (comprenant les chauffages à plus ou moins haute température, le ressuage, le refroidissement lent ou brusque, le forgeage à diverses températures, le recuit, le revenu, etc.),

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pour faire comprendre ce qu'elle est devenue depuis les travaux de M. Osmond.

Jusqu'en 1878, année de notre troisième Exposition universelle de Paris, les notions réellement théoriques faisaient absolument défaut : les industriels n'avaient pour les aider et les guider dans le travail de l'acier que des recettes et des tours de main lentement acquis par la routine de la pratique, se transmettant de génération en génération parmi les ouvriers spéciaux, et souvent conservés mystérieusement par eux. Ces notions éparses sur les changements de la structure et des propriétés mécaniques des aciers, sur l'influence de tel ou tel élément adventif étranger au fer et au carbone, n'avaient jamais été codifiées, s'il m'est permis d'employer cette expression. Un grand pas fut fait en 1878, il eût pu l'être dix ans plus tôt si la connaissance de la langue russe eût été plus répandue dans l'ouest de l'Europe. Un métallurgiste russe en effet, Tchernoff, avait fait, en 1868, à la *Société technique impériale russe* une communication de premier ordre intitulée : *Remarques sur la fabrication et le travail de l'acier;* il en fit une autre en 1878 intitulée : *Recherches sur la structure des lingots d'acier fondu.* Ces deux travaux ne furent connus par des traductions en France et en Angleterre qu'en 1878 et et 1880. Tchernoff proposait une sorte d'échelle thermométrique qui est rapidement devenue classique parmi les fabricants et travailleurs de l'acier : la Société me permettra de la rappeler en peu de mots, d'autant plus qu'elle n'est indiquée dans aucun de ses *Bulletins*. Elle se résume ainsi ;

Pour chaque nature d'acier, si l'on considère ce qui se passe pendant l'échauffement en partant de la température 0°, on rencontre :

1° Un point ou degré *a* qui doit être atteint et dépassé pour que le métal devienne susceptible de durcir par un refroidissement brusque, de *prendre la trempe*, suivant l'expression devenue classique en France, et cependant impropre ;

2° Un point ou degré *b*, où la structure de l'acier jusque-là cristalline commence à devenir amorphe, et le devient de plus en plus jusqu'au point *c* ;

3° Un point ou degré *c*, où l'acier fond.

En procédant au contraire par refroidissement, en partant du point *c*, la structure de l'acier, d'abord amorphe, devient de plus en plus cristalline, à mesure qu'on approche du point *b* pour rester ensuite invariable de *b* à 0°.

Les mémoires de Tchernoff excitèrent vivement l'attention des métallurgistes : beaucoup d'entre eux entreprirent de vérifier et d'utiliser les idées émises et les faits indiqués par l'ingénieur russe. Au Creusot, M. Os-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mond et son collègue M. Werth, cherchèrent non seulement à vérifier, mais aussi à expliquer l'échelle de Tchernoff, ainsi que ses remarques sur la structure de l'acier fondu. Après des travaux de laboratoire et des essais prolongés, ils publièrent en 1885, dans les *Annales des mines*, un important mémoire qu'ils intitulèrent *Théorie cellulaire de l'acier*, et dont les énonciations accueillies d'abord avec étonnement, sinon avec une certaine incrédulité (1), ne produisirent pas au début, parmi les aciéristes, la sensation qu'elles méritaient, mais n'en sont pas moins devenues le point de départ d'une révolution dans la métallurgie de l'acier.

MM. Osmond et Werth établissaient que le durcissement de l'acier obtenu par la trempe n'était pas dû seulement à un changement d'état du carbone, mais aussi et peut-être surtout à un changement d'état du fer qui, à une certaine température critique, passait d'un état α à un autre état allotropique β, en absorbant de la chaleur et devenant plus dur quoique moins dense, etc. Ils disaient que l'acier se composait dans sa structure physique de grains ou *cellules* simples, plus ou moins enrobées dans un *ciment* de nature différente et plus fusible, qui se fondait le premier au point *b*, pour absorber et dissoudre enfin la totalité des grains ou cellules simples au point *c*. Ils étudiaient les effets de la trempe et de l'écrouissage, l'influence des corps adventifs étrangers comme le soufre, le phosphore, le manganèse, le silicium. Ce mémoire débutait par l'examen microscopique des cassures, opéré par plusieurs méthodes, première manifestation de travaux que devait ensuite poursuivre brillamment M. Osmond avec des méthodes nouvelles, perfectionnées sous l'influence du docteur Sorby, de Sheffield, qui, dès 1864, avait préparé des photographies microscopiques de diverses sortes de fer et d'acier.

Le mémoire de MM. Osmond et Werth avait été précédé de plusieurs communications à l'Académie des sciences, dont la principale dès 1883. M. Osmond, dorénavant installé à Paris, et consacrant tous ses efforts à l'élucidation aussi complète que possible de ses idées sur l'acier, tant par des expériences poursuivies dans les laboratoires de M. H. Le Chatelier, à l'École des mines, et de M. Troost à la Sorbonne, que par des travaux de microscopie et de photographie entrepris et menés à bien par ses propres ressources, le faisait suivre d'importantes publications, notamment dans le *Mémorial de l'artillerie de marine*, sur les *Transformations du fer et du carbone dans les fers, les aciers et les fontes blanches*, dans les *Comptes rendus*

(1) Ce mémoire fut accueilli par les *Annales des mines* sur la proposition de M. Adolphe Carnot.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de l'Académie des sciences, au Congrès international des mines et de la métallurgie en 1889, dans la revue *la Lumière électrique* en 1890, dans les meetings de l'*Iron and Steel Institute* en Angleterre, de l'*Institute of Mining Engineers* aux États-Unis, etc., sans parler du *Bulletin* de notre Société et des publications de la Commission des méthodes d'essai des matériaux de construction, aux travaux de laquelle M. Osmond a pris une grande part, et où ses rapports lui ont valu les témoignages les plus flatteurs. Les publications de M. Osmond ont éveillé partout l'esprit de recherche des aciéristes et des savants; elles ont amené des contradictions, des discussions qui ne sont pas complètement éteintes, quoique leur auteur ait eu l'honneur de convertir peu à peu à ses idées certains de ses contradicteurs du début. Il en est résulté une connaissance singulièrement plus étendue, non seulement de la structure du métal, mais des conditions suivant lesquelles il doit être travaillé. On ne se contente plus, comme naguère, de faire des essais mécaniques de résistance à la rupture, d'élasticité, d'allongement, de contraction et de les mettre en regard plus ou moins exactement des résultats de l'analyse chimique du métal. Il est difficile de rapporter ici en peu de lignes la situation actuelle de cette importante question de la composition, de la structure et du traitement calorifique des aciers, non seulement au carbone, mais aussi alliés au manganèse, au chrome, au nickel, au tungstène, au cuivre, etc. Notre collègue, le savant M. H. Le Chatelier, vient de lui consacrer une remarquable étude dans la *Revue générale des sciences*, à laquelle votre rapporteur ne peut faire mieux que renvoyer les intéressés. Il essaiera toutefois de donner brièvement une idée sommaire du grand pas que les travaux de M. Osmon dont fait faire à cette branche importante de la métallurgie.

D'abord, et sans revenir sur les divers états du carbone dans les aciers, il convient d'indiquer une des découvertes capitales de M. Osmond, celle de l'allotropie du fer lui-même. Ce métal, dans les fers et les aciers, se rencontre au moins à trois états :

Le fer α, qui n'est stable qu'aux températures inférieures à 700°, et qui jouit des propriétés connues;

Le fer β, qui se forme vers 750° en absorbant une certaine quantité de chaleur, qui est beaucoup moins malléable, moins dense et moins bon conducteur de l'électricité;

Le fer γ, qui se forme vers 860°, est stable aux températures supérieures et a perdu toute propriété magnétique.

(Il est même possible, d'après des travaux récents, qu'un nouveau chan-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

gement moléculaire se produise vers 1300°, mais il n'intéresse pas autant la question des aciers.)

M. Osmond a appelé a_2 le point critique auquel le fer α devient fer β, point qui a aussi été mis en lumière par les travaux de M. Pionchon, et a_3 le point critique où le fer β devient fer γ.

Si les points a_2 et a_3 sont séparés dans le fer pur par un intervalle de plus de 100° centigrades, lorsque le fer contient du carbone, ils se rapprochent en s'abaissant vers des températures moindres, et dans les aciers au carbone, ils descendent et viennent se confondre vers 650° avec un point a_1 qui est celui où s'effectue la transformation du carbone de trempe en carbone du carbure (carbone de recuit), de telle sorte que le point a de Tchernoff est en réalité un point triple. Les transformations du carbone du carbure en carbone de trempe et du fer α en fer β et γ, qui s'effectuent plus ou moins rapidement dans le chauffage, sont réciproques et s'effectuent inversement dans le refroidissement lent. Mais elles demandent un certain temps pour s'effectuer. Si on refroidit brusquement par la trempe un morceau d'acier qui contient le fer à l'état β et le carbone à l'état diffusé de carbone de trempe, les transformations inverses sont supprimées en tout ou en partie : l'acier trempé conserve le fer plus ou moins à l'état β, et le carbone plus ou moins complètement à l'état de carbone de trempe, ce qui modifie, comme on sait, ses propriétés mécaniques. La position des points critiques varie avec diverses circonstances, notamment la rapidité ou la lenteur du refroidissement ou de l'échauffement, la teneur en carbone, etc.

D'autres corps que le carbone, qui interviennent maintenant souvent dans la composition des aciers, exercent aussi une influence notable sur la position des points critiques du fer. Le nickel par exemple, à des teneurs un peu élevées, fait descendre tous les points critiques tellement qu'ils semblent passer plus bas que la température ordinaire : l'acier à 25 p. 100 de nickel ne présente pas de points critiques entre 1100° et la température ordinaire, de sorte qu'à cette température et sans qu'il y ait eu refroidissement brusque par trempage, le fer paraît être resté à l'état γ et le carbone à celui de carbone de trempe. Le chrome, au contraire, fait monter légèrement les points critiques.

M. Osmond a pu classer l'action des corps étrangers divers d'après leur influence sur la position des points critiques, ce qui l'a conduit notamment à trouver, parmi les échantillons de M. Hadfield, le premier acier que l'on ait pu tremper, — durcir plutôt, — par chauffage à haute température suivi

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'un refroidissement lent, et récemment à relier les aciers-manganèse et les aciers-nickel aux aciers au carbone. On lui doit les nombreuses recherches qui permettent déjà et qui permettront plus encore, bientôt, de tirer parti, par un traitement calorifique approprié et rationnel, des nombreux aciers complexes dont l'industrie s'occupe pour des besoins militaires comme pour des besoins plus pacifiques.

En ce qui concerne la structure des aciers obtenus par fusion, lorsque le métal (simplement au carbone) commence à se solidifier au-dessous du point *c* de Tchernoff, les premiers grains ou *cellules* solides qui se forment sont du fer pur ou *ferrite* à l'état γ, engagé dans un ciment qui est du fer contenant le carbone de trempe dissous. A mesure que le refroidissement avance, il se produit des formes de transition qui se multiplient quand on arrive dans le voisinage du point a_1 où le carbure de fer ou *cémentite* prend naissance.

Lorsque l'acier est très dur, — très carboné, — il ne reste plus après le refroidissement lent que des quantités relativement faibles de grains de fer pur ou cellules de ferrite, et une grande partie de la masse est du carbure ou cémentite. Par le refroidissement brusque, les transformations n'ayant pas le temps de se produire, le carbone reste à l'état diffusé dans le ciment qui entoure les grains de ferrite; l'acier conserve à l'état latent la chaleur qu'il aurait dégagée au point a_1 en produisant le phénomène de la *recalescence*, si le refroidissement eût été graduel et lent.

Lorsqu'il s'agit d'acier fondu qui a été solidifié et refroidi pour être ensuite réchauffé et travaillé, il se produit, suivant les circonstances des chauffages et des refroidissements, des formes de transition en plus ou moins grande quantité, intermédiaires en quelque sorte entre la ferrite et la cémentite libre ou indépendante. Ces formes de transition ont été dénommées diversement, suivant les savants qui les ont découvertes :

La *martensite*, découverte par M. Osmond, solution solide de cémentite et de ferrite, formant les parties dures des aciers trempés, est l'une des plus importantes;

La *perlite*, découverte par Sorby, mélange de ferrite et de cémentite en lames alternantes, est une forme analogue, se rencontrant surtout dans les aciers recuits;

La *sorbite*, la *troostite*, la *austenite*, signalées par M. Osmond, et peut-être encore d'autres.

Entre les mains habiles d'un métallurgiste habitué par sa carrière

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

industrielle au travail de l'acier, comme M. Osmond, l'analyse micrographique est devenue une véritable méthode d'investigation. Avec sa grande expérience pratique, M. Osmond a enseigné à reconnaître les uns des autres ces divers constituants des aciers, à distinguer leurs relations et leurs proportions réciproques et à remonter de ces connaissances à la détermination de la température du chauffage subi, de celle à laquelle la trempe, — ou plutôt le trempage, — a été effectuée, de la vitesse plus ou moins grande du refroidissement, c'est-à-dire des principales circonstances du traitement calorifique. L'emploi de ce nouveau procédé d'investigation exige évidemment un apprentissage assez prolongé : pour ne pas se méprendre dans la détermination micrographique des divers constituants, il faut avoir acquis une expérience de même ordre que celle qui est nécessaire aux recherches microscopiques de l'organographie et de l'anatomie végétales ou animales, ou même à un bon chimiste essayeur. La détermination des divers constituants est en quelque sorte l'A B C, comme le dit M. Osmond, de cette nouvelle analyse, qui permet alors d'avoir des indications sur la teneur en carbone, non pas moyenne d'une pièce d'acier, mais des diverses parties de cette pièce, sur la répartition du carbone dans cette pièce. L'étude des figures formées, dans les aciers homogènes non trempés, par les mélanges de la perlite avec la ferrite ou la cémentite indépendantes, et qui sont caractéristiques, toutes choses égales d'ailleurs, de la température à laquelle a été terminé le travail de laminage ou de forgeage, permet de connaître cette température, et comme les qualités mécaniques dépendent essentiellement de cette température, on a de cette manière une donnée capitale qu'aucune autre méthode ne fournit aussi bien. Pour les pièces trempées, la proportion de martensite sur la coupe, la présence ou l'absence, le développement ou la structure des formes de transition, permettent, lorsqu'on connaît la composition chimique du métal et qu'on a étudié préalablement un métal analogue, de se faire une idée assez précise de la température de trempe et de la vitesse absolue du refroidissement en chacun des points de la section examinée. Sur les pièces d'un certain volume, on peut suivre les variations de l'effet de la trempe à partir de la surface.

D'autres questions encore pourront être élucidées, si elles ne le sont déjà pour certains métallurgistes, par les études micrographiques, par exemple les actions comparées du laminoir, du pilon et de la presse, l'influence du temps et de certains écarts de température dans le recuit, etc. Elles le seront plutôt dans des usines que dans des laboratoires scientifiques;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

car, comme le dit aussi M. Osmond, les recherches micrographiques ne portent pas en elles-mêmes leur propre fin; elles n'acquièrent de réelle valeur qu'à la condition d'être reliées aux procédés de fabrication d'une part et aux essais mécaniques d'autre part. Elles sont du reste maintenant poursuivies par un grand nombre de métallurgistes, tant en France qu'en Angleterre, en Allemagne et aux États-Unis, et les nombreuses communications apportées sur ce sujet aux congrès annuels de l'*Iron and Steel Institute* en Angleterre et de l'*American Institute of Mining Engineers* aux États-Unis font foi de l'intérêt que les praticiens leur attribuent. Un habile métallurgiste de ce dernier pays, M. Sauveur, qui a dès le début marché sur les traces de M. Osmond, vient de fonder à New-York un laboratoire d'enseignement où la micrographie occupe une place importante.

Ces recherches micrographiques, comme me le faisait remarquer récemment M. Osmond, en montrant les variations de volume et de composition des constituants de l'acier, ont conduit à la notion des solutions solides, tout à fait comparables aux solutions liquides, dont l'existence dans les corps cristallisés était contestée encore il y a peu de mois. Cette notion est probablement importante pour l'étude des alliages divers et de leur traitement calorifique. Elle ne l'est peut-être pas moins pour la philosophie chimique.

Votre rapporteur, Messieurs, croit en avoir assez dit pour vous faire apprécier les progrès considérables qui ont été effectués dans la connaissance des aciers depuis douze ou quinze ans, c'est-à-dire depuis les premiers travaux de M. Osmond. Il ne voudrait pas cependant vous laisser croire qu'il pense que ces progrès sont tous dus aux expériences personnelles de M. Osmond. Il ne saurait en effet oublier les travaux remarquables de MM. Arnold, Ball, Hadfield, Roberts-Austen, Stead en Angleterre, de MM. Howe et Sauveur en Amérique, de MM. Ledebur, Martens et Wedding en Allemagne de MM. Charpy et H. Le Chatelier en France, entre autres. Mais s'il ne veut pas prétendre que tout soit dû aux travaux personnels de M. Osmond, il n'en est pas moins convaincu que ses expériences et ses idées ont agi à la manière des ferments, en mettant en fermentation d'autres cerveaux, en faisant contrôler des idées préconçues anciennes, en suscitant des essais contradictoires, des discussions parfois assez vives, en définitive en amenant des résultats qui ont permis déjà, et qui le permettront encore plus bientôt, de sortir de la routine en donnant aux procédés du travail des aciers une base rationnelle qui leur manquait. Nos officiers d'artillerie, entre autres,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

que leurs fonctions dans les usines qui s'occupent de leur matériel amènent à étudier de près ces questions, rendent hautement justice aux services rendus sous ce rapport par M. Osmond, comme votre rapporteur a eu l'occasion de le constater encore récemment. La théorie cellulaire et ses applications au travail de l'acier occupent, depuis plusieurs années, une place éminente dans l'enseignement de l'École d'application de Fontainebleau.

M. Osmond, depuis plus de dix années, n'a cessé de conduire en quelque sorte cette campagne d'étude de la structure et du meilleur mode de travail pour les aciers, pour laquelle il est mieux qualifié que des investigateurs plus étrangers à la pratique des fabrications. Transformant son appartement en laboratoire de micrographie, restant en rapport avec ses anciens collègues des usines françaises et étrangères, faisant connaître par des traductions les travaux de ses émules de l'étranger, prenant part aux discussions, répondant aux objections et aux contradictions, amenant souvent des conversions importantes, il a dépensé une somme de travail qui peut difficilement être appréciée. (Je viens de lire un important mémoire envoyé par lui au Congrès de Chicago (février 1897) de l'*American Institute of Mining Engineers*, et, si j'ai bien compté, ce mémoire est le quatre-vingt-troisième écrit de M. Osmond sur la question de la microstructure de l'acier et de la théorie de la trempe.) Il faut dire encore que tous les résultats obtenus par lui ont été mis généreusement à la disposition de ses confrères aciéristes; son désintéressement n'a de comparable que sa modestie.

Aussi votre Comité des Arts chimiques est convaincu du bon accueil que feront tous les métallurgistes, français ou étrangers, à votre décision de décerner à M. Osmond votre médaille Lavoisier pour des travaux qui ont exercé la plus grande influence sur les progrès de l'industrie des aciers.

COMITÉ DES ARTS CHIMIQUES

PRIX FOURCADE

RAPPORT fait par **M. Aimé Girard** au nom du Comité des Arts chimiques sur le *prix Fourcade* fondé, par les Exposants de la Classe 47 à l'Exposition universelle de 1878, pour les ouvriers des fabriques de produits chimiques.

Lorsque, se conformant aux intentions des fondateurs du prix Fourcade, la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale recherche parmi les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

candidats nombreux qui la sollicitent celui qui, dans un même établissement, a fourni les services les plus longs, c'est chose fréquente, qu'à côté de la durée de ces services, elle rencontre des mérites professionnels qui rendent plus sympathique encore le choix auquel elle est obligée par les conditions mêmes de la fondation.

Il en est ainsi cette année. M. Jean Liborelle, auquel la Société décerne aujourd'hui le prix Fourcade, est non seulement celui qui, sur nos listes, compte le plus d'années de service dans un même établissement, mais c'est, en outre, un véritable maître dans son art.

M. Jean Liborelle a aujourd'hui 73 ans ; en 1844, à l'âge de 19 ans, il entrait dans les usines de Kulhmann, à Loos près de Lille, comme apprenti plombier, et était aussitôt attaché à la soudure des chambres de plomb ; aujourd'hui, après cinquante-trois ans de services ininterrompus, M. Liborelle travaille encore aux usines de la Société des manufactures de produits chimiques du Nord ; il est le chef plombier des anciens établissements Kulhmann.

C'était autrefois un art peu connu que celui du plombier qui, par la soudure autogène, c'est-à-dire par la fusion du plomb sur lui-même, doit assurer la réunion des grandes feuilles de métal qui constituent autour des chambres à acide sulfurique une paroi continue et absolument étanche. La soudure verticale surtout, dont la pratique est longtemps restée mystérieuse, était alors considérée comme une merveille. Aujourd'hui, tous ces procédés sont connus, et nombre de plombiers les savent appliquer avec habileté ; la plupart de ces plombiers sont les élèves de M. Liborelle.

Kulhmann, en effet, qui avait apprécié les qualités professionnelles du jeune ouvrier, l'avait envoyé en Angleterre, et là, celui-ci était parvenu à pénétrer les secrets des plombiers de ce pays, plombiers qui, à cette époque, avaient, pour ainsi dire, le monopole des travaux de ce genre.

De retour en France, M. Liborelle introduisit dans les usines de Kulhmann les méthodes qu'il avait vu mettre en œuvre en Angleterre ; plus tard, il les perfectionna lui-même, si bien que, longtemps, les établissements Kulhmann conservèrent, sous ce rapport, une réelle supériorité.

A l'école de M. Liborelle, vint se former alors toute une pléiade d'ouvriers spécialistes qui, de là, se répandirent dans toutes nos manufactures de produits chimiques et permirent à celles-ci de rivaliser avec les usines anglaises ; c'est un service véritable que ce modeste ouvrier a rendu à la fabrication de l'acide sulfurique, et, par conséquence, à toute notre grande industrie chimique.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Travailleur modeste et rangé, ouvrier modèle, d'un dévouement à toute épreuve, chef intelligent et écouté, M. Liborelle est aujourd'hui considéré comme une sorte de patriarche qu'entourent l'estime de ses chefs et le respect de tous ces camarades.

La Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale, en décernant aujourd'hui le prix Fourcade à M. Jean Liborelle, est heureuse de récompenser en lui tout à la fois l'attachement au travail, la fidélité à l'usine et un grand mérite professionel.

Le rapport qui vient d'être lu était déjà rédigé et approuvé par la Société, lorsque la douloureuse nouvelle nous est parvenue de la mort de notre lauréat. La Société a pensé que le prix Fourcade n'en était pas moins acquis à Liborelle, qu'aucun changement ne devait être apporté à sa décision, et que la valeur morale comme la valeur matérielle de cette haute récompense étaient la propriété de sa famille.

ARTS MÉCANIQUES

PRIX POUR LE PERFECTIONNEMENT DE L'INDUSTRIE COTONNIÈRE

Les *Exposants de la classe* 27, à l'Exposition universelle de 1867, sur l'initiative de M. Gustave Roy, ont donné à la Société d'Encouragement une somme de 13 169 fr. 85 pour la fondation d'un prix qui sera délivré, tous les six ans, à celui qui aura contribué le plus efficacement au développement ou aux progrès de l'industrie cotonnière en France.

Un encouragement de 1 000 francs, prélevé sur les disponibilités de ce prix, est accordé à M. G. Fauquet pour sa *carde à chapeaux chaînés* (1).

PRIX EXCEPTIONNEL DE 2000 FRANCS A **M. Henri Ronsse**, à Clan (Vienne) POUR SES *procédés de fabrication de tissus-chenille*. Rapport de M. Imbs.

M. Ronsse a créé un ensemble de procédés et de dispositions mécaniques fort ingénieux pour la fabrication des tissus-chenille, reproduisant des tableaux ou des esquisses artistiques dans des conditions remarquables

(1) Voir, au *Bulletin* de novembre 1895, le rapport de M. Imbs.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

comme effet décoratif et comme économie de fabrication. Ces procédés ont été l'objet d'un rapport favorable du Comité des Arts mécaniques en 1892 et ont valu à M. Ronsse cette même année une médaille d'argent.

Depuis cette époque, leurs avantages n'ont pas tardé à provoquer leur généralisation et l'extension rapide de leur application, et ils fournissent actuellement à la consommation des étoffes d'ameublement nouvelles des plus avantageuses pour une valeur annuelle de plusieurs millions. En présence de l'importance de ces résultats et du peu de profit personnel que, par suite de circonstances particulières, a pu en tirer l'inventeur de ces procédés, la Société d'Encouragement, sur la proposition de son *Comité des Arts mécaniques*, décerne à M. Henri Ronsse un prix exceptionnel de 2000 francs.

ARTS CHIMIQUES

RAPPORT fait par **M. Aimé Girard**, au nom du *Comité des Arts chimiques*, sur l'ouvrage présenté à la Société par M. A. LIVACHE et intitulé : *Vernis et Huiles siccatives*.

L'ouvrage que M. A. Livache, ingénieur civil des mines, a récemment fait paraître sous le titre de *Vernis et Huiles siccatives* s'est présenté au Comité des Arts chimiques avec des mérites qui répondent absolument aux intentions qui l'ont conduit à vous proposer la fondation de prix destinés aux publications utiles à l'industrie chimique, telles que traités ou mémoires.

Différent, en effet, de la plupart des ouvrages qui, jusqu'ici, ont été publiés sur la matière, l'ouvrage de M. Livache constitue une œuvre tout originale, dans laquelle abondent les critiques et les recherches scientifiques, et dont l'ensemble rendra, certainement, à la technologie les services les plus sérieux.

Pour la première fois, dans cet ouvrage, on voit, à côté de la description des matériaux et des procédés qu'exige la fabrication des vernis et des huiles siccatives, se développer une étude chimique des uns et des autres, aussi complète que le permet l'état actuel de nos connaissances. Obscure jusqu'à ces derniers temps, cette fabrication s'éclaire ainsi d'une lumière inattendue.

Écrit dans un style sobre et clair, l'ouvrage de M. A. Livache se divise en deux parties : la première consacrée à l'étude des résines et de leurs dis-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

solvants, ainsi qu'à la fabrication des vernis volatils, c'est-à-dire des vernis à base d'alcool ou d'essence; la seconde, à l'étude des huiles siccatives et des vernis gras qu'elles fournissent.

Parmi les sujets divers qu'embrasse la première partie, la description des gommes, des gommes-résines et des baumes se recommande surtout à l'attention du fabricant de vernis. Sur les propriétés de ces matières premières, notre littérature technologique n'apportait, jusqu'ici que des notions très incomplètes. M. A. Livache complète aujourd'hui ces notions en nous faisant connaître les importantes recherches faites en Allemagne par Andrès, Bottler, Unverdorben, Andès, etc. Sous le rapport de la solubilité, des faits nouveaux ou peu connus de nos industriels y sont exposés en détail, tandis qu'à la suite se présente une étude très soignée des dissolvants et des matières colorantes.

C'est par la description des procédés à l'aide desquels les gommes sont préparées en vue de la fabrication des vernis, comme aussi à la description de cette fabrication même, qu'est consacrée la fin de cette première partie, et, à tout instant, on y retrouve la marque d'une compétence à la fois scientifique et pratique.

Mais c'est surtout par sa deuxième partie que l'ouvrage de M. Livache a paru à votre Comité des Arts chimiques mériter le prix que la Société d'Encouragement lui décerne aujourd'hui.

Dans cette deuxième partie, tout est personnel à l'auteur, aussi bien la théorie des procédés employés de tout temps pour rendre les huiles siccatives que la découverte des procédés nouveaux qui ont permis à M. Livache d'activer leur transformation, de la rendre régulière, sûre, et de la faire aboutir enfin, dans certaines conditions, à des produits d'une qualité supérieure.

Ces procédés, M. Livache, avec une libéralité qui l'honore, les a mis à la disposition de tous nos industriels, et, dès aujourd'hui, on les voit employés dans un certain nombre d'usines à la fabrication rapide, sans danger, d'huiles siccatives faiblement colorés et cependant remarquables, par leur siccativité.

C'est frappé de ces mérites divers, et en considération de l'utilité que l'ouvrage publié par M. Livache sous le titre : *Vernis et Huiles siccatives*, doit avoir pour notre industrie chimique, que la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale décerne à l'auteur un prix de 500 francs.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

COMITÉ DU COMMERCE

RAPPORT fait par **M. Gruner**, au nom du *Comité du Commerce*, sur le Concours ouvert pour un prix de 2 000 francs pour une *étude économique d'un centre industriel en France.*

MESSIEURS,

M. E. Garnault a présenté successivement à la Société d'Encouragement, dans la pensée qu'ils pourraient être admis au concours ouvert par elle pour une étude économique d'un centre industriel en France, divers ouvrages publiés dans le cours des dix dernières années, sur le commerce Rochelais au XVIII^e^ siècle (4 vol. in-8°) et sur la juridiction consulaire et la Bourse du commerce de la Rochelle (1 vol. in-4°).

Les premiers volumes, parus en 1887 et 1888, ont été imprimés antérieurement à l'inscription de ce prix sur la liste des récompenses proposées par notre Société ; la condition de présentation sous forme de manuscrit anonyme n'a donc pu être remplie par l'auteur. Nous rappellerons d'ailleurs que cette condition n'était qu'implicitement prévue pendant ces premières années et que notre Société n'a pas cru alors pouvoir écarter absolument du concours tous les ouvrages imprimés.

Les publications de M. Garnault, présentées pendant cette période, n'ont pu être, en leur temps, l'objet d'un rapport par suite de circonstances spéciales, indépendantes de l'auteur, et dont il paraît juste de tenir compte.

Votre Comité du Commerce a donc, par décision spéciale et exceptionnelle, retenu l'ensemble des ouvrages de M. Garnault et nous a chargé de les étudier.

Nous ne referons pas en ce moment l'exposé dont nous donnions lecture à la Société dans sa séance du 14 mai ; qu'il vous suffise de rappeler que, dans ces cinq ouvrages, résultats d'un travail persévérant de dix années, M. Garnault a fait revivre le passé commercial, économique et administratif de ce port jadis si important, et depuis peu d'années en voie de résurrection.

Il nous a montré ce qu'ont tenté les hardis navigateurs et ce qu'ont créé au loin ces pionniers de l'influence français ; il nous a fait, une fois de plus, reconnaître l'aveuglement du pouvoir royal qui, par fanatisme reli-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

gièux, et par la plus coupable des insouciances, s'est refusé à coloniser les pays explorés, puis les a abandonnés à nos heureux rivaux.

Les minutieuses recherches de M. Garnault sur la Chambre de commerce, sur la juridiction commerciale et sur la Bourse du commerce donnent une vivante intuition de ce que peuvent produire ces institutions par une action prolongée et continue.

Notre Société ne saurait, sans mentir à son titre, méconnaître les services que rendent au pays des travaux historiques et économiques de cette nature et poursuivis dans cet esprit.

Votre Comité du Commerce vous propose donc d'attribuer à l'ensemble des travaux de M. Garnault, à titre de récompense et aussi d'encouragement à poursuivre ces recherches et publications, une somme de 1 500 francs, à prélever sur le prix de 2 000 francs.

Rapport fait par M. Buquet, au nom du *Comité du commerce*, sur le concours ouvert pour une *étude économique d'un centre industriel en France*.

« *Le sel est un des corps les plus utiles à la consommation humaine et à l'industrie.* »

Telle est la devise inscrite en tête d'un mémoire manuscrit présenté au concours du prix institué pour *une étude économique d'un centre industriel en France* et soumis à l'examen du *Comité du Commerce*.

L'auteur a divisé son mémoire en trois chapitres :

Le premier traite *du sel en France avant la Révolution ;*

Le deuxième, *de la production du sel en France au* XIX^e^ *siècle.*

Le troisième, *de la consommation et du régime fiscal du sel en France au* XIX^e^ *siècle et de l'organisation commerciale.*

Après avoir fait l'historique de la réglementation fiscale du sel depuis Philippe IV jusqu'à nos jours, et indiqué l'origine des formes générales des gabelles, l'auteur expose les divers procédés de fabrication en usage dans les salines et marais salants, sans cependant faire connaître les plus récents progrès.

Puis il établit un parallèle entre les situations respectives actuelles des divers centres de production : mines de sel gemme et salins du Midi et de l'Ouest, au double point de vue industriel et commercial.

Le troisième chapitre est, sans contredit, celui qui offre le plus d'intérêt,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

car il touche, par certains côtés, aux questions de *syndicat de vente*, qui sont aujourd'hui à l'ordre du jour, et pour l'étude desquelles la Société vient d'instituer un prix à décerner.

L'auteur est amené à faire connaître les succès sans cesse croissants de certaines régions, correspondant à la dépression des résultats obtenus par d'autres, et il constate que, d'une part, on rencontre la véritable grande industrie, avec ses associations de capitaux et ses puissants moyens d'action, tandis qu'ailleurs on se trouve en présence d'individualités assez souvent sans grandes ressources et mal armées pour la lutte.

Dans de telles conditions, le résultat n'est pas douteux, et des cartes intéressantes permettent de suivre, de 1837 à 1864, la marche en avant des uns et le mouvement de retraite des autres, — il s'agit, bien entendu, de la France seulement.

En résumé, ce mémoire est consciencieusement fait ; il contient de nombreux renseignements puisés à diverses sources, que l'auteur indique d'ailleurs ; mais il n'a pas paru qu'il répondît assez complètement au programme qui a été imposé pour l'obtention du prix de 2 000 francs, et la Société lui a accordé, à titre d'encouragement, une somme de 500 francs, à prélever sur la valeur de ce prix (1).

Rapport fait, au nom du *Comité du Commerce*, sur les résultats du concours relatif à l'*Assurance contre le chômage*, par **M. Cheysson**, membre du Comité.

La question du chômage est, sans contredit, l'une des plus douloureuses et des plus graves au point de vue de la famille ouvrière.

Tant que son chef a du travail, elle peut éprouver des embarras momentanés ; mais elle les surmonte à cause des ressources qu'il apporte régulièrement : c'est son état d'équilibre, ou son état normal.

La situation est tout autre quand cette source est brusquement tarie par une quelconque des crises qui menacent la famille ouvrière : la maladie, l'accident, la vieillesse. C'est même ce qui différencie le plus nettement les diverses classes de la société. Les rentiers, les riches, sont soumis, eux aussi, à ces pénibles éventualités ; ils sont, comme les pauvres, sujets aux infirmités, à la décrépitude de l'âge ; mais, du moins, ils n'ont alors à supporter que ces épreuves physiques, sans avoir à y ajouter le tour-

(1) L'auteur de ce mémoire, qui s'est déclaré depuis, est M. E. Lebeuf.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ment du pain quotidien. Au contraire, toutes les crises de la famille ouvrière ajoutent aux souffrances de droit commun qu'elles lui infligent ce raffinement de l'interruption du travail et du salaire; toutes se compliquent d'une question de chômage et des privations qui en résultent. Quand il est frappé par la maladie, l'ouvrier souffre, d'abord comme le bourgeois qui a le même mal; ensuite comme un père qui a la charge des siens et que désole son impuissance à remplir ses devoirs envers eux. C'est là un privilège de la souffrance populaire, qui confère à la pauvreté une dignité éminente et en fait une chose sacrée.

Même en dehors de cet accompagnement des autres crises, le chômage suffit à plonger la famille dans la détresse. Le père est valide, fort, bien portant, plein de bonne volonté et d'entrain au travail; il alimente avec son salaire la maisonnée et parvient, à force d'épargne et d'entente avec sa vaillante ménagère, à élever les enfants et, comme on dit, « à joindre les deux bouts ». Mais voilà qu'un soir il rentre au logis et annonce tristement à sa femme que le patron vient de le « débaucher ». Les commandes ne vont plus; l'industrie est languissante; c'est un changement de mode, une invention nouvelle, une modification douanière, la concurrence des pays neufs, un krach financier, que sais-je, en un mot une de ces causes quelconques qui passent par-dessus la tête de l'ouvrier, et dont les effets néanmoins l'atteignent en pleine poitrine.

Dès le lendemain, il court chercher de l'ouvrage; mais il n'en trouve pas. Partout même réponse : on renvoie du monde dans cette partie, bien loin de prendre de nouveaux ouvriers. Les ressources du ménage s'épuisent. Il n'obtient plus de crédit chez les fournisseurs, et l'échéance menaçante du terme approche, sans qu'il ait rien pour y faire face.

Les jours se passent, la situation s'aggrave et devient désespérée. Il y a là une famille qui souffre, et qui cependant n'a rien à se reprocher. Le père, qui peut et veut travailler, frappe inutilement à toutes les portes pour trouver du travail. Il s'aigrit, il s'indigne contre la société, en voyant ses enfants lui réclamer du pain qu'il n'est plus en état de leur procurer, et peut-être va-t-il demander à l'ivresse crapuleuse du cabaret l'oubli de la misère et s'y repaître de ces prédications malsaines, plus vénéneuses encore pour son esprit et pour son âme que ne l'est pour son corps l'alcool dont il l'abreuve.

La question se présente donc sous le double aspect de l'humanité et de la préservation sociale. En venant en aide à cet ouvrier qui chôme, on atténue des souffrances imméritées; on l'arrache aux mauvais conseils de la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

faim et l'on conjure, avec les privations qu'on lui épargne, les dangers qu'elles auraient fait courir à la sécurité publique.

Ce n'est pas ici le lieu de passer en revue les diverses solutions proposées ou tentées pour résoudre ce redoutable problème. La seule dont j'ai à parler est celle qui repose sur la combinaison, dont on a déjà fait tant de fructueuses applications pour les autres crises, c'est-à-dire l'assurance. Au chômage produit par la maladie, l'accident, la vieillesse, elle oppose des indemnités journalières ou des pensions. Pourquoi ne pourrait-elle pas opérer de même contre le chômage involontaire faute de travail? Pourquoi ne répartirait-elle pas entre tous les membres de la collectivité les mauvaises chances qui frappent seulement une partie d'entre eux, de manière à en rendre le poids léger pour ceux qu'elle atteint? Avec une obole prélevée sur son salaire, l'ouvrier se mettrait à l'abri du chômage extrinsèque, comme il le fait déjà pour le chômage dont les causes sont en lui. Il y aurait donc des sociétés de secours mutuels contre le chômage, comme il y en a aujourd'hui contre la vieillesse et contre la maladie.

Cette idée, qui a déjà reçu un commencement d'application en Suisse et qui est à l'étude dans divers pays, a été lancée avec son talent habituel par mon éloquent ami, M. Eugène Rostand, au Congrès international des accidents, tenu en octobre 1895 à Milan (1). Mais elle est plutôt posée que résolue. Elle soulève de telles objections que ceux mêmes qui sont les plus sympathiques à son principe et seraient heureux d'y recourir sont obligés de réserver leur adhésion, jusqu'à ce que l'expérience et l'étude aient fait justice des difficultés qui se dressent contre la réalisation pratique de l'idée et sa généralisation.

C'est dans ces dispositions de sympathie, mais de réserve, que la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale a mis au concours, avec un prix de 1 500 francs, la question de l'*Assurance contre le chômage involontaire.*

Cet appel nous a valu deux mémoires, d'étendue et de valeur inégales.

Le premier, qui tient en quelques pages, a pour devise : « *L'assurance est une des formes de la prévoyance sociale.* » Contrairement aux exigences formelles du programme, il s'est complu dans des généralités, d'ailleurs intéressantes, mais ne renferme ni statistiques, ni informations précises sur les diverses causes du chômage et sur les moyens essayés pour le combattre par l'assurance. Aussi ce travail, qui, de l'aveu de l'auteur lui-même, « n'est

1. Voir *Bulletin* du *Comité des accidents*, n° 1 1895, et *Revue d'économie politique*, 1895. Article de M. Jay.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qu'une simple indication », n'a-t-il pu, malgré des qualités réelles, fixer longuement l'attention du Comité.

Il n'en a pas été de même pour un mémoire en deux volumes sous la devise *Excelsior*, qui est une remarquable contribution à l'étude du chômage involontaire et de l'assurance, ainsi que va le démontrer une rapide analyse.

L'auteur a commencé, comme l'y invitait le programme, par essayer d'établir la statistique du chômage. C'est la partie la plus substantielle et la plus méritoire de son travail, celle qui lui a coûté le plus de recherches. Pour l'accomplir, il n'a négligé aucune source d'information ; il a réuni et rapproché pour tous les pays les renseignements existants sur la matière, avec une sagacité très éveillée et une infatigable érudition. Votre Comité signale cet effort, dont il a été très frappé (1).

Ayant accumulé ces constatations, qui montrent la complexité, en même temps que la gravité du chômage, l'auteur s'attache, dans une discussion serrée, à en rechercher et à en classer les causes et les modalités. Le chômage est désigné, étiqueté dans des catégories distinctes, suivant ses origines et ses formes. Tout cela est fouillé, et reste du moins ingénieux, même quand ce n'est pas indiscutable.

Après ces classifications générales, le mémoire s'efforce ensuite de distinguer le chômage, suivant qu'il est personnel ou collectif, qu'il tient à la personne du chômeur ou au métier ; chaque industrie ayant d'ailleurs, à ce point de vue, sa physionomie particulière.

Une fois la situation de fait bien précisée, l'auteur aborde la seconde partie de sa tâche, à coup sûr la plus difficile et la plus glissante, celle de l'assurance contre le chômage involontaire.

Il l'entame prudemment par l'exposé de tout ce qui a été tenté dans cette voie, et il donne une place d'honneur aux *trade unions* anglaises, qui, au nombre de 378 sociétés comprenant 827 840 membres, ont consacré en 1893, à des pensions de chômage, environ 13 millions de francs (512 929 £) (2).

L'Allemagne et les autre pays donnent aussi lieu à quelques applications partielles que l'auteur, toujours sûrement informé, n'a garde d'omettre ; mais c'est sur la Suisse qu'il insiste, parce que c'est dans ce pays que l'assurance a été essayée, à la fois sous la forme de la liberté et sous celle de

(1) Ces renseignements sont consignés méthodiquement dans 69 tableaux, qui sont les *Annexes* du mémoire et en constituent le second volume.

(2) Ces pensions sont organisées, dans les grands syndicats, sur des bases généreuses et varient, suivant la durée de l'allocation, de 12 fr. 50 par semaine pendant les vingt-six premières semaines à 7 fr. 50 au delà de cette période.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'obligation : Berne s'est doté d'une caisse libre, et Saint-Gall d'une caisse obligatoire. Après trois ans d'expérience, cette dernière va être supprimée dans cinq jours, à partir du 30 juin 1897, en vertu d'une décision de l'Assemblée générale des citoyens. Entre autres griefs, on lui a reproché de ne profiter qu'aux mauvais ouvriers, qui dépensaient au cabaret leur indemnité de chômage, et d'attirer à Saint-Gall des éléments suspects, qui spéculaient sur les sacrifices de la communauté pour alimenter leur paresse (1).

« L'expérience tentée à Saint-Gall, disait en manière de conclusion une étude publiée par le Musée Social le 29 novembre 1896, aura eu un bon effet : elle aura du moins appris comment il ne faut pas organiser l'assurance contre le chômage. »

Cet échec et les objections très fortes, qui se dressent contre ce genre d'assurance et dont il fait très loyalement l'exposé, n'ébranlent pas la foi de l'auteur dans l'avenir de cette solution, ni même sa préférence pour la forme obligatoire. Il déclare que ses tendances personnelles le poussent plutôt vers l'obligation, par laquelle seule on atteindra tous les ouvriers ; mais, dans l'état actuel de l'opinion publique, et en l'absence de statistiques suffisantes, il consentirait provisoirement par opportunisme à laisser l'assurance facultative.

La question est actuellement posée en France par une proposition de loi, dont M. Jouffray a saisi le Parlement et qui donne aux communes le droit d'organiser l'assurance obligatoire. D'autre part, la Chambre vient, il y a quelques jours, le 4 juin dernier, d'introduire dans la loi sur les sociétés de secours mutuels une disposition qui les autorise « à accorder des allocations en cas de chômage ». Reste à savoir si cette addition, que d'aucuns jugent inquiétante, trouvera grâce devant le Sénat.

Il n'entre pas dans le plan de ce court rapport de discuter une aussi grosse question que celle du chômage et d'en examiner les divers aspects. Notre but sera atteint, si nous avons pu faire pressentir l'intérêt du mémoire présenté à notre concours. Bien que sa partie économique ne soit pas à la hauteur de sa partie statistique et ne permette pas de lui décerner le prix intégral, il a droit du moins à une récompense qui soit un témoignage d'estime et un encouragement.

Aussi, sur la proposition du Comité du commerce, le Conseil a-t-il attribué une somme de 500 francs au mémoire dont le pli cacheté porte la devise : *Excelsior*, et qui sera ouvert si l'auteur en fait la demande.

E. Cheysson.

(1) Circulaire du *Musée Social*, série B, p. 144.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MÉDAILLES

I. LISTE DES MÉDAILLES DÉCERNÉES PAR LA SOCIÉTÉ POUR DES INVENTIONS OU DES PERFECTIONNEMENTS AUX ARTS INDUSTRIELS

MÉDAILLES D'OR

Nos d'ordre.	NOMS DES LAURÉATS.	NOMS DES RAPPORTEURS nommés par les comités.	INVENTIONS OU PERFECTIONNEMENTS qui ont motivé les médailles.
	MM.	MM.	
1	Baudran.	Paulet.	Ouvrage sur les habitations dans le département de l'Oise.
2	Brillié et Dubois.	Hirsch.	Auto-indicateur (1).
3	Hamelle et Chedville.	Simon.	Tissus en amiante (2).
4	Lencauchez.	Jordan.	Gazogènes.
5	Rivoire.	Imbs.	Piano-enregistreur (3).
6	Minet.	Fontaine.	Travaux d'électro-métallurgie (4).
7	Singrun.	Hirsch.	Turbines hydrauliques (5).
8	Steinheil.	De Luynes.	Ouvrage sur la reproduction des couleurs.

MÉDAILLES D'ARGENT

	MM.	MM.	
1	Barillot.	Risler.	Ouvr. d'enseignement agricole (6).
2	Bishop.	Bérard.	Essai des huiles (7).
3	Faucherre.	Appert.	Fabrication de tuyaux en ciment (8).
4	Lemale.	Pector.	Ouvrage : *la Normandie monumentale* (9).
5	Livache.	Muntz.	Mémoire sur l'*utilisation des ordures ménagères* (10).
6	Suisse.	Fontaine.	Lampe à arc (11).

(1) *Bulletin* de mai 1897, p. 593. — (2) *Bulletin* de juin 1896, p. 829. — (3) *Bulletin* d'août 1896, p. 1061. — (4) *Bulletin* de mai 1897, p. 619. — (5) *Bulletin* de novembre 1896, p. 1409. — (6) *Bulletin* de mai 1897, p. 616. — — (7) *Bulletin* de mai 1897, p. 628. — (8) *Bulletin* de mars 1897, p. 317. — (9) *Bulletin* d'avril 1897, p. 458. — (10) *Bulletin* de février 1897, p. 172. — (11) *Bulletin* de mai 1897, p. 622.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nos d'ordre.	NOMS DES LAURÉATS.	NOMS DES RAPPORTEURS nommés par les comités.	INVENTIONS OU PERFECTIONNEMENTS qui ont motivé les médailles.
		MÉDAILLES DE BRONZE	
	MM.	MM.	
1	BEUTIER.	DE ROMILLY.	Chauffe-bains (1).
2	DANDOIS.	APPERT.	Vitraux (2).

(1) *Bulletin* de mars 1897, p. 319. — (2) *Bulletin* d'avril 1897, p. 456.

Les Secrétaires de la Société,

ED. COLLIGNON, Inspecteur général des Ponts et Chaussées.

AIMÉ GIRARD, Membre de l'Institut, professeur au Conservatoire national des Arts et Métiers

DISTRIBUTION DES MÉDAILLES

DÉCERNÉES POUR LES INVENTIONS UTILES OU LES PERFECTIONNEMENTS DANS LES ARTS INDUSTRIELS

Rapports des différents Comités

(Voir le tableau ci-dessus)

MÉDAILLES D'OR

ARTS CHIMIQUES

RAPPORT fait par **M. S. Jordan**, au nom du *Comité des Arts Chimiques, sur l'ensemble des travaux de* **M. A. Lencauchez** *sur les chauffages aux gaz, et notamment sur leurs applications métallurgiques.*

M. A. Lencauchez, ingénieur, n'est point un inconnu pour la Société d'Encouragement, qui lui a décerné, ainsi qu'à son collaborateur M. E. Durant, sur le rapport de MM. Hirsch et Brüll, une médaille d'or en 1896, pour l'ensemble de leurs travaux pour l'amélioration des machines à vapeur, et en particulier des locomotives, travaux ayant conduit à la création d'un nouveau système de distribution Durant et Lencauchez.

Cependant M. Lencauchez est peut-être plus connu des industriels pour

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ses travaux relatifs aux gazogènes et aux fours à gaz que pour ceux relatifs aux machines à vapeur. A la Société même, il a fait, le 11 novembre 1892, une intéressante communication sur les gazogènes et sur la transformation des combustibles solides en gaz combustibles, et il lui a aussi adressé, à plusieurs reprises, ses publications sur le chauffage au gaz.

Depuis plus de trente années, en effet, cet ingénieur s'est voué à la question de la gazéification des combustibles solides, et de l'emploi des gaz au chauffage des fourneaux industriels, et spécialement de ceux employés dans les usines métallurgiques. Dès 1865, il étudiait un système de brûleur-chalumeau qui fut essayé chez MM. de Wendel, à Hayange.

Peu après, cherchant à éviter l'emploi des accumulateurs à empilages, répandus dans la pratique par MM. Siemens, ainsi que celui des valves d'inversion nécessitées par ces accumulateurs de chaleur, il créait, avec MM. Gaillard et Haillot, un récupérateur-calorifère céramique, qui a trouvé de nombreux emplois soit pour le chauffage des fours à cornues pour gaz d'éclairage, soit pour celui de fourneaux métallurgiques, comme ceux destinés à l'affinage, au réchauffage, au recuit du cuivre et du laiton, soit encore dans des verreries, des émailleries, des fabriques de produits chimiques, en un mot, pour les chauffages où la température n'est pas trop élevée pour empêcher le bon fonctionnement de ces calorifères céramiques. En même temps, M. Lencauchez étudiait pratiquement et théoriquement les gazogènes, modifiait profondément le gazogène à plan incliné et à tirage naturel, adopté dès l'origine par les Siemens pour leurs fours à gaz, apprenait à l'approprier aux divers combustibles solides, crus ou carbonisés, et se trouvait en situation de fournir à l'industrie des types divers de gazogènes appropriés aux divers besoins aussi bien des appareils de chauffage que des moteurs dits à gaz pauvres. L'industrie en a largement profité, et le nombre des gazogènes établis par M. Lencauchez pour les services les plus divers est maintenant très considérable. Ses travaux ont servi aussi à bon nombre d'autres ingénieurs et constructeurs, qui ont pu profiter des idées émises par lui, et publiées dans de nombreux mémoires à diverses sociétés techniques, et dans son importante *Étude sur les combustibles,* datant de 1878.

Revenant à l'emploi des accumulateurs à empilages, avec inversion des courants gazeux, pour les chauffages à très haute température, M. Lencauchez a étudié les fours de fabrication d'acier sur sole, et y a apporté divers perfectionnements. Ses services, dans cette direction, sont hautement appréciés, comme votre rapporteur a pu s'en convaincre personnellement, dans

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

plusieurs de nos aciéries, qui ont eu recours à sa grande expérience pratique des fours à gaz soit pour la construction d'appareils nouveaux, soit pour la correction ou l'amélioration d'appareils déjà construits. Il a, dans ces deux ou trois dernières années, cherché à perfectionner encore les fours à acier sur sole : non content de se servir d'*air primaire* pour la génération du gaz dans les gazogènes, d'*air secondaire* chauffé dans les accumulateurs pour la combustion du gaz dans les brûleurs, il veut employer de l'*air ternaire*, insufflé pour diriger et concentrer l'action de la flamme dans le laboratoire du four, et aussi pour obtenir, dans ce laboratoire, des actions oxydantes ou affinantes plus énergiques. Plusieurs fours à sole ainsi modifiés ont été construits en France et en Russie.

Bien qu'une pratique suffisamment prolongée n'ait pas encore permis à votre rapporteur de constater si les résultats de cette idée de M. Lencauchez correspondent à ses espérances, il y voit une nouvelle preuve de la complète connaissance que l'inventeur possède des ressources de l'emploi du chauffage au gaz dans les fourneaux métallurgiques. M. Lencauchez est l'auteur de nombreux rapports et mémoires publiés par la Société des Ingénieurs civils de France, par la Société de l'Industrie minérale, par la Société technique de l'Industrie du Gaz, par l'Institut du Fer et de l'Acier en Angleterre, etc.

Votre Comité des Arts chimiques vous propose, Messieurs, de récompenser les longs et importants travaux industriels de M. Lencauchez en lui accordant une médaille d'or.

COMMERCE

Rapport fait par **M. G. Paulet**, au nom du *Comité du Commerce*, *sur l'ouvrage de* **M. G. Baudran**, *ayant pour titre L'habitation dans le département de l'Oise, son hygiène.*

L'ouvrage présenté par M. G. Baudran à la Société d'Encouragement se rattache à la grande enquête provoquée par le Comité des travaux historiques et scientifiques et lui apporte la contribution d'une excellente monographie départementale.

L'auteur débute par une étude générale du département de l'Oise; il rappelle les éléments complexes de sa formation territoriale; il l'examine au point de vue géologique et démographique.

Puis, arrondissement par arrondissement; souvent même canton par canton, ou groupement par groupement, il recherche l'état actuel de l'habi-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tation. Passant successivement en revue, dans les divers centres choisis comme types, la grande ou moyenne exploitation agricole, la grande ou moyenne maison bourgeoise, la maison ouvrière ou villageoise, il nous dit son orientation commune, les matériaux entrés dans sa construction, sa valeur moyenne, ses dimensions et dispositions courantes, ses annexes ménagères ou horticoles, ses aménagements intérieurs, ce qu'elle est et surtout ce qu'elle devrait être au point de vue de l'hygiène.

Une illustration très nourrie et très heureusement choisie traduit à l'œil l'aspect général des maisons envisagées et achève de donner au lecteur des impressions nettes et caractéristiques. Ce qui fait le prix des renseignements ainsi mis en œuvre, c'est, avant tout, leur exactitude minutieuse et leur précision technique. M. Baudran ne s'est point contenté de ses explorations personnelles; il a réclamé et obtenu, dans maintes localités, le concours de conducteurs des ponts et chaussées ou d'agents voyers, qui viennent déposer à son enquête. Leurs notices partielles, rédigées sur place, au contact journalier des habitations et des habitants, peignent et font vivre, par échappées, les différentes agglomérations du département.

Il est peut-être permis de regretter que la compétence et les recherches de l'auteur ne se soient pas plus spécialement attachées aux maisons modestes de la population ouvrière et paysanne, aux insuffisances et aux dangers qu'elles décèlent, aux améliorations qui, suivant les localités, apparaîtraient immédiatement réalisables. Mais, si l'on peut désirer encore, pour le département de l'Oise, ces études d'amendements pratiques, on ne pouvait attendre meilleure ni plus large préface aux tentatives locales.

Il est à souhaiter que pareil exemple soit suivi et que chaque département tienne à honneur de faire de même son inventaire immobilier et de dresser, pour ainsi parler, le cadastre hygiénique et moral de l'habitation française.

MÉDAILLES DUMAS

Rapport sur l'institution, par la *Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale* de *médailles d'argent destinées aux ouvriers devenus directeurs d'usine ou chefs d'un service important dans un grand établissement industriel et agricole*, présenté par **M. Aimé Girard**.

Le 22 septembre 1830, il y aura bientôt soixante-sept ans, la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale inaugurait une œuvre grande et féconde.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pour les contremaîtres et ouvriers des établissements industriels ou agricoles de toute la France, dans le but de les exciter à se distinguer dans leur profession et d'encourager ceux qui se font le plus remarquer par leur bonne conduite et les services qu'ils rendent aux chefs qui les emploient, elle instituait un ordre de récompenses spécial représenté par des médailles qu'accompagne un lot de livres d'une valeur de 50 francs.

Aujourd'hui, elle perfectionne son œuvre en instituant des médailles d'un ordre plus élevé, *en faveur des ouvriers qui, sans quitter les ateliers, se sont peu à peu élevés jusqu'au rang de directeur d'usine ou de chef d'un service important dans un grand établissement agricole et industriel.*

C'est d'un même sentiment démocratique que nos prédécesseurs se sont inspirés en 1830, et que la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale s'inspire aujourd'hui.

Dans le remarquable rapport par lequel il a préparé jadis la décision de la Société, Francœur exposait ainsi le but de l'institution nouvelle : « Les récompenses décernées par la Société, disait-il, ne descendent pas jusqu'aux ateliers mêmes ; accordées aux propriétaires des grands établissements, aux hommes de génie qui fécondent les théories de la science en les appliquant à nos besoins, aux capitalistes qui consacrent leur fortune à la prospérité du commerce et des manufactures, elles ne s'adressent qu'aux sommités de l'industrie ; les ouvriers n'y ont jamais participé, et pourtant, il arrive souvent que le succès d'une entreprise est, en grande partie, dû au talent et à l'activité de contremaîtres, qu'un long exercice de leur profession, un don spécial de la nature on un zèle qui n'a craint aucune fatigue ont rendus nécessaires à l'établissement qu'ils dirigent. »

Vous savez quels fruits a portés l'institution de ces médailles ; chaque année des candidats nombreux sont présentés à votre choix, et c'est au chiffre de 50 à 60 que s'élève, chaque année aussi, le nombre des médailles que vous décernez aux ouvriers et contremaîtres des établissements agricoles et industriels de toute la France.

L'influence que ces récompenses exercent dans nos exploitations et dans nos manufactures est considérable et, plus d'une fois, on a vu les contremaîtres distingués par vous s'élever ensuite à une haute situation. C'est ainsi que, dans la liste de vos médaillés, on voit, en 1831, figurer le contremaître Cail, qui, présenté par le manufacturier Derosne, devait plus tard, associé à celui-ci, devenir le chef de la grande maison de construction que le monde entier connaît.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pour déterminer son choix entre les concurrents que nos agriculteurs et nos industriels lui présentent, la Société, fidèle aux conditions sévères qu'elle même a posées dès l'origine, exige de ces concurrents des titres dont la valeur et le niveau vont chaque année s'élevant davantage, si bien que médaillés par la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale, contremaîtres et ouvriers, peuvent être, dorénavant, comptés parmi les meilleurs et les plus distingués collaborateurs de l'agriculture et de l'industrie française.

Cependant, ce n'est pas toujours au rang de contremaître que s'arrête, dans l'usine ou dans l'exploitation rurale, l'avancement hiérarchique de l'ouvrier; il en est, et ils sont plus nombreux qu'on ne pense, qui franchissant un échelon encore, méritent d'être placés à la tête de cette usine ou de cette exploitation.

Combien grands sont alors les mérites de tels hommes ! Simples ouvriers au début, petits apprentis quelquefois, il leur a fallu, utilisant pour leur instruction les heures qu'ils auraient pu consacrer au repos, acquérir aux cours du soir la connaissance technique qu'ils n'ont pu aller chercher dans les écoles; pendant de longues années, ils ont dû se distinguer par leur bonne conduite, par l'ordre et la méthode imprimés à leurs travaux; leur zèle, leur dévouement à l'établissement auquel ils sont attachés, ont dû être leur règle de tous les jours; il leur a fallu, enfin, apprendre la science du commandement, bien plus difficile, certes, que la science de l'obéissance.

On admire, en vérité, que tant de mérites, tant de vertus se trouvent réunis; on les rencontre cependant chez certains hommes, et leur rencontre est, aujourd'hui surtout, singulièrement réconfortante. Elle nous montre la force et la vitalité de ces idées de démocratie féconde que le peuple, dans son langage pittoresque, a si bien caractérisé en disant que tout soldat a dans sa giberne le bâton du maréchal de France... Tout apprenti a dans sa tête et dans son cœur les outils de sa fortune.

Quand il a su conquérir cette fortune, le directeur d'usine ou le chef d'un grand service dans un établissement important, est, en réalité, devenu l'un des membres les plus utiles de la Société; c'est l'exemple vivant du progrès intellectuel et moral.

A des hommes d'un tel mérite, la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale qui, depuis un siècle tout à l'heure, s'est donné la mission d'encourager par tous les moyens à sa portée l'agriculture, l'industrie et le commerce de la France, a pensé qu'elle devait une récompense spéciale, et elle a décidé que chaque année, à partir de 1897, elle décernera des médailles

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'argent de grand module aux ouvriers qui, sans quitter les ateliers, se sont élevés au rang de directeur d'usine ou de chef d'un service important dans un grand établissement agricole ou industriel.

Afin de rehausser l'éclat de ces médailles, la Société entend en limiter la distribution à un petit nombre.

Pour concourir à ces récompenses, les seules conditions à remplir seront d'appartenir à la nationalité française et d'être présenté à la Société par les personnes auxquels appartiennent les établissements dont les concurrents font partie.

M. Louis Duboc, né à Puteaux, le 29 novembre 1848, est entré en 1862 dans la fabrique de cuirs vernis de M. Charles Soyer comme apprenti corroyeur. Depuis cette époque, il n'a pas quitté l'usine de Puteaux. Attaché aux ateliers de vernissage en 1870, il devient, en 1873, contremaître d'une partie de ces ateliers, puis il est chargé en 1878 de la fabrication générale du vernis. Enfin, en 1888, il est appelé à la direction de l'établissement, position qu'il occupe encore aujourd'hui.

Pendant les trente-cinq années qu'il a passées dans la même usine, M. Duboc s'est fait remarquer autant par son dévouement à ses fonctions que par l'extrême honorabilité de son caractère.

Ce sont ces mérites que la Société d'Encouragement veut reconnaître en décernant à M. Duboc l'une des médailles qu'elle vient d'instituer en faveur des ouvriers devenus directeurs d'usines.

M. Montreuil (Thomas-Célestin), né à Paris le 6 décembre 1837, est, aujourd'hui, en qualité de prote, chef du service de l'imprimerie chez MM. Gauthier-Villars et fils, imprimeurs-libraires des *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, du Bureau des longitudes, de l'École polytechnique, etc., quai des Grands-Augustins, 55, à Paris.

A l'âge de treize ans, le 1er octobre 1850, M. Montreuil entrait comme apprenti à l'imprimerie Lahure, pour, ensuite, après avoir été achever son apprentissage à l'imprimerie de l'abbé Migne, entrer comme compositeur chez M. Mallet-Bachelier, prédécesseur de MM. Gauthier-Villars et fils. Pendant onze ans, il est resté à ce poste, s'y faisant remarquer par son habileté professionnelle, comme aussi par son zèle et par son dévouement; il le quit-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tait, cependant, le 13 janvier 1866, pour prendre la situation de metteur en pages de divers journaux ; mais ce n'était là qu'une absence passagère, et, le 5 juin 1871, il rentrait à l'imprimerie Gauthier-Villars comme chef du matériel, pour enfin s'y élever, presque aussitôt, le 31 décembre 1871, à la situation de prote, qu'il n'a pas quittée depuis, et qu'il occupe par conséquent depuis vingt-six ans.

Les mérites de M. Montreuil ont reçu déjà d'importantes consécrations officielles : à l'Exposition de 1878, en effet, il obtenait une médaille d'argent comme collaborateur de la maison Gauthier-Villars ; à l'Exposition de 1889, comme collaborateur également, une médaille d'or ; en 1879, il était nommé Officier d'académie ; en 1883 enfin, il recevait la croix de chevalier de la Légion d'honneur.

La Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale est heureuse de s'associer à ces marques d'estime, en décernant à l'ancien apprenti, devenu aujourd'hui chef d'un service important dans un grand établissement industriel, l'une des nouvelles médailles qu'elle vient d'instituer.

MÉDAILLES COMMÉMORATIVES

Le Conseil d'administration a décidé d'offrir aux personnes qui ont bien voulu faire des conférences intéressant la Société des médailles commémoratives en argent, à titre de remerciement, pour marquer l'intérêt avec lequel elles ont été accueillies.

Ces médailles sont remises à

MM. Chamerot, séance du 26 février 1897. — *L'imprimerie* (1).
Cheysson, séance du 11 juin 1897. — *Les caisses de prévoyance.*
Falize, séance du 26 mars 1897. — *La bijouterie.*
Le Chatelier, séance du 28 mai 1897. — *Le grisou.*
Levasseur, séance du 30 avril 1897. — *L'ouvrier américain* (2).
Lyon, séance du 22 janvier 1897. — *Les instruments de musique.*
P. Renaud, séance du 8 janvier 1897. — *Applications de l'électricité comme force motrice à l'agriculture* (3).
Sauvage, séance du 27 novembre 1896. — *La machine à vapeur.*
Thierry, séance du 9 avril 1897. — *Les transporteurs funiculaires.*

(1) *Bulletin* d'avril 1897, p. 460.
(2) *Bulletin* de juillet, 1897, p.
(3) *Bulletin* de mai 1897, p. 659.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MÉDAILLES

II. LISTE DES CONTREMAITRES ET OUVRIERS AUXQUELS ONT ÉTÉ DÉCERNÉES DES MÉDAILLES D'ENCOURAGEMENT

Nos d'ordre.	NOMS ET PRÉNOMS.	ANNÉES DE SERVICE.	ÉTABLISSEMENTS AUXQUELS ILS APPARTIENNENT.
	MM.		
1	Accard (Gustave)	41	Ouvrier monteur aux *ateliers de Sotteville. Chemin de fer de l'Ouest.*
2	Batut (Pierre)	29	Contremaître aux *anciens établissements Cail.*
3	Beau (Auguste).	30	Chef d'équipe à l'*atelier des presses* de la *stéarinerie de l'Étoile.*
4	Bidon (Pierre).	40	Contremaître de fabrication à la *Compagnie parisienne de chauffage et d'éclairage par le gaz.*
5	Bompuy (Honorat).	38	Ouvrier tourneur aux *ateliers de Marseille. Chemin de fer de P.-L.-M.*
6	Bossu (Claude-François). . . .	41	Distributeur aux *magasins des mines de Chazotte.*
7	Brossier (Alexis)..	29	Ouvrier outilleur aux *ateliers de Vaugirard. Chemin de fer de l'Ouest.*
8	Brulé (Victor)..	32	Ouvrier chaudronnier chez *M. Hersent.*
9	Carré (Constant)..	38	Plombier aux *anciens établissements Cail.*
10	Catel (Louis).	40	Contremaître chez *MM. Poure et O'Kelly*, à Boulogne-sur-Mer.
11	Cavelier (Amand)	45	Ouvrier tisserand chez *M. Simon fils aîné* à Elbeuf.
12	Creville (Gilbert).	42	Ouvrier à la *houillère de Bezenet* (Allier) appartenant à la *Compagnie des forges de Châtillon et Commentry.*
13	Clairet (Michel).	40	Chef de l'atelier de la préparation des vernis chez *MM. Lefranc et Cie, fabricants de couleurs et vernis*, à Paris.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nos d'ordre.	NOMS ET PRÉNOMS.	ANNÉES DE SERVICE.	ÉTABLISSEMENTS AUXQUELS ILS APPARTIENNENT.
	MM.		
14	Decarne (Louis).	40	Tonnelier à l'*usine de Saint-André*, appartenant à la *Société des Manufactures de produits chimiques du Nord* (*anciens établissements Kulhmann*).
15	Dérez (Gustave).	47	Ancien ouvrier, actuellement concierge à l'*usine de Chauny* (Aisne), appartenant à la *Compagnie de Saint-Gobain, Chauny et Cirey*.
16	Desruelles (Auguste)..	37	Chef de l'atelier de revivification du noir aux *usines de la Société des amidonnerie et glucoserie* (*ancien établissement Verley*), à Haubourdin (Nord).
17	Diellenseger (Aloyse)..	28	Chef de chantier à la *fabrique de caoutchouc de M. Torrillon et Cie*, à Chamalières et Royat (Puy-de-Dôme).
18	Dorival (Jacques).	50	Peintre aux *ateliers de Sotteville. Chemin de fer de l'Ouest*.
19	Duvert (Émile).	33	Conducteur de machine à la *Manufacture de papiers peints* de *MM. Isidore Leroy et fils*, à Paris.
20	Epicier (Jean).	38	Brigadier peintre aux *ateliers de Clermont-Ferrand. Chemin de fer de P.-L.-M.*
21	Eve (Gustave).	23	Contremaître adjoint aux *ateliers des Batignolles. Chemin de fer de l'Ouest*.
22	Fayol (Jean).	25	Coupeur aux *ateliers de vêtements imperméables de MM. Torrillon et Cie*, fabricants de caoutchouc à Chamalières et Royat (Puy-de-Dôme).
23	Flick (Mme veuve Louise-Irma).	30	Ouvrière mouleur à la *faïencerie de Choisy-le-Roi* (*H. Boulenger et Cie*) (Seine).
24	Françua (Jean)	26	Contremaître à la *sucrerie-raffinerie de Bourdon* (Puy-de-Dôme).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nos d'ordre.	NOMS ET PRÉNOMS.	ANNÉES DE SERVICE.	ÉTABLISSEMENTS AUXQUELS ILS APPARTIENNENT.
	MM.		
25	Froissard (Noël)..	35	Sous-chef monteur aux *ateliers de Mohon. Chemin de fer de l'Est.*
26	Giorcelli (Jean-Louis).	32	Chef de l'*atelier de guillochage et de gravure* chez *MM. Christofle et Cie*, orfèvres à Paris.
27	Goulay (Romain)..	50	Chef monteur aux *ateliers de Sotteville. Chemin de fer de l'Ouest.*
28	Gross (Jean)..	36	Chef traceur aux *anciens établissements Cail.*
29	Harmance (Louis).	30	Préposé aux *eaux, ateliers de Sotteville. Chemin de fer de l'Ouest.*
30	Haudebourg (Albert).	36	Surveillant à l'*usine d'Amiens* (Somme), appartenant à la *Société des Manufactures de produits chimiques du Nord (anciens établissements Kulhmann).*
31	Jeannon (Charles).	39	Contremaître aux *ateliers d'Épernay. Chemin de fer de l'Est.*
32	Jenin (Eugène)..	38	Ajusteur aux *ateliers d'Oullins. Chemin de fer de P.-L.-M.*
33	Jury (Pierre)..	50	Chef du *service des réparations du matériel de chaudronnerie à la sucrerie-raffinerie de Bourdon* (Puy-de-Dôme).
34	Launoy (Désiré).	30	Contremaître emballeur chez *M. Bessède fils*, à Marseille.
35	Lécrivain (Mme Pauline). . . .	44	Ouvrière à l'*atelier d'encartage de MM. Poure O'Kelly*, à Boulogne-sur-Mer.
36	Lejeune (Antoine).	37	Chaudronnier aux *anciens établissements Cail.*
37	Leroy (Charles).	41	Chef de l'*atelier des machines. Imprimerie Belin.*
38	Maitre (César)	30	Ouvrier à la *Pharmacie centrale de France*, à Paris.
39	Martini (Gaspard).	43	Conducteur de machines à la *papeterie de MM. Darblay père et fils*, à Essonnes (Seine-et-Oise).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nos d'ordre.	NOMS ET PRÉNOMS.	ANNÉES DE SERVICE.	ÉTABLISSEMENTS AUXQUELS ILS APPARTIENNENT.
	MM.		
40	Muller (René)..	26	Contremaître de l'*atelier de mécanique de précision à la manufacture d'orfèvrerie de MM. Christofle et Cie*, à Paris.
41	Noel (Émile)..	36	Conducteur de machines à la *manufacture de papiers peints de MM. Isidore Leroy et fils*, à Paris.
42	Osselin (Louis).	43	Ouvrier aux *fours à sels caustiques de la fabrique de produits chimiques de Chauny* (Aisne), appartenant à la *Compagnie de Saint-Gobain, Chauny et Cirey*.
43	Piat (Mme Thérèse-Eugénie).. .	38	Contremaîtresse aux *usines de la Société française de munitions de chasse, de tir et de guerre* (*anciens établissements Gévelot et Goupillat*).
44	Piot (Pierre)..	17	Chef d'atelier aux *usines de construction mécanique de MM. Brault, Teisset et Gillet*, à Chartres.
45	Plaisance (Mme Rosalie).. . . .	37	Ouvrière aux *usines de la Compagnie française d'entreprises militaires et civiles* (*anciens établissements Godillot et Helbronner*).
46	Pouly (Fortuné).	25	Chef de l'*atelier des modèles de charpente, charronnage et menuiserie aux usines de la Société du ciment français*, à Boulogne-sur-Mer.
47	Puget (Jean).	39	Chef d'équipe d'ajusteurs aux *ateliers d'Oullins. Chemin de fer de P.-L.-M.*
48	Raeiter (Auguste-Désiré). . . .	21	Contremaître chez *M. Legat*.
49	Ramaugé (Édouard).	30	Imprimeur à la *faïencerie H. Boulenger et Cie*, à Choisy-le-Roi (Seine).
50	Rivaillon (Jean-Louis).	33	Contremaître aux *forges de la Société nouvelle des fonderies et ateliers de construction de Fourchambault et Lapique* (Nièvre).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nos d'ordre.	NOMS ET PRÉNOMS.	ANNÉES DE SERVICE.	ÉTABLISSEMENTS AUXQUELS ILS APPARTIENNENT.
	MM.		
51	ROCHETTE (Gustave).	19	Contremaître de l'*atelier de menuiserie*, chez *MM. Brault, Teisset et Gillet*, à Chartres.
52	SÈVRE (Germain)..	34	Chef mouleur aux *usines de la Société nouvelle des fonderies et ateliers de construction de Fourchambault et Lapique* (Nièvre).
53	SURAY (Joseph-Auguste). . . .	30	Ouvrier scieur à la *fabrique de crayons de MM. Gilbert et Cie*, à Givet (Ardennes).
54	TOUSSAINT (Louis-Alfred).. . .	20	Chef de faction du *service des réparations, à la papeterie de MM. Darblay père et fils*, à Essonnes (Seine-et-Oise).
55	VACHER (Louis-Désiré).	46	Chef de l'*atelier de menuiserie à la Compagnie parisienne de chauffage et d'éclairage par le gaz*, à Paris.
56	VAUCLARD (Charles)..	47	Contremaître du *train de machines à l'usine de Saint-Jacques*, à Montluçon (Allier), appartenant à la *Compagnie des forges de Châtillon et Commentry*.

Les Secrétaires de la Société,

ED. COLLIGNON,
Inspecteur général
des Ponts et Chaussées.

AIMÉ GIRARD,
Membre de l'Institut,
Professeur au Conservatoire national
des Arts et Métiers.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MÉDAILLES

DÉCERNÉES AUX CONTREMAITRES ET OUVRIERS DES ÉTABLISSEMENTS MANUFACTURIERS ET AGRICOLES

(Voir le tableau pages 918 et suiv.)

1. Accard (Gustave).

M. Accard, âgée de 55 ans, père de cinq enfants, compte quarante et une années de services aux ateliers de la Compagnie de l'Ouest, à Sotteville, où il s'est constamment fait remarquer par son exactitude, son zèle, son activité, sa moralité et sa probité au-dessus de tout éloge.

2. Batut (Pierre).

Né à Decazeville, le 15 juin 1844, entré aux établisssements Cail le 4 avril 1868, M. Batut y est actuellement contremaître de l'atelier de montage. Intelligent et dévoué, il a su mener à bonne fin le montage d'un grand nombre de sucreries dans des circonstances parfois très difficiles.

3. Beau (Auguste).

M. Beau a aujourd'hui 70 ans, il est né, en effet, le 28 septembre 1817 au Pont-d'Aubenas (Ardèche). Il est entré à la stéarinerie de l'Étoile, à Paris, le 28 décembre 1866, et depuis cette date, il a toujours travaillé dans les ateliers de cette usine ; il y a, depuis trente ans, occupé des postes divers et est enfin devenu chef d'équipe à l'atelier des presses pour la fabrication de l'acide stéarique. Dans toutes les positions où il a été successivement placé, M. Beau a pu être cité comme un modèle pour sa conduite, son assiduité au travail et son habileté professionnelle.

4. Bidon (Pierre).

M. Bidon, né à Paris le 28 mai 1839, est entré il y a quarante ans (en 1857) comme chauffeur aux usines qui, aujourd'hui, appartiennent à la Compagnie parisienne de Chauffage et d'Éclairage par le Gaz; pendant dix-huit ans il a occupé ce poste, pour ensuite, en 1875, être promu au rang de contremaître de la fabrication à l'usine à gaz de Vaugirard. Comme ouvrier, il s'est fait remarquer par son travail et sa conduite ; comme contremaître, il s'est montré vigilant et scru-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

puleux dans son service ; il a toujours été bienveillant, sans faiblesse, pour le personnel placé sous ses ordres, et il a acquis une expérience très utile dans la conduite des fours Siemens.

5. Bompuy (Honorat).

Né à Arles le 4 mai 1840, M. Bompuy est entré au service de la Compagnie Paris-Lyon le 26 février 1855, en qualité d'apprenti ajusteur aux ateliers du matériel à Arles ; il est actuellement sous-chef de traction à la 8e Section. Pendant ses trente-huit années de services, M. Bompuy s'est toujours montré d'une conduite exemplaire, d'une grande activité et s'est distingué par ses aptitudes particulières.

6. Bossu (Claude-François).

M. Bossu, né le 23 avril 1884 à Saint-Paul-en-Jarret, est entré en 1855 aux mines de la Chazotte, où il occupe actuellement le poste de distributeur aux magasins d'approvisionnement. Il s'est constamment montré dévoué, très actif et d'une conduite exemplaire.

7. Brossier.

Ouvrier outilleur aux ateliers de Vaugirard, Chemins de fer de l'Ouest, M. Brossier a, pendant vingt-neuf années de services, donné pleine satisfaction par sa conduite, son travail et ses capacités professionnelles.

8. Brulé (Victor).

Entré au service de M. Hersent comme chaudronnier, en 1865, M. Brulé a rendu des services très appréciés dans le montage des ponts et divers travaux publics tant en France qu'à l'étranger. D'une excellente conduite, dévoué, exact et intelligent, M. Brulé a su élever convenablement une famille de cinq enfants.

9. Carré (Constant).

Né à la Ferté-Saint-Aubin (Loiret), le 2 mai 1837, M. Carré est entré aux établissements Cail le 26 avril 1859 en qualité de plombier. C'est un ouvrier sérieux, habile et dévoué ; il a obtenu en 1893 une médaille d'honneur du Ministre du Commerce.

10. Catel (Louis).

M. Catel compte quarante ans de services dans la manufacture de plumes métalliques de MM. Poure et O'Kelly, à Boulogne-sur-Mer, où il est entré le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

22 juillet 1856. Il est actuellement contremaître d'un atelier de précision. Il a donné toute satisfaction par son assiduité, son activité, son intelligence et son habileté.

11. Cavelier (Amand).

M. Cavelier compte quarante-cinq années de services, comme tisserand, chez M. Simon fils, à Elbeuf. Son zèle et son dévouement sont dignes des plus grands éloges.

12. Cheville (Gilbert).

M. Cheville est né à Doyet (Allier) le 6 mai 1829. En 1853, il entrait au service de la Société des Forges de Châtillon et Commentry, où depuis quarante-deux ans il occupe, à la Houillère de Bezenet (Allier), le poste de piqueur et de boiseur; M. Cheville s'est, pendant cette longue période, fait remarquer par son excellente conduite; à plusieurs reprises, il a fait preuve de dévouement et de courage, en se signalant aux feux qui se déclaraient dans la mine. Il a pendant longtemps été chargé de la surveillance et de l'entretien des barrages d'incendie et s'est particulièrement distingué dans ces travaux dangereux.

13. Clairet (Michel).

M. Clairet est né à Rougnat, canton d'Auzances (Creuse), le 11 octobre 1845; à l'âge de 29 ans (11 mai 1875) il est entré comme simple manœuvre à l'usine d'Issy, chez M. Lefranc et Cie, fabricants de couleurs et vernis, et bientôt il s'y faisait remarquer par sa conduite exemplaire et par son intelligence. Passant rapidement par les divers postes que comprend la fabrication du vernis, rendant, dans chacun d'eux des services techniques importants, M. Clairet s'est peu à peu élevé au rang de directeur de l'atelier chargé de la préparation définitive de ces produits, poste important par les soins et l'aptitude spéciale qu'il exige. Particulièrement estimé par ses camarades, écouté par eux, M. Clairet a puissamment aidé à répandre dans l'atelier qu'il dirige les idées d'ordre, de bonne conduite et d'économie.

14. Decarne (Louis).

M. Decarne, né à Saint-André-en-Lille (Nord), compte aujourd'hui quarante-ans de services à la manufacture de Saint-André, appartenant à la Société des Manufactures de Produits chimiques du Nord (ancien établissements Kulhmann). Il y est entré le 8 juin 1857 comme ouvrier tonnelier, et c'est dans la même situation qu'on le retrouve aujourd'hui. Très intelligent, discipliné, d'une exactitude absolue au travail, M. Decarne a acquis dans sa profession une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

habileté particulière. Il est, à juste titre, considéré comme l'un des meilleurs ouvriers de la Société des Manufactures de Produits chimiques du Nord.

15. Dérez (Gustave).

M. Dérez, né à Sainceny le 9 avril 1837, est entré, le 1er janvier 1850, à la glacerie de Chauny, faisant partie des établissements de la Compagnie de Saint-Gobain, Chauny et Cirey. Employé successivement au douci, au savonnage, et enfin au polissage des glaces, M. Dérez s'est toujours signalé par son excellente conduite, par son dévouement et par son habileté professionnelle. Une blessure causée par un débris de glace lui a fait perdre l'usage de la main droite ; il a dû quitter les ateliers, et la Compagnie, en le choisissant comme concierge de l'usine, lui a donné un poste de confiance.

16. Desruelles (Auguste).

M. Desruelles, né à Halluines-le-Haubourdin (Nord) le 9 novembre 1834, est entré aux usines de MM. Verley frères au mois de mars 1860 ; il compte par conséquent dans ces usines, qui aujourd'hui appartiennent à la Société anonyme des Amidonneries et Glucoserie, trente-six ans d'excellents services. Employé d'abord comme chauffeur, puis comme chauffeur du four à noir, il s'est élevé, grâce à sa bonne conduite et à ses mérites techniques, au rang de chef de poste de l'atelier de revivification du noir animal qu'il occupe actuellement, et dans ces diverses fonctions, il s'est toujours fait remarquer par son zèle et par le soin apporté à son travail.

17. Diellenseger (Aloyse).

M. Diellenseger, né à Stotzheim (Bas-Rhin), est entré le 5 janvier 1869 aux fabriques de caoutchouc de MM. Torrilhon et Cie à Chamalières et à Royat. Simple ouvrier attaché à la fabrication des tuyaux, il s'est montré travailleur assidu, infatigable et habile ; à l'exécution de la tâche qui lui était confiée, il a constamment apporté les meilleurs soins et la plus grande activité ; ses mérites l'ont fait placer à la tête d'un chantier, qu'il dirige depuis de longues années avec la plus grande compétence.

18. Dorival (Jacques).

M. Dorival, âgé de 71 ans, compte cinquante années de services à la Compagnie de l'Ouest, où il est entré le 3 février 1846 dans ses ateliers de Sotteville. Il s'est toujours fait remarquer par son exactitude, son zèle et sa probité.

19. Duvert (Émile).

M. Duvert, né à Paris le 26 juin 1851, est entré comme tireur, c'est-à-dire comme apprenti à la manufacture de papiers peints de M. Isidore Leroy le 10 août

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1864, où, depuis trente-trois ans, il s'est fait remarquer par sa bonne conduite, son assiduité au travail et son habileté professionnelle. Il conduit aujourd'hui une machine à vingt couleurs; on lui doit un perfectionnement intéressant pour l'impression du papier velouté, perfectionnement consistant à employer un cylindre en taille-douce pour appliquer le mordant sur lequel la laine vient se fixer.

20. Epicier (Jean).

Actuellement brigadier peintre aux ateliers de Clermont-Ferrand, Compagnie de Paris-Lyon, où il est entré le 8 juillet 1886, M. Epicier s'est toujours distingué par sa conduite irréprochable et sa parfaite honorabilité.

21. Eve (Gustave).

Entré aux ateliers de la Compagnie de l'Ouest le 24 mai 1873, chef monteur de 1877 à 1882, contremaître adjoint de l'atelier de montages, puis contremaître en 1892, M. Eve s'est constamment acquitté de ses fonctions avec le plus grand zèle et sa conduite a toujours été digne d'éloges.

22. Fayol (Jean).

M. Fayol, né le 18 avril 1844 à Montaigut-en-Combaille (Puy-de-Dôme), est, depuis le 25 juillet 1871, c'est-à-dire depuis plus de vingt-cinq ans, employé comme coupeur dans les ateliers de confection des vêtements imperméables qui font partie de la fabrique de caoutchouc de MM. Torrilhon et Cie à Chamalières (Puy-de-Dôme). Dès son entrée dans ces ateliers, M. Fayol s'est fait remarquer par son activité et son assiduité au travail. Très habile dans sa profession, d'une conduite exemplaire, il s'est toujours montré remarquablement dévoué aux intérêts de la maison à laquelle il est attaché.

23. Mme Vve Flick (Louise-Irénée).

Mme Vve Flick est née le 22 janvier 1843 à Grange-le-Bocage (Yonne); entrée à la faïencerie de Choisy-le-Roi en avril 1860, elle restait attachée à cet établissement jusqu'en 1870; obligée de le quitter momentanément à cette époque, elle y rentrait en 1877, et, depuis, elle ne l'a plus quitté; elle y compte, par conséquent, aujourd'hui trente ans de bons et dévoués services. Attachée à l'atelier de moulage, elle a acquis dans ce travail délicat une grande habileté technique.

24. Françua (Jean).

M. Françua, dit François, né à Aulnat (Puy-de-Dôme) en 1859, est entré en 1871, à l'âge de 12 ans, comme apprenti, à la sucrerie-raffinerie de Bourdon (Puy-de-Dôme); il y compte actuellement vingt-six ans de services dévoués. Grâce à son intelligence et à l'excellence de son travail, il a occupé successi-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vement les postes de chef d'équipe, de surveillant de la fabrication et enfin celui de contremaître, qu'il occupe depuis douze ans déjà. M. Françua a su acquérir une grande influence sur le personnel placé sous ses ordres ainsi que s'attirer l'estime et la considération de tous.

25. Froissard (Noël).

Actuellement sous-chef monteur au dépôt à Mohon, chemin de fer de l'Est, M. Frossard, veuf, père de quatre enfants qu'il a su parfaitement élever, a donné, pendant trente-cinq années de services, pleine satisfaction par son zèle, son intelligence et son aptitude au travail.

26. Giorcelli (Jean-Louis).

M. Giorcelli, né le 7 novembre 1849 à Genève (Suisse), et aujourd'hui naturalisé Français, est entré le 13 février 1865 comme apprenti dans les ateliers de la manufacture d'orfèvrerie de M. Christofle à Paris; après avoir acquis dans ces ateliers une grande habileté artistique et avoir franchi tous les grades de la hiérarchie, il y occupe aujourd'hui le poste de chef de l'atelier de guillochage et de gravure. M. Giorcelli a inventé un procédé de gravure des matrices très intéressant; il a perfectionné les machines électro-magnétiques à guillocher.

27. Goulay (Romain).

Entré aux ateliers de Sotteville (Compagnie de l'Ouest) en qualité de monteur le 30 mai 1830, M. Goulay s'est constamment distingué par sa bonne conduite, son exactitude, l'intelligence et le zèle dont il fait preuve dans les travaux qu'il dirige.

28. Gross (Jean).

M. Gross, né à Saverne, en 1838, entré dans les ateliers Cail en 1861, y dirige, à la pleine satisfaction de ses chefs, le service délicat du traçage des pièces et a formé de nombreux élèves. Père de cinq enfants, M. Gross a reçu, en 1894, la médaille d'honneur du Ministère du commerce.

29. Harmance (Louis).

Né le 10 mars 1834 à Sotteville, entrée le 8 janvier 1856 comme ajusteur aux ateliers de la Compagnie de l'Ouest, où il occupe actuellement le poste de préposé aux eaux, M. Harmance s'est constamment fait remarquer par son exactitude, son zèle, son activité, son habileté professionnelle, sa bonne conduite et sa probité.

30. Haudebourg (Alfred).

M. Haudebourg, né à Amiens (Somme) le 10 août 1836, est entré, en 1861, à la fabrique de produits chimiques d'Amiens appartenant à cette époque à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. Kulhmann et aujourd'hui à la Société des Manufactures de Produits chimiques du Nord. Attaché, dès son entrée, à la fabrication de l'acide sulfurique, il est resté à ce poste jusqu'en 1891. Ouvrier courageux, actif, intelligent, il a été, à cette époque, chargé du poste difficile de surveillant général de l'usine, fonction qu'il remplit avec zèle et ponctualité ; on lui doit plusieurs améliorations manuelles dans la fabrication de l'acide sulfurique.

31. JEANNON (Charles).

Né le 9 janvier 1844 à Lisle-en-Rigault (Meuse) M. Jeannon compte 38 ans de services aux ateliers de la Compagnie de l'Est, où il est entré comme apprenti. Successivement monteur, chef monteur, puis agent commissionné le 1er janvier 1874, M. Jeannon s'est constamment signalé par son zèle, son intelligence et sa probité. Il est père de 8 enfants, qu'il a su parfaitement élever.

32. JENIN (Eugène).

M. Jenin, entré aux ateliers de la Compagnie Paris-Lyon le 15 juin 1858, s'est toujours, pendant trente-huit ans de services, fait remarquer par son exactitude, sa conduite irréprochable et sa parfaite honorabilité.

33. JURY (Pierre).

M. Jury, né à Aulnat (Puy-de-Dôme) en 1845, est entré en 1847, à l'âge de 12 ans, comme apprenti dans l'atelier de réparations du matériel de la sucrerie-raffinerie de Bourdon (Puy-de-Dôme). D'une excellente conduite, actif et dévoué, habile dans les travaux de son métier, il est passé successivement par les postes d'aide chaudronnier, d'ouvrier chaudronnier, de chauffeur, et c'est à lui actuellement qu'est confié le service des réparations du matériel de chaudronnerie ; c'est un collaborateur excellent que recommandent cinquante années de services.

34. LAUNOY (Désiré).

M. Launoy compte trente années de services comme emballeur et contremaître emballeur chez M. Bessèdes fils, à Marseille ; il a constamment donné pleine satisfaction par sa bonne conduite, son assiduité et son dévouement.

35. Mme Vve LÉCRIVAIN (Pauline).

Employée dans l'usine de MM. Poure et O'Kelly depuis 1852, Mme Lécrivain a, pendant quarante-quatre années de services, donné toute satisfaction par sa conduite exemplaire, son assiduité tout en remplissant ses devoirs de mère de famille, son dévouement et sa parfaite honorabilité.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

36. Lejeune (Antoine).

M. Lejeune compte aux établissements Cail trente-sept années de services Médaillé d'honneur en 1896, c'est un excellent ouvrier, très intelligent, chargé avec succès de nombreux montages au dehors.

37. Leroy (Charles).

Actuellement chef de l'atelier des machines de l'imprimerie Belin, où il est entré comme receveur de feuilles en 1855, M. Leroy devint rapidement un ouvrier accompli. En 1871, après l'incendie de l'imprimerie pendant la guerre, M. Leroy, qui possédait à fond un métier agréable et rémunérateur, ne voulut pas consentir à s'éloigner de la maison où il avait grandi et où il s'était formé; il préféra aider les maçons qui reconstruisaient en hâte l'imprimerie. Depuis, il n'a cessé de rendre les plus fidèles et importants services, notamment par l'éducation et l'instruction professionnelle des apprentis. Excellent père de famille, il a su faire de son fils l'un des meilleurs ouvriers de l'imprimerie Belin.

38. Maitre (César).

M. Maître, né à Bozel (Savoie) le 19 juillet 1835, après avoir accompli son service militaire, après avoir travaillé un an au Chemin de fer de Lyon, un an encore à la stéarinerie de l'Étoile, est entré le 29 novembre 1866 à l'usine de Saint-Denis, appartenant aujourd'hui à la Pharmacie centrale de France ; il y compte, par conséquent, plus de trente ans de services distingués. Attaché d'abord à la fabrication des produits chimiques, M. Maître a été ensuite employé au service de l'herboristerie, où il travaille encore actuellement. Ouvrier particulièrement recommandable sous le rapport de la conduite et de l'assiduité au travail, M. Maître a toujours montré un grand dévouement pour l'établissement auquel il appartient.

39. Martini (Gaspard).

M. Martini, né le 4 février 1850, est entré le 3 juin 1859, à l'âge de 9 ans, comme petit apprenti à la papeterie d'Essonnes (Seine-et-Oise). Dès 1868 et malgré sa jeunesse, la conduite d'une machine à papier lui était confiée ; après avoir quitté l'usine pour accomplir son service militaire, il y rentrait en 1871 pour y reprendre la même fonction. C'est M. Martini qui, à l'Exposition de 1878, a été chargé de la conduite et du fonctionnement de la belle machine à papier qu'avait exposée M. Darblay; à toute époque, il s'est fait remarquer par son exactitude et ses aptitudes industrielles.

40. Muller (René).

M. Müller, né à Arras (Pas-de-Calais) le 16 mai 1837, est entré le 26 novembre 1870 comme ouvrier mécanicien aux ateliers de la maison d'orfèvrerie de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MM. Christofle et Cie à Paris ; il y a montré des qualités de grande valeur, qu'il a su faire apprécier et qui l'ont conduit à occuper aujourd'hui le poste important de contremaître de l'atelier de mécanique de précision dans ce grand établissement.

41. Noel (Émile).

M. Noël est né à Paris le 15 février 1850. Entré à la manufacture de papiers peints de M. Isidore Leroy, à Paris, le 10 avril 1861, M. Noël a successivement occupé tous les postes que comporte la fabrication des papiers peints. A l'âge de 11 ans, il entrait à la manufacture comme apprenti ou tireur, passait ensuite au guidage des machines pour, enfin, conduire, comme il le fait encore aujourd'hui, une machine à imprimer à huit couleurs. C'est à M. Noël, et à cause de son habileté technique, que sont confiés les travaux les plus délicats.

42. Osselin (Louis).

M. Osselin, né à Chauny le 8 avril 1841, est entré le 11 avril 1854 à la soudière de Chauny appartenant à la Compagnie de Saint-Gobain, Chauny et Cirey. Employé successivement au lessivage de la soude brute, à la fabrication des cristaux, il est attaché aujourd'hui au travail des sels caustiques, travail difficile, dans lequel M. Osselin fait preuve d'une grande habileté professionnelle.

43. Mme Piat (Thérèse-Eugénie).

Mme Piat est née à Soulans (Haute-Savoie), le 15 mars 1836 ; à l'âge de 22 ans (2 novembre 1858), elle est entrée comme ouvrière aux usines appartenant aujourd'hui à la Société française des Munitions de chasse, de tir et de guerre (anciens établissements Gevelot et Gaupillat). Son excellente conduite, son activité, son habileté professionnelle l'ont bientôt fait appeler au poste de contremaîtresse ; elle dirige aujourd'hui les ateliers de contrôle de la fabrication des amorces, poste difficile, dans lequel la surveillance et les soins doivent être incessants.

44. Piot (Pierre).

M. Piot, né le 12 septembre 1838 à Aluze (Saône-et-Loire), est entré au mois d'août 1880 comme chef d'atelier aux ateliers de construction que possèdent à Paris MM. Brault, Teisset et Gillet, de Chartres. Depuis dix-sept ans qu'il occupe ce poste, M. Piot s'y est toujours fait remarquer par son intelligence, comme aussi par la régularité de son travail ; il s'y est distingué également par de grands mérites techniques.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

45. Mme Plaisance (Rosalie).

Mme Plaisance, née le 7 mai 1845 à Betheny (Marne), est entrée, au mois de mai 1860, comme ouvrière dans l'une des usines appartenant aujourd'hui. à la Compagnie française d'entreprises civiles et militaires (anciens établissements Godillot et Helbronner). Depuis trente-sept ans, elle s'est constamment fait remarquer par son assiduité au travail comme par son excellente conduite ; c'est une ouvrière habile, qui connaît parfaitement la profession de tailleur.

46. Pouly (Fortuné).

M. Pouly, né à Verchocq (Pas-de-Calais) le 15 février 1849, est entré le 28 avril 1872 comme ouvrier charpentier aux usines de la Société des Ciments français, à Boulogne-sur-Mer. Son excellente conduite, la régularité de son travail, son habileté technique l'ont bientôt fait distinguer par ses chefs, et quelques années plus tard, en 1880, il était nommé au poste de confiance de chef de l'atelier des modèles de charpente, charronnage et menuiserie. Depuis cette époque, il n'a cessé de donner des preuves de capacité et de dévouement.

47. Puget (Jean).

Actuellement chef d'équipe aux ateliers d'Oullins (Compagnie Paris-Lyon). M. Puget s'est, pendant trente-neuf années de service, fait remarquer par son exactitude, sa conduite irréprochable et sa parfaite honorabilité.

48. Raeiter (Auguste-Désiré).

Né à Lille le 2 mars 1840, entré chez M. Legat en 1876 comme contremaître, M. Raeiter a constamment fait preuve d'un dévouement absolu à son patron, d'une habileté et d'une honorabilité parfaites.

49. Ramaugé (Édouard).

M. Ramaugé est l'un des contremaîtres les plus distingués de la faïencerie de Choisy-le-Roi. Né à Bordeaux (Gironde), il entrait, au mois de juillet 1867, comme simple ouvrier chez M. Boulanger ; d'une conduite excellente, intelligent, d'un esprit inventif, M. Ramaugé a apporté des perfectionnements utiles aux procédés employés pour l'impression de la faïence ; c'est lui notamment qui a conseillé l'immersion du papier à décalquer pour machines à cylindre dans un bain de glycérine, de manière à obtenir une plus grande adhérence des encres et des couleurs ; il est aujourd'hui chef de l'atelier d'impression de la faïencerie.

50. Rivaillon (Jean-Louis).

M. Rivaillon est né le 31 mai 1837 à Saint-Benin-du-Bois (Nièvre). Après avoir débuté aux forges de Guérigny et avoir quitté cette administration pour

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

accomplir son service militaire, M. Rivaillon est entré à la fonderie de Fourchambault, en qualité de marteleur, le 6 mai 1865 ; il y occupe aujourd'hui, et depuis le 25 avril 1881, le poste de contremaître forgeron. C'est un collaborateur intelligent et dévoué, de très bonne conduite et de réputation exemplaire, qui a apporté à l'outillage de son service d'excellents perfectionnements, et s'est particulièrement distingué en faisant breveter, en 1880, un four spécial pour le chauffage des moyeux de roues.

51. Rochette (Gustave).

M. Rochette, né à Saumery (Eure-et-Loir) le 22 avril 1853, est entré, au mois d'avril 1878, comme ouvrier menuisier aux ateliers de MM. Brault, Teisset et Gillet à Chartres (Eure-et-Loir). Sa conduite exemplaire son dévouement au travail, son habileté professionnelle l'ont conduit à occuper successivement les postes de monteur d'abord et enfin de contremaître de l'atelier de menuiserie, poste où il continue aujourd'hui à donner l'exemple des qualités les plus recommandables.

52. Sèvre Germain).

M. Sèvre, né le 21 décembre 1849 à Nevers (Nièvre), est, à l'âge de 12 ans (en avril 1861), entré comme apprenti à l'usine de Lapique ; attaché aux ateliers de moulage, il s'est montré ouvrier habile, en même temps qu'il se faisait remarquer par une conduite exemplaire. En 1878, en raison de ses mérites, il était élevé au rang de contremaître, qu'il a occupé jusqu'en 1896 ; il est aujourd'hui chef de l'atelier de moulage dans l'usine où il est entré il y a trente-quatre ans. C'est un sujet d'élite que l'on peut citer comme un modèle.

53. Suray (Joseph-Auguste).

M. Suray, né à Givet (Ardennes) le 20 octobre 1847, est entré aux usines de MM. Gilbert et Cie, fabricants de crayons, à l'âge de 20 ans ; attaché au travail des bois, il a occupé successivement les postes de dresseur, de fraiseur, d'arrondisseur et de scieur. Dans ces différents postes, il a fait preuve d'intelligence et de dévouement. C'est un ouvrier d'élite dans une spécialité qui exige beaucoup de sagacité pour déterminer le meilleur parti à tirer du bois qui est mis en œuvre.

54. Toussaint (Louis-Alfred).

M. Toussaint, né à Senon (Meuse), le 11 novembre 1854, est entré le 5 septembre 1873 à la papeterie d'Essonnes, comme ajusteur. Obligé de quitter l'usine pour l'accomplissement de son service militaire, il y rentrait au même

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

titre au mois d'avril 1879. Bientôt son activité, son savoir, le faisaient attacher exclusivement par MM. Darblay père et fils aux réparations des machines à vapeur, pour enfin devenir le chef de faction de ce service, qui comporte une soixantaine de moteurs divers représentant une force de 7 000 chevaux.

55. Vacher (Louis-Désiré).

M. Vacher est né à Paris le 24 avril 1823 ; après avoir travaillé comme charpentier dans divers ateliers, il est, en 1851, entré comme contremaître à l'usine à gaz de l'avenue Trudaine. Lors de la fusion des compagnies de gaz de Paris, il a été admis avec la même qualité à la Compagnie Parisienne, où il remplit actuellement les fonctions de chef de l'atelier de charpente et de menuiserie. Très bon ouvrier sous le rapport de la conduite et du travail, il a acquis dans tous les travaux de sa profession une grande expérience, ce qui lui permet de diriger habilement un atelier où sont occupés 200 ouvriers.

56. Vauclard (Charles).

M. Vauclard est né à Champigny (Côte-d'Or), le 10 juin 1837 ; à l'âge de 12 ans, le 21 septembre 1849, il entrait au service de la Compagnie des Forges de Châtillon et Commentry. Employé d'abord comme démêleur au train des machines des forges de Champigny, il passait, neuf ans plus tard, comme lamineur, à l'usine de Sainte-Colombe, et s'élevait enfin, en 1871, au grade de contremaître aux forges de Morat d'abord et de Saint-Jacques ensuite. C'est là que nous le retrouvons aujourd'hui, après quarante-sept ans de services pendant lesquels il s'est fait remarquer par sa moralité et par son habileté technique.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ÉTAT FINANCIER DE LA SOCIÉTÉ

RAPPORT *fait par* **M. Daubrée**, *au nom de la Commission des fonds*, SUR LES COMPTES DE L'EXERCICE 1896

MESSIEURS,

Conformément à l'article 31 de nos statuts, j'ai l'honneur de vous présenter, au nom de la Commission des fonds, le résumé des comptes de l'exercice 1896.

1re PARTIE

FONDS GÉNÉRAUX

AVOIR		DÉBIT	
1° Cotisations des membres de la Société (652 cotisations à 36 francs).	23 472 »	1° Prix, médailles et récompenses diverses.	13 377, 25
2° Dons divers.	2 660 »	2° *Bulletin* : frais de rédaction, d'impression et d'expédition.	33 090, 05
3° Abonnement au *Bulletin* de la Société.	2 416 »	3° Impressions diverses : *Annuaire*, *Comptes rendus*, *etc.*	2 512, 60
4° Produit de la vente au numéro du *Bulletin* de la Société.	745, 90	4° Bibliothèque : traitements des agents, acquisitions, abonnements, reliures, fiches.	6 158, 95
5° Locations diverses. .	13 954, 35	5° Agence et Économat : traitements des agents et employés, frais divers. . .	19 006, 19
6° Arrérages de rentes : 3 p. 100. . . . 59 781, 25 ; 3 1/2 p. 100. . 1 351 »	61 132, 25	6° Jetons de présence. .	5 355 »
		7° Hôtel de la Société : A. Aménagement, entretien, réparations. 3 423,96 ; B. Mobilier. . . 1 683,45 ; C. Chauffage, éclairage, eau. . . . . 3 831,60 ; D. Contributions, assurances et divers. . . 3 135,52 ; E. Entretien et emploi des machines. . 1 639, 55	13 714, 08
		8° Frais d'expériences. .	1 430, 75
		9° Pensions.	5 750 »
		10° Allocation pour le Grand Prix.	1 500 »
A reporter. . .	104 380, 50	*A reporter*. . .	101 894, 87

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

AVOIR		DÉBIT	
Report.	104 380, 50	*Report*.	101 894, 87
		11° Souscriptions et dons divers.	1 240, 50
			103 135, 37
		Excédent de dépenses reporté de l'exercice 1895.	3 513, 68
			106 649, 05
		Les recettes ne s'élevant qu'à.	104 380, 50
		Il ressort un excédent de dépenses sur les recettes de.	2 268, 55
	104 380, 50		

Cet exposé montre que nos recettes normales se sont maintenues à peu de chose près au chiffre de l'exercice 1895. Quant à nos dépenses, elles ont diminué de plus de 27 000 francs, les principales réductions portant, comme l'avait fait prévoir le rapport de l'année dernière, sur l'aménagement de l'hôtel de la Société, l'attribution des prix et les frais de recherches spéciales.

Il importe d'ailleurs de remarquer que les comptes du Comité des alliages, confondus en 1895 dans nos fonds généraux, en ont été séparés cette année pour former un paragraphe spécial.

Nos recettes surpasseraient donc nos dépenses si, par suite des besoins extraordinaires auxquels il a fallu parer en 1895, le précédent exercice ne nous avait légué un excédent de dépenses de 3 513 fr. 68. Une partie de ce déficit ayant été comblée en 1896, nous pouvons, en continuant à apporter une *sévère économie dans nos services intérieurs*, arriver, sans nul doute, pour l'exercice courant, à équilibrer complètement nos dépenses et nos recettes.

Ce résultat sera assuré si, comme l'année dernière, nous voyons augmenter le nombre des membres de notre Société et si nous apportons la plus stricte économie dans l'emploi de nos ressources.

2e PARTIE

FONDATIONS, DONS ET COMPTES SPÉCIAUX

1° Grand Prix de la Société.

Ce prix de 12 000 francs est destiné à récompenser tous les six ans une découverte ou un perfectionnement présentant un intérêt capital pour notre industrie nationale.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

AVOIR		DÉBIT	
Solde de 1895 versé à la Caisse des Dépôts et Consignations.	5 859, 26	Subvention du prix Giffard.	2 800 »
Reçu des fonds généraux.	1 500 »		
Intérêts des sommes déposées.	83, 52		
	7 442, 78		

Reste comme solde à la Caisse des Dépôts et Consignations, 4642 fr. 78.

2° Fondation destinée à développer et à perpétuer l'œuvre créée par le comte et la comtesse Jollivet.

Les intérêts de cette fondation doivent être capitalisés jusqu'en 1933.
Capital au 31 décembre 1895 : 5746 francs de rente 3 p. 100.

AVOIR		DEBIT	
Solde de 1895.	94, 40	Achat de 174 francs de rente 3 p. 100	5 891, 10
Arrérages.	5 813 »		
	5 907, 40		

Reste 16 fr. 30 dans la caisse de la Société.
Le capital de cette fondation se trouve porté à 5 920 francs de rente 3 p. 100.

3° Grand prix fondé par le marquis d'Argenteuil.

But: récompenser tous les six ans, par un prix de 12 000 francs, l'auteur de la découverte la plus utile au perfectionnement de notre industrie nationale. Le prix a été décerné en 1892.

Legs primitifs : 40 000 francs, représentés par un titre de rente 3 p. 100 de 2 000 francs.

AVOIR		DÉBIT	
Solde de 1895 versé à la Caisse des Dépôts et Consignations	10 722, 18	Versé à la Caisse des Dépôts et Consignations . . .	2 210, 92
Arrérages de 1896 . . .	2 000 »		
Intérêts des sommes versées à la Caisse des Dépôts et Consignations.	210, 92		
	12 933, 10		

Les sommes disponibles au 31 décembre 1896 s'élèvent à 12 933 fr. 10, déposés à la Caisse des Dépôts et Consignations.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

4° **Legs Bapst.**

Legs primitif : 2160 francs de rente 3 p. 100 ; a servi à établir deux fondations.

1re *Fondation*. — But : venir en aide aux inventeurs malheureux.

Capital : un titre de 1 565 fr. 20 de rente 3 p. 100.

AVOIR		DÉBIT	
Arrérages	1 565, 20	Secours	250 »

Reste en recette, pour cette année, 1 315 fr. 20 dans la caisse de la Société.

2e *Fondation*. — But : aider les inventeurs dans leurs travaux et recherches.

Capital au 31 décembre 1895 : 2 titres de 3 497 fr. 80 de rente 3 p. 100.

AVOIR		DÉBIT	
Solde de 1895.	3 583, 95	Secours	2 750 »
Arrérages de 1896. . . .	3 594, 80	Achat de 97 francs de rente, 3 p. 100	3 325 »
	7 178, 75		6 075 »

Reste en recette, pour cette année, 1 103 fr. 75 dans la caisse de la Société.

Le capital de cette fondation se trouve porté à 3 594 fr. 80 de rente 3 p. 100.

5° **Fondation Christofle pour la délivrance des premières annuités de brevets.**

Capital : 2 titres de 1 036 francs de rente 3 p. 100.

AVOIR		DÉBIT	
Solde de 1895.	1 600, 65	Payé dix annuités de brevets et un encouragement. .	1 365 »
Arrérages de 1896. . . .	1 036 »		
	2 236, 65		

Reste en recette, pour cette année, dans la caisse de la Société, 1 271 fr. 65.

6° **Fondation de la princesse Galitzine.**

But : Servir un prix à décerner sur la proposition du Comité des arts économiques.

Legs primitif : 2 000 francs.

Cette fondation n'ayant reçu jusqu'ici aucune application, les intérêts

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

s'en sont capitalisés. Le capital est actuellement de 16 obligations 3 p. 100 des chemins de fer de l'Est.

AVOIR		DÉBIT
Solde de 1895.	279, 45	Néant.
Arrérages de 1896.	230, 40	
	509, 85	

Reste en recette, pour cette année, dans la caisse de la Société, 509 fr. 85.

7° **Fondation Carré.**

But : analogue à celui de la fondation précédente.

Legs primitif : 1 000 francs.

Par suite de la capitalisation des intérêts, le capital est porté à 6 obligations 3 p. 100 des chemins de fer de l'Est.

AVOIR		DÉBIT
Solde de 1895.	336, 43	Néant.
Arrérages de 1896.	86, 40	
	422, 83	

Reste en recette dans la caisse de la Société, 422 fr. 83.

8° **Fondation Fauler (industrie des cuirs).**

But : venir en aide à des contremaîtres ou ouvriers malheureux de l'industrie des cuirs.

Capital : 31 obligations 3 p. 100 de l'Est, 3 obligations 3 p. 100 des Ardennes, 11 obligations 3 p. 100 du Midi.

AVOIR		DÉBIT
Solde de 1895.	376, 46	Néant.
Arrérages de 1896. . . .	648 »	
	1 024, 46	

Reste en recette, pour cette année, dans la caisse de la Société, 1 024 fr. 46.

9° **Fondation Legrand (industrie de la savonnerie).**

Même but que le précédent, à part la différence des industries.

Capital : 68 obligations 3 p. 100 de l'Est.

AVOIR		DÉBIT
Solde de 1895.	250, 10	Néant.
Arrérages de 1896. . . .	979, 20	
	1 229, 30	

Reste en recette, pour cette année, dans la caisse de la Société, 1 229 fr. 30.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

10° **Fondation Christofle et Bouilhet en faveur d'artistes industriels malheureux.**

Capital : 29 obligations 3 p. 100 de l'Est.

AVOIR		DÉBIT	
Solde de 1895.	534, 75	Achat d'une obligation 3 p. 100 de l'Est	476, 45
Remboursement d'une obligation 3 p. 100 de l'Est sortie au tirage.	491, 35	Secours	500 »
Arrérages de 1896. . . .	417, 60		
	1 443, 70		976, 45

Reste en recette, pour cette année, dans la caisse de la société, 467 fr. 25.

11° **Fondation de Milly** (industrie de la stéarine).

But : secourir des contremaîtres ou ouvriers de cette industrie qui sont malheureux ou ont contracté des infirmités dans l'exercice de leur profession.

Capital : 43 obligations 3 p. 100 de l'Est.

AVOIR		DÉBIT
Solde de 1895.	454, 11	Néant.
Arrérages de 1896. . . .	619, 20	
	1 073, 31	

Reste en recette dans la caisse de la Société, 1073 fr. 31.

12° **Fondation de Baccarat** (industrie de la cristallerie).

But : venir en aide à des contremaîtres ou ouvriers malheureux de cette industrie.

Capital : 9 obligations 3 p. 100 de l'Est.

AVOIR		DÉBIT
Solde de 1895.	217, 49	Néant.
Arrérages de 1896.	129, 60	
	347, 09	

Reste en recette, pour cette année, dans la caisse de la Société, 347 fr. 09.

13° **Prix de la classe 27 à l'Exposition universelle de 1867** (Industrie cotonnière).

But : décerner tous les six ans un prix à celui qui aura le plus contribué au progrès de l'industrie cotonnière en France.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le prix a été décerné en 1895.

Legs primitif : 13169 fr. 85.

Capital actuel : 43 obligations 3 p. 100 de l'Est.

AVOIR		DÉBIT	
Solde de 1895, versé à la Caisse des Dépôts et Consignations.	6 271, 10	Versé à la Caisse des Dépôts et Consignations	743, 48
Coupons des obligations de l'Est	619, 20		
Intérêts des sommes versées à la Caisse des Dépôts et Consignations	124, 28		
	7 014, 58		743, 48

Les sommes disponibles au 31 décembre 1896 s'élèvent à 7014 fr. 58 versés à la Caisse des Dépôts et Consignations.

14° **Fondation Ménier** (industrie des arts chimiques).

But : venir en aide à des contremaîtres ou à des ouvriers malheureux ou infirmes de cette industrie.

Capital : 10 obligations 3 p. 100 et 2 obligations 5 p. 100 de l'Est.

AVOIR		DÉBIT	
Solde de 1895.	347, 82	Achat d'une obligation 3 p. 100 de l'Est	476, 45
Remboursement d'une obligation 3 p. 100 de l'Est sortie au tirage.	491, 35		
Arrérages de 1896. . . .	240 »		
	1 079, 17		476, 45

Reste en recette, pour cette année, dans la caisse de la Société, 602 fr. 72.

15° **Prix de la classe 65 à l'Exposition universelle de 1867** (génie civil et architecture).

But : décerner tous les cinq ans un prix de 500 francs à l'auteur d'un perfectionnement apporté au matériel ou aux procédés du génie civil ou de l'architecture.

Legs primitif : 2315 fr. 75.

Capital actuel : 13 obligations 3 p. 100 de l'Est.

AVOIR		DÉBIT
Solde de 1895.	578, 89	Néant.
Arrérages de 1896.	187, 20	
	766, 09	

Reste en recette, pour cette année, dans la caisse de la Société, 766 fr. 09.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

16° **Prix de la classe 47 à l'Exposition universelle de 1878 et fondation Fourcade (industrie des produits chimiques).**

But : créer un prix annuel pour récompenser un ouvrier de l'industrie chimique, choisie de préférence parmi ceux des donateurs et parmi ceux qui comptent le plus grand nombre d'années consécutives de bons services dans le même établissement.

Capital : 1 titre de 1 000 francs de rente 3 p. 100.

AVOIR		DÉBIT	
Arrérages de 1896	1 000 »	Prix décerné en 1896 . .	1 000 »

17° **Fondation du général comte d'Aboville.**

But : décerner 3 prix à des manufacturiers qui auront employé à leur service, pendant une assez longue période de temps, des ouvriers estropiés, amputés ou aveugles et les auront ainsi soustraits à la mendicité.

Legs primitif : 1 000 francs.

4 prix ont déjà été décernés ; actuellement le capital est réduit à 1 obligation 3 p. 100 du chemin de fer de l'Est.

AVOIR		DÉBIT
Solde de 1895.	211, 90	Néant.
Arrérages de 1896.	14, 40	
	226, 30	

Reste, pour cette année, dans la caisse de la Société, 226 fr. 30.

18° **Legs Giffard.**

But : la moitié du revenu est destinée à créer des prix pour services signalés rendus à l'industrie française ; l'autre moitié, à distribuer des secours.

Legs primitif : 50 000 francs, représentés par un titre de rente 3 p. 100 de 1 949 francs.

AVOIR		DÉBIT	
Retiré de la Caisse des Dépôts et Consignations . .	7 200 »	Solde de 1895	591, 55
Subvention fournie par le grand prix de la Société .	2 800 »	Attribution de deux prix de 5 000 francs chacun. . .	10 000 »
Arrérages de 1896 . . .	2 012, 50	Paiement de secours . .	300 »
		Versé à la Caisse des Dépôts et Consignations . .	1 063, 50
	12 012, 50		11 955, 05

Reste, pour cette année, dans la caisse de la Société, 57 fr. 45.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Par suite du prélèvement de 7200 francs et du nouveau versement de 1 063 fr. 50, les arrérages disponibles pour l'institution de ce prix se trouvent être actuellement de 1 098 fr. 48 versés à la Caisse des Dépôts et Consignations.

19° **Fondation Meynot.**

But : créer un prix destiné à récompenser les inventions, progrès et perfectionnements intéressant la moyenne ou la petite culture.

Legs primitif : 20 000 francs représentés par un titre de rente 3 p. 100 de 730 francs.

AVOIR		DÉBIT	
Solde de 1895 versé à la Caisse des Dépôts et Consignations.	7 155, 42	Versé à la Caisse des Dépôts et Consignations. . . .	871, 75
Arrérages de 1896. . . .	730 »		
Intérêts des sommes versées à la Caisse des Dépôts et Consignations..	141, 75		
	8 027, 17		871, 75

Les sommes disponibles au 31 décembre 1896 s'élèvent à 8 027 fr. 17, versés à la Caisse des Dépôts et Consignations.

20° **Fondation Melsens.**

But: création d'un prix triennal de 500 francs pour récompenser l'auteur d'une application intéressante de la physique ou de la chimie à l'électricité, à la balistique ou à l'hygiène.

Legs primitif: 5000 francs représentés par 13 obligations 3 p. 100 de l'Est.

AVOIR		DÉBIT	
Solde de 1895	673, 60	Prix décerné	500 »
Arrérages.	187, 20		
	860, 80		500 »

Reste en recette, pour cette année, dans la caisse de la Société, 360 fr. 80.

21° **Fondation de la classe 50 à l'Exposition universelle de 1867 (Matériel des industries alimentaires).**

Don primitif : 6 326 fr. 14.

Cette somme n'a été reçue que sous réserve de restitution aux exposants

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qui réclameraient leur quote-part avant trente ans; une partie en est définitivement acquise dès aujourd'hui par l'adhésion explicite des intéressés.

Capital actuel: 20 obligations 3 p. 100 de l'Est.

AVOIR		DÉBIT
Solde de 1895.	357, 99	Néant.
Arrérages.	288 »	
	645, 99	

Reste en recette, pour cette année, dans la caisse de la Société, 645 fr. 99.

22° **Prix Parmentier fondé par les exposants de la classe 50 à l'Exposition universelle de 1889 (industries relatives à l'alimentation).**

But: création d'un prix triennal de 1 000 francs, destiné à récompenser les recherches scientifiques ou techniques de nature à améliorer le matériel ou les procédés des usines agricoles et des industries alimentaires.

Don primitif: 9846 fr. 75, représentés par un titre de 335 francs de rente 3 p. 100.

AVOIR		DÉBIT	
Solde de 1895.	2 019, 90	Prix décerné en 1896. .	1 000 »
Arrérages de 1896. . . .	335 »		
	2 354, 90		1 000 »

Reste en recette, pour cette année, dans la caisse de la Société, 1 354 fr. 90.

23° **Fondation des exposants de la classe 51 à l'Exposition universelle de 1889 (matériel des arts chimiques, de la pharmacie et de la tannerie).**

But: création d'un prix.

Don primitif: 2 556 fr. 30.

Capital actuel: 7 obligations 3 p. 100 de l'Est.

AVOIR		DÉBIT
Solde de 1895	24, 13	Néant.
Arrérages de 1896. . .	100, 80	
	124, 93	

Reste en recette, pour cette année, 124 fr. 93 dans la caisse de la Société.

24° **Don de la classe 21 à l'Exposition universelle de 1889 (industrie des tapis et tissus d'ameublement).**

But: secourir des ouvriers malheureux appartenant à cette industrie.

Don primitif: 400 francs.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Capital actuel : 1 obligation 3 p. 100 de l'Est.

AVOIR		DÉBIT
Solde de 1895.	51, 37	Néant.
Arrérages de 1896. . . .	14, 40	
	65, 77	

Reste en recette, pour cette année, dans la caisse de la Société, 65 fr. 17.

25° **Fondation des exposants de la classe 63 à l'Exposition universelle de 1889 (génie civil, travaux publics et architecture).**

But : création d'un prix.
Don primitif : 3869 fr. 85.
Capital actuel : 9 obligations 3 p. 100 de l'Est.

AVOIR		DÉBIT
Solde de 1895.	915, 40	Néant.
Arrérages de 1896. . . .	129, 60	
	545, 50	

Reste en recette, pour cette année, dans la caisse de la Société, 545 fr. 50.

29° **Fondation des exposants de la classe 75 à l'Exposition universelle de 1889. (viticulture).**

But : prix à décerner à celui qui indiquera un moyen pratique de se débarrasser des insectes ennemis de la vigne : l'altise ou la cochylis.

Don : 1 000 francs.

Cette somme est restée jusqu'ici dans la caisse de la Société.

27° **Fondation de Salverte.**

But : décerner chaque année, sur la proposition du Comité des beaux-arts, un prix consistant en une médaille d'argent et une somme de 25 francs, à un ouvrier français, appartenant à la corporation du bâtiment, moral, habile, âgé de 60 ans au moins, père d'une famille nombreuse qu'il aurait bien élevée.

Cette fondation apparaît pour la première fois dans notre situation ; elle a été constituée en 1896 par un don de 1 000 francs, qui ont été employés à l'achat de 29 francs de rente 3 p. 100 ayant coûté 989 fr. 65.

Solde en caisse de la Société, 10 fr. 35.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

28° **Compte spécial du Comité des alliages.**

Don fait en 1895 : 6 500 francs.

Sur cette somme, 5 500 francs ont été employés en 1895; la situation de 1896 est la suivante :

AVOIR		DÉBIT	
Solde de 1895.	1 000 »	Frais d'impression et de gravures.	1 736, 50
	1 000 »		1 736, 50

Solde débiteur, 736 fr. 50.

29° **Compte spécial du comité d'expériences sur le verre.**

AVOIR		DÉBIT	
Versé par des industriels.	4 000 »	Payé en 1896	3 000 »
	4 000 »		3 000 »

Solde en caisse : 1 000 francs.

30° **Souscriptions perpétuelles et à vie.**

AVOIR		DÉBIT	
Solde de 1895.	44, 86	Achat de 15 francs de rente 3 p. 100.	507, 20
Souscription à vie faite en 1896 par M. Javoux.	500 »		
	544, 86		507, 20

Solde en caisse : 37 fr. 66.

Le capital constitué par les souscriptions perpétuelles et à vie comprend actuellement trois inscriptions montant à 2 391 francs de rente 3 p. 100.

Votre Commission, après avoir reconnu l'exactitude et la régularité des comptes que nous venons de vous exposer, vous propose de les approuver.

Elle vous demande aussi de vous joindre à elle pour adresser de sincères et affectueux remerciements à M. Goupil de Prefeln, notre dévoué trésorier, dont le zèle, jamais ralenti, contribue tant et depuis si longtemps à la prospérité de notre Société, que nous avons l'agréable devoir de constater aujourd'hui.

Lucien Daubrée.

Lu et approuvé en séance, le 9 juillet 1897.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

RAPPORT présenté par **M. Édouard Simon** au nom des censeurs sur les comptes de l'année 1896.

MESSIEURS,

En prenant la parole devant vous, pour la première fois, en qualité de censeur, je tiens à vous dire combien j'ai été touché de l'unanimité de vos suffrages lorsque après avoir conféré l'honorariat à notre regretté collègue M. Legrand, vous avez bien voulu me désigner pour lui succéder.

J'aurais hésité à accepter l'honneur de ces délicates fonctions si je n'avais su de longue date, par les comptes rendus financiers que nous approuvons chaque année, avec quelle compétence, avec quel dévouement scrupuleux nos collègues de la Commission des fonds et notre trésorier gèrent la fortune de la Société d'Encouragement.

La tâche de M. Goupil de Préfeln est particulièrement laborieuse et les clauses particulières imposées par nos généreux donateurs l'obligent à une multiplicité de comptes et d'opérations dont la Commission des fonds chaque année indique le but et l'importance.

Les prix créés en vertu de ces dotations spéciales ont été récapitulés dans le tableau ci-après pour la période sexennale où nous entrons :

Années.	Désignation des prix.	Valeur.
1897.	Prix *annuel* Fourcade et des produits chimiques.	1 000 fr.
—	— *biennal* Meynot.	1 200 —
1898.	— *annuel* Fourcade, etc.	1 000 —
—	Grand prix *sexennal* du marquis d'Argenteuil. . .	12 000 —
1899.	Prix *annuel* Fourcade, etc.	1 000 —
—	— *biennal* Meynot.	1 200 —
—	— *triennal* Melsens	500 —
—	— *triennal* Parmentier.	1 000 —
1900.	— *annuel* Fourcade	1 000 —
—	— *quinquennal* du génie civil.	500 —
1901.	— *annuel* Fourcade	1 000 —
—	— *biennal* Meynot.	1 200 —
—	— *sexennal* de l'industrie cotonnière.	4 000 —
—	Grand prix *sexennal* de la Société.	12 000 —
1902.	Prix *annuel* Fourcade	1 000 —
—	— *triennal* Melsens	500 —
—	— *triennal* Parmentier.	1 000 —
—	Grand prix *sexennal* Henri Giffard	6 000 —
	TOTAL.	47 100 —

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

soit 18 prix dont 6 annuels, 3 biennaux, 4 triennaux, 1 quinquennal et 4 sexennaux, d'une valeur globale de plus de *quarante-sept mille francs*, en dehors des prix mis au concours et des médailles décernées annuellement par le Conseil.

Rappelons, à ce sujet, que la Société sera toujours libre de consacrer les fonds actuellement réservés à son grand prix soit à la création de plusieurs prix de moindre importance, soit à tous autres encouragements pour l'industrie nationale; la dotation de ce prix est exclusivement prélevée sur les *fonds généraux* et, de même qu'un vote en a décidé l'affectation, un vote ultérieur pourra, si vous en reconnaissez l'utilité, modifier la forme de cet encouragement.

Il est un chapitre du budget qu'il nous a paru également instructif de résumer d'après les chiffres fournis par la Commission des fonds, afin de mettre en regard des sommes disponibles les dépenses de l'exercice écoulé.

Nous voulons parler des secours : 1° aux inventeurs et artistes industriels; 2° aux contremaîtres et aux ouvriers de certaines industries. Parmi les noms des bienfaiteurs qui se sont ainsi préoccupés de leurs anciens collaborateurs, se trouve celui de M. Legrand, dont notre vice-président honoraire, M. Lavollée, vous disait la bonté simple et modeste.

Noms des donateurs.	Objets des donations.	Disponibilités au 31 décembre 1895. fr. c.	Secours distribués en 1896. fr. c.
MM. Bapst.	1re p[le]. Secours aux inventeurs . . .	1 565,20	250 »
—	2e — Assistance des inventeurs dans leurs travaux. . . .	7 178,75	6 075 »
Christophle et Bouilhet.	*a*. Délivrance de premières annuités de brevets.	2 636,65	1 365 »
Christophle et Bouilhet.	*b*. Secours à des artistes industriels.	1 443,70	976,45
Henri Giffard.	Secours aux inventeurs. . .	9 804,05	10 300 »
Mme la princesse Galitzine.	Mémoire.	509,85	»
M. Carré.	Mémoire..	422,83	»
	SECOURS AUX CONTREMAITRES ET OUVRIERS DE :		
MM. *Fauler.*	L'industrie du cuir.	1 024,46	»
Legrand.	— de la savonnerie. . .	1 229,30	»
De Milly.	— de la stéarinerie. . .	1 073,31	»
Baccarat.	— de la cristallerie. . .	347,09	»
Ménier.	— des arts chimiques. .	602,72	»
D'Aboville.	Patron occupant des ouvriers infirmes.	226,30	»
	Total.	28 064,21	18 966,45

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

D'après ces chiffres résultant du bilan que, sur notre demande, la Commission des fonds veut bien joindre dorénavant à l'énumération et au détail des divers comptes, la dotation Giffard seule, grâce à une avance du compte Frais généraux, a donné au delà de ses disponibilités. Faute de demandes répondant aux conditions précises des libéralités dont nous sommes les dépositaires, près de 33 p. 100 des fonds destinés à des contremaîtres, à des ouvriers méritants, à des artistes industriels sont demeurés sans emploi au cours du dernier exercice.

Souhaitons que la publicité donnée à nos comptes rendus mette à même les intéressés de profiter plus complètement des fondations créées en leur faveur.

Le *fonds d'accroissement* constitue seul la deuxième partie de nos comptes. Ceux de nos nouveaux collègues qui voudraient en connaître les origines trouveront dans la collection du *Bulletin* (année 1829, p. 196 et suivantes) un rapport détaillé de M. Agasse, à cette époque trésorier, sur le compte de la succession de Mme la comtesse Jollivet.

Ils y verront comment, animée des mêmes sentiments que le comte Jollivet décédé avant elle, cette femme de bien légua à notre Société plus de 250 000 francs, ne mettant d'autres conditions à cette donation magnifique que d'employer le capital en rentes sur l'État, de distribuer le produit à perpétuité en encouragements pour l'industrie nationale, et d'accroître cette fortune pendant soixante ans, par la capitalisation du quart du revenu augmenté des intérêts et des intérêts des intérêts.

Notre Société reçut ainsi un supplément immédiat de revenu annuel d'environ 9 000 francs et, pour l'accroissement, une première inscription de rente de 846 francs.

En avril 1882, les soixante ans stipulés par Mme la comtesse Jollivet étaient accomplis et les 846 francs du premier titre réservé au fonds d'accroissement s'étaient transformés en 40 396 francs de rente.

Constatant ce résultat d'une sage prévoyance, M. Legrand, alors président de la Commission des fonds, s'exprimait comme suit dans la séance générale du 22 décembre 1882 (1) :

Notre conseil, pénétré du désir de perpétuer la pensée d'avenir qui avait inspiré le testateur, a formé le projet de continuer, en faveur de nos successeurs, l'œuvre de Mme la comtesse Jollivet, afin que son nom et celui de son mari restent à jamais attachés

(1) *Bulletin*, 3e série, tome IX, p. 588 et suiv.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à la prospérité de la Société d'Encouragement, et après en avoir délibéré dans sa réunion du 9 juillet 1882, il a été décidé, à l'unanimité, qu'une somme de 100 000 francs inscrite au budget sous le titre : Legs du comte et de la comtesse Jollivet, serait réservée et immobilisée en rentes 3 p. 100, dont les arrérages devront être employés en fonds de même nature pendant cinquante ans, de manière à constituer pendant cette période de temps une capitalisation pareille à celle que Mme la comtesse Jollivet avait instituée par son testament.

A l'expiration de la période de cinquante années, le chiffre produit par cette capitalisation successive, à partir du 1er avril 1882, sera mis alors à la disposition de la Société, et la somme principale de 100 000 francs, immobilisée, continuera à être employée à des capitalisations du même genre, pour des périodes successives de cinquante années qui concourront ainsi à l'accroissement des revenus disponibles de la Société.

La proposition du Conseil, sanctionnée par le vote également unanime de l'assemblée, est devenue notre loi. Vous pouvez vous en rapporter à M. Goupil de Préfeln pour l'exécution ponctuelle de cette mesure de prévoyance qui, dès la fin de l'année 1896, nous assurait des arrérages de 5900 francs en rente 3 p. 100.

Vous voudrez bien, Messieurs, excuser cette longue digression ; je n'ai pas su résister au plaisir de rappeler l'acte qui a le plus contribué à la prospérité matérielle de notre Société. Depuis 1883, la première partie de nos comptes (*fonds généraux*) recueille, de ce fait, un supplément de recettes annuelles de 40 000 francs.

Vous vous demanderez peut-être comment avec de pareilles ressources la Commission des fonds constate encore un déficit de 2268 fr. 55, qui s'élèverait même à 3005 fr. 05 si l'on ajoutait le solde débiteur (736 fr. 50) du compte spécial au Comité des alliages. Ce déficit tient surtout à ce que les dépenses extraordinaires faites dans l'hôtel de la Société en 1894 ont pesé presque tout entières, comme vous l'a expliqué déjà notre collègue, M. Bordet, sur l'exercice suivant et, en outre, à ce que le même exercice a soldé les frais de confection de la dernière table décennale. Vous avez décidé d'inscrire chaque année une provision de 300 francs en vue de la prochaine table ; vous éviterez par là de faire porter sur un seul budget la dépense incombant réellement à des périodes plus longues.

Peut-être aussi, lorsqu'un exercice présente des bonis, serait-il utile d'employer tout ou partie de ces reliquats à la constitution d'une réserve disponible et de ne point les immobiliser immédiatement en valeurs nominatives, d'une réalisation assez difficile avec une société telle que la nôtre?

Pour obtenir ces bonis, il convient nécessairement de suivre l'avis de la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Commission des fonds, d'apporter dans nos services intérieurs une économie sérieuse ; il importe aussi d'accroître le nombre des sociétaires; les cotisations ne devraient-elles pas équilibrer tout au moins les frais de rédaction et d'impression du *Bulletin*?

Les soins apportés à cette publication par notre dévoué et distingué collègue, M. Gustave Richard, la propagande éclairée des membres du Conseil permettront sans doute de réaliser ce désidératum.

L'insertion d'annonces payantes sous la couverture du *Bulletin* apportera aussi, nous l'espérons, un sérieux supplément de recettes et donnera à notre budget un peu plus d'élasticité.

En terminant, Messieurs, nous nous associons aux conclusions de la Commission des fonds et vous demandons : 1° d'approuver les comptes de l'exercice écoulé ; 2° d'adresser nos très vifs remercîments à M. Goupil de Préfeln pour son infatigable dévoûment.

Édouard Simon.

Lu et approuvé en séance, le 9 juillet 1897.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1896

ACTIF

Immeuble de la Société	600.000 »	
Portefeuille de la Société	2.144.60 ,56	
		2.744.609,56
Portefeuille des fondations	572.396,21	
Portefeuille du fonds d'accroissement	200.377,49	
		772.773,70
CAISSE, BANQUIERS :		
Crédit Foncier	13.118,49	
Caisse des Dépôts et Consignations	32.216,11	
Caisse du Siège social	7.071,82	
Caisse du Trésorier	2.194,93	
		54.601,35
Fonds généraux : Solde débiteur		2.268,55
Débiteurs divers		3.596,70
Solde débiteur du compte « Alliages »		736,50
		3.578.586,36

PASSIF

Valeurs mobilières et immobilières appartenant à la Société			2.744.609,56
Valeurs des fondations		772.773,70	
FONDATIONS :			
Compte-courant Jollivet	46,30		
— Bapst (A.)	1.315,20		
— Bapst (J.)	1.103,75		
— Christofle	1.271,65		
— Galitzine	509,85		
— Carré	422,83		
— Fauler	1.024,46		
— Legrand	1.229,30		
— Christofle et Bouilhet	467,25		
— de Milly	1.073,31		
— de Baccourt	347,09		
— Ménier	602,72		
— Classe 65	766,09		
— d'Aboville	226,30		
— Giffard	57,45		
— Melsens	360,80		
— Classe 50	645,99		
— Parmentier	1.354,90		
— Classe 51	124,93		
— — 21	65,77		
— — 63	545,50		
— — 75	1.000 »		
— Souscriptions perpétuelles à vie	37,66		
— Comité d'expériences sur le verre	1.000 »		
— de Salverte	10,35		
		15.579,45	
			788.353,15
RÉSERVE DES PRIX : Prix d'Argenteuil		12.933,10	
— Grand prix de la Société		3.142,78	
— Prix Roy		7.014,58	
— Prix Meynot		8.027,17	
— Prix Giffard		1.098,48	
			32.216,11
Créanciers divers			13.407,54
			3.578.586,36

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

COMMERCE

RAPPORT fait par **M. C. Lavollée**, *au nom du Comité du commerce*, sur l'*Alliance française*, association pour la propagation de la langue française à l'étranger, et sur l'*enseignement des langues étrangères en France.*

MESSIEURS,

Le Conseil a accueilli avec un vif intérêt, dans sa séance du 26 juillet 1895, et il a renvoyé à l'examen du Comité du commerce, une communication qui lui a été faite sur l'*Alliance française* par M. Foncin, inspecteur général de l'Instruction publique, secrétaire général de cette association, qui a pour objet la propagation de la langue française à l'étranger, ainsi que dans nos colonies et dans les pays de protectorat.

L'*Alliance française* a été fondée en 1883, approuvée par arrêté du Ministre de l'Intérieur du 24 juillet 1884 et reconnue comme établissement d'utilité publique par décret du 23 octobre 1886. L'empressement avec lequel le Gouvernement a cru pouvoir accorder à cette association, née à peine, la consécration définitive est amplement justifié par la confiance que son avenir faisait concevoir, par les services déjà rendus et par ceux que l'on doit attendre de son développement. L'association compte, en France et à l'étranger, plus de 30 000 adhérents; elle a institué dans la plupart de nos départements des comités de propagande; elle entretient ou subventionne, dans les colonies et à l'étranger, de nombreuses écoles; elle organise des conférences; elle a créé à Paris un cours de vacances destiné aux étrangers désireux de se perfectionner dans la connaissance de la langue, de la littérature, des institutions et des arts de la France; elle publie un *Bulletin*, où sont relatés, avec leurs résultats, les principaux actes de sa propagande. Son budget, alimenté par les cotisations de ses membres, par des subventions, par des dons et des legs, au nombre desquels figure en première ligne un capital de 100 000 francs provenant du legs Giffard, dépasse, en recettes et en dépenses, 200 000 francs. Il s'agit, en un mot, d'une grande association, devenue

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

adulte en peu d'années, sous la direction d'un Conseil dont les membres doivent à leur carrière ou à leurs études une compétence spéciale, et avec la collaboration d'un secrétaire général qui, dans l'exercice de ses hautes fonctions universitaires, s'est appliqué à développer dans nos écoles l'enseignement de l'histoire et de la géographie.

Jusqu'à la fin du siècle dernier, la langue française était la plus usitée dans les rapports internationaux. Dès le moyen âge, la conquête des Normands l'avait importée en Angleterre, où elle devenait le langage de la cour et de l'aristocratie ; les croisades l'avaient également transportée en Orient, où se parle encore la langue *franque*. Plus tard, la révocation de l'Édit de Nantes fit émigrer vers l'Allemagne et les Pays-Bas de nombreuses familles françaises, qui y ont conservé pendant plusieurs générations la langue ainsi que les mœurs de leur première patrie. Pendant la période la plus brillante de la colonisation française, notre langue a été parlée à Saint-Domingue, à la Louisiane, au Canada, et nous voyons que, surtout au Canada, elle survit à une longue séparation. En Russie, la grande Catherine s'efforça, non sans succès, de l'y introduire, avec les écrits de nos philosophes dont elle recherchait la correspondance et les flatteries. Plus récemment même, à la suite des guerres de la Révolution et de l'Empire, notre langue, en même temps que notre Code, pénétrait dans des régions de l'Europe comme une protestation contre des institutions demeurées empreintes de féodalité et d'ancien régime.

La langue française a donc, par ces expansions diverses, fait en quelque sorte le tour du monde ; elle avait conquis l'Europe, une partie de l'Asie, de l'Afrique, de l'Amérique. Aujourd'hui, si, grâce à ses qualités de précision et de clarté, peut-être aussi par tradition, elle a conservé sa prééminence pour la rédaction des documents diplomatiques échangés entre les gouvernements, elle conserve à peine, et en tout cas elle ne voit pas s'étendre l'usage qui en était fait dans les rapports entre les peuples, dans les relations privées de famille ou d'affaires. Son champ s'est rétréci. La langue anglaise et la langue allemande lui ont disputé sa part, avec l'ambition trop justifiée d'agrandir la place que leur assignait le développement des conquêtes politiques et commerciales de l'Angleterre et de l'Allemagne. Nous assistons même, dans des pays moindres, à une sorte de réaction contre la langue et la littérature françaises ; ainsi, en Belgique, le français a cessé, depuis quelques années, d'être exclusivement la langue officielle. Il y a là tout un ensemble de faits pénibles à constater. Il peut en résulter pour nous une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

diminution de notre influence, un arrêt, ou tout au moins une gêne sérieuse dans la propagation de nos idées, un préjudice grave pour nos intérêts, une atteinte à notre grandeur. Tels sont les périls contre lesquels l'*Alliance française* a vaillamment engagé la lutte.

Hâtons-nous de dire que l'*Alliance* a obtenu tout d'abord de nombreuses et puissantes adhésions, tant à l'étranger qu'en France. A l'étranger, ces adhésions ne proviennent pas seulement de la population française qui y réside; elles ne sont pas uniquement dues au patronage, qui leur est assuré, de nos agents diplomatiques et consulaires. Elles proviennent en grande partie des étrangers eux-mêmes, qui reconnaissent la nécessité de conserver et de propager l'usage de la langue française. Longue serait l'énumération des pays, des capitales, des villes importantes où se sont ouvertes successivement des écoles françaises sous les auspices de l'*Alliance*. On la trouvera dans le *Bulletin* que publie la société et dans un très intéressant article de M. P. Legendre, publié par le *Monde moderne* (numéro de juin 1896). Notons seulement les heureux succès de la propagande en Espagne, en Suède, en Hollande, etc. Si importantes que soient nos relations commerciales avec la plupart des pays où l'*Alliance* s'est organisée, il est utile de constater que, dans quelques-uns de ces pays, c'est l'intérêt purement littéraire qui suscite et entretient le zèle des adhérents; hommage rendu au génie même de notre langue, à notre littérature, à la science française, à nos arts. Cet hommage, qui autorise en nous quelque fierté, n'est point stérile. Nos industries de l'imprimerie et de la librairie, ainsi que nos industries d'art, en profitent par l'incessante propagande des idées et des sentiments qui honorent notre patrie.

Les fondateurs de l'*Alliance* se sont, en outre, inspirés de l'intérêt particulier, et tout actuel, que doit donner à leur œuvre le réveil des entreprises coloniales. Depuis vingt ans, notre domaine extérieur s'est fort agrandi. En Tunisie, au Tonkin, à Madagascar, l'autorité politique de la France s'étend sur de nombreuses populations indigènes avec lesquelles il importe à la métropole de faciliter les relations usuelles, en y répandant l'instruction par son langage, si l'on veut que les sujets ou les protégés comprennent et acceptent leur condition nouvelle. La connaissance de la langue est le premier degré de la soumission et de la confiance. Aussi le conseil de l'*Alliance française* n'a-t-il point hésité à consacrer une large part de ses efforts et de ses subventions aux établissements de nos nouvelles colonies.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Au point de vue général, il serait superflu d'arrêter plus longtemps votre attention sur le dommage, en quelque sorte national, que nous cause l'affaiblissement signalé dans l'usage de notre langue à l'étranger. Le Comité du commerce se bornera donc à insister sur l'intérêt commercial qui s'attache à la question. Cet intérêt est très considérable. Ainsi que le rappelait M. Foncin, dans sa communication du 26 juillet 1895, « tout client de la langue française devient un client des produits français ». Entre l'échange des idées, dont la langue est l'instrument, et l'échange des marchandises, il y a une affinité naturelle. La communauté du langage entretient une similitude de goûts et de besoins à satisfaire, en même temps qu'elle facilite l'opération commerciale qui est ainsi claire et directe.

Les lois de douane, les règlements fiscaux peuvent atténuer les effets de la préférence naturelle qui s'accorde aux produits d'un pays dont l'acheteur connaît la langue et dont il est mieux disposé par suite à s'approprier les goûts et les habitudes; mais ni les lois ni les règlements ne sauraient faire disparaître complètement une clientèle conquise par la communauté de langage. Les statistiques commerciales sont décisives sur ce point. Il faut donc s'appliquer à propager notre langue française, en considérant que cette propagande est l'un des moyens les plus efficaces de servir, à l'étranger, notre industrie et notre commerce. C'est ce que font, respectivement pour leur langue, et dans une très large mesure, l'Angleterre et l'Allemagne. Ces deux nations ne négligent aucun effort pour répandre par le monde entier la connaissance de l'anglais et de l'allemand. Il ne leur suffit pas d'ouvrir partout des écoles ou des instituts pour leurs nombreux émigrants, qu'ils tiennent à conserver sinon comme nationaux, du moins comme consommateurs; elles appellent dans ces écoles les jeunes générations des pays où leurs émigrants vont s'établir, avec la conviction que leur commerce tirera profit de cette intelligente libéralité. Dans certaines régions, l'intérêt de la propagande religieuse s'allie souvent à l'intérêt mercantile pour l'organisation de l'enseignement indigène. Même en ce cas, peut-être même avec plus de chances de succès, la propagande est utile. La France n'a point, comme l'Angleterre et l'Allemagne, un nombreux effectif d'émigrants. Elle n'en est que plus intéressée à redoubler d'efforts pour conserver la clientèle qui lui reste et pour agrandir, en face de redoutables concurrents, le champ de son activité commerciale. Aux États-Unis, à la Plata, au Brésil, au Mexique, nous avons des colons d'ancienne date, qui se renouvellent par une émigration à laquelle nos départements des Pyrénées et des Alpes prennent la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

plus forte part. En Syrie, en Égypte, notre situation, très vivement attaquée, est encore favorable. Est-il besoin de signaler l'influence honorable et saine que notre pays doit à l'entretien des écoles d'Orient? Pour la France, comme pour l'Angleterre, la propagande religieuse est souvent profitable et à notre politique et à notre commerce. A ces éléments anciens, à ces souvenirs encore vivaces s'ajoute la perspective du progrès qu'il est permis d'espérer dans des régions nouvelles, et notamment dans les colonies et dans les pays de protectorat, pour la propagation de notre langue. Telle est l'œuvre à laquelle se consacre l'*Alliance française*, au moyen de procédés aussi variés qu'ingénieux, avec un budget encore modeste, qui mérite de s'accroître, et surtout avec un zèle tout patriotique, auquel nous sommes heureux de rendre hommage.

En étudiant la communication de M. Foncin sur l'*Alliance française*, le Comité du commerce a cru pouvoir, sans dépasser les limites du mandat que vous lui avez confié, rechercher où en est et ce que pourrait et devrait être, dans l'intérêt de nos échanges commerciaux, la connaissance des langues étrangères en France. C'est là un autre aspect, non moins important, de la même question. S'il convient, en effet, de recruter au dehors le plus grand nombre de consommateurs parlant notre langue et recherchant nos produits, il est également nécessaire que nous soyons, autant que possible, familiarisés avec les langues des divers pays où nous entretenons des relations commerciales. Or, sur ce dernier point, nous sommes, il faut le dire, inférieurs à nos concurrents. Dans nos grandes maisons de banque ou de commerce, le soin de la correspondance étrangère est très souvent confié à des commis étrangers, particulièrement à des Allemands ou à des Suisses. Alors que les maisons étrangères, établies en France, n'emploient guère que leurs nationaux, les maisons françaises, établies à l'étranger, sont obligées d'employer des commis étrangers. Les Français perdent ainsi l'occasion d'occuper, même en France, un grand nombre d'emplois lucratifs, sans compter que l'intervention excessive de l'élément étranger dans les échanges internationaux diminue nécessairement, tant en France qu'au dehors, la place que notre commerce devrait occuper et les bénéfices qu'il pourrait obtenir. Tous ceux d'entre nous qui ont franchi nos frontières, ceux surtout qui ont voyagé au loin, ont observé cette lacune dans notre organisation commerciale. Il est avéré que la connaissance des langues étrangères est, en France, tout à fait insuffisante, et qu'il est urgent d'y remédier.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nous avons vu le temps où l'enseignement des langues étrangères se bornait à un cours d'anglais ou d'allemand professé dans les collèges, avec une seule leçon par semaine, facultatif d'ailleurs, placé, dans la hiérarchie du savoir scolaire, bien au-dessous du latin et du grec, et ne donnant que de très médiocres résultats. En 1860, la conclusion des traités de commerce, l'extension de nos relations au dehors, l'obligation d'étudier directement et de plus près les procédés et les usages industriels des pays étrangers incitèrent les chambres de commerce à créer des cours spéciaux dans les écoles qu'elles commençaient à fonder. Après 1870, le gouvernement jugea nécessaire d'encourager l'enseignement de la langue allemande et décida que, dans les examens d'admission aux différentes écoles militaires ou scientifiques, la connaissance de l'allemand serait favorisée par une cote plus élevée que par le passé. Enfin, chaque fois qu'il a été question, dans ces derniers temps, de reviser les programmes universitaires, il a été reconnu qu'une part plus grande doit être faite à l'étude des langues étrangères dans les lycées et dans les collèges. Ces actes et ces tendances méritent assurément d'être approuvés ; mais il faut convenir que leurs résultats ne peuvent être que très limités. L'enseignement ainsi conçu s'adresse à de futurs officiers, à des jeunes gens appelés à suivre les carrières dites libérales, et, pour le commerce, à une élite seulement de nos futurs industriels ou négociants. Il ne s'applique d'ailleurs qu'à l'anglais et à l'allemand, ou, dans de très rares établissements, à l'espagnol et à l'italien. Il appartient au gouvernement et aux municipalités des grandes villes (Paris a donné l'exemple) d'améliorer et d'agrandir cette branche importante de l'enseignement.

A côté de l'action officielle peut s'exercer, avec plus d'efficacité peut-être, l'initiative privée. Nous avons eu la satisfaction de relever, dans le cours de notre étude, l'existence de plusieurs sociétés, qui se sont vouées avec le plus grand zèle à l'œuvre qui en fait l'objet. A Paris, sous les auspices de la Chambre de commerce, présidée alors par notre collègue M. Gustave Roy, s'est fondée la *Société commerciale pour l'étude des langues étrangères,* et plus récemment (il y cinq ans) s'est formée la *Société pour la propagation des langues étrangères*, dont notre collègue M. Levasseur est l'un des présidents d'honneur. La première de ces sociétés compte un millier d'élèves ; la seconde marche sur ses traces. Organisées commercialement, c'est-à-dire avec le sens pratique et une économie nécessaire, pourvues d'excellents professeurs,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

munies d'une bibliothèque appropriée, ces écoles, dont les cours se tiennent généralement le soir, rendent les plus grands services. On n'y professe pas seulement l'anglais et l'allemand, l'italien et l'espagnol : la langue russe y a sa chaire aussi bien que la langue arabe. Chaque année, une assemblée générale, une distribution des prix réunit les patrons de l'École, les professeurs et les élèves. Votre rapporteur a eu l'honneur d'assister à la distribution des prix de la *Société commerciale*, sous la présidence de M. Couvreur, vice-président de la Chambre de commerce de Paris, particulièrement chargé, au nom de cette Chambre, de la direction de l'École, à laquelle, depuis plusieurs années, il donne tous ses soins. Rien de plus instructif que cette affluence d'étudiants des deux sexes, de 15 à 25 ans pour la plupart, contremaîtres, employés, commis de tout ordre, ayant consacré pendant l'année leur soirée à l'étude après une journée laborieuse, exprimant dans leur attitude la ferme volonté de parvenir, demandant aux différents idiomes le secret et l'espoir de leur avenir, unanimes cependant à comprendre la parole bien française de leur président qui, entouré des professeurs, applaudit au mérite intelligent de leur effort. L'impression que l'on recueille là, c'est que les élèves ne manquent pas, ne manqueront jamais, dans ces rangs pressés du travail, où le désir de s'élever par l'étude, c'est-à-dire d'améliorer sa condition matérielle et morale, se manifeste avec tant d'évidence et avec une si louable énergie. Le devoir est donc, pour nous, de leur ouvrir des cours tels que ceux dont les deux sociétés que nous venons de mentionner ont pris l'initiative, des cours libres pour les langues des pays avec lesquels nous avons intérêt à entretenir des relations, des cours commerciaux adaptés aux régions les plus éloignées comme aux plus proches, même aux régions qui sont aujourd'hui encore réputées sauvages, mais qui, bientôt peut-être, ne le seront plus. N'est-ce point pour conquérir des consommateurs et des trafiquants que l'Europe se dispute le continent africain ? Bien avisés seront ceux qui, à la suite des explorateurs de territoires, sauront les premiers comprendre et parler les langues du Congo !

L'exemple est donné ; il est permis d'espérer qu'il sera suivi, et que l'action des associations privées se joindra à celle de l'État pour combler la grave lacune que présente encore notre enseignement commercial. Ce n'est point exagérer que d'affirmer qu'il y va de l'avenir même de nos échanges, par conséquent de la prospérité du travail national. La langue est l'instrument indispensable des contrats. Tous nos consuls, dans leurs rapports, signalent la rareté des voyageurs de commerce français sur les mar-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

chés étrangers, la difficulté des relations directes avec la France, et jusqu'à l'inutilité des prospectus et des prix courants rédigés seulement en français. Ils y voient une cause très sérieuse d'infériorité en face de nos concurrents, principalement de nos concurrents de l'Allemagne. Il ne suffit donc pas que nous enseignions aux étrangers, comme le fait l'*Alliance française*, l'usage de notre langue. Il n'importe pas moins que les Français, qui se destinent aux carrières du commerce et de l'industrie, connaissent de leur côté les langues des autres pays. C'est un double problème. Les associations qui s'appliquent à le résoudre dans un sens ou dans l'autre ont un droit égal à la gratitude publique.

Le comité du Commerce vous propose de remercier de nouveau M. Foncin pour sa communication du 26 juillet 1895 sur l'*Alliance française* et d'adresser les encouragements du Conseil aux deux associations mentionnées dans le présent rapport, dont il vous prie d'ordonner l'insertion au *Bulletin* de la Société.

Signé : C. LAVOLLÉE, *rapporteur.*

Lu et approuvé en séance le 9 juillet 1897.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

COMMERCE

L'OUVRIER AMÉRICAIN, par **M. E. Levasseur,** *membre du Conseil* (1).

J'étais, il y a quelques mois, à Mulhouse, où la Société industrielle, une des plus actives et des plus méritantes sociétés de province dont la France d'avant 1870 s'honorât, m'avait demandé de faire une conférence. Dès que Mulhouse faisait appel à un Français, c'était un devoir, autant qu'un honneur, de répondre à cet appel. Je l'ai fait et, comme je parlais devant une assemblée composée principalement de grands manufacturiers, j'ai, d'accord avec le président de la Société, pris pour sujet, *L'ouvrier américain*, dont j'ai fait une étude spéciale pendant mon dernier séjour en Amérique et depuis mon retour en France.

J'accomplis encore aujourd'hui un devoir, — et je m'en honore, — en acquittant, sur l'invitation de notre éminent président, ma dette de bienvenue envers la Société d'Encouragement à l'industrie nationale, et j'ai cru aussi devoir choisir, — sans la traiter pour cela tout à fait de la même façon, — la question de *L'ouvrier américain*. La question est assez ample et a des aspects assez divers pour qu'on puisse, sans se répéter, en parler deux fois.

La Société d'Encouragement, qui a tant fait depuis un siècle pour soutenir, stimuler et propager l'invention, s'est toujours intéressée non moins à la main qui conduit l'outil qu'à l'outil lui-même ; elle sait que la prospérité de l'industrie dépend de causes complexes qui sont étroitement liées les unes aux autres : l'intelligence technique et commerciale qui invente, coordonne, dirige et qui se résume dans la personne de l'entrepreneur ; le capital qui fournit le matériel et paie le travail ; l'outillage qui, dans notre siècle, a si magnifiquement accru la puissance de l'homme sur la matière, le travail d'exécution qui met en action l'outillage et en œuvre la matière et qui accomplit tous les détails de la production. En général, trois choses importent également pour préparer et assurer la victoire : l'état-major, les soldats, l'armement. Dans l'effort que fait l'industrie pour produire la richesse en abondance, les trois mêmes coopérateurs sont nécessaires : la tête, le bras, l'instrument. De leurs qualités spéciales et de l'organisation qui en fait des collaborateurs dépend le succès. C'est du soldat que je vous parlerai.

Je viens de dire que cette question avait des aspects multiples. J'ai consacré plus d'une année à l'exposer dans mon cours du Collège de France et

(1) Conférence faite à la *Société d'Encouragement pour l'industrie nationale*, le 30 avril 1897.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'ouvrier américain, à l'impression duquel je travaille, formera deux volumes. Je ne toucherai donc que quelques points de cette question ; j'en choisis trois, que je crois essentiels pour donner une idée de la condition actuelle de l'ouvrier aux États-Unis : le salaire qu'il reçoit, l'outillage qu'il manœuvre, le genre de vie qu'il mène.

Première Partie.

Premièrement, le *salaire*. Ce salaire est en général très élevé. Sans doute, il ne l'est pas également dans tous les cas. Il y a en Amérique, comme partout, une échelle très étendue, depuis les salaires du *Sweating system* qui descendent, pour les femmes, à 50 cents (soit 50 sous) et même moins, jusqu'aux salaires exceptionnels de certains ouvriers qui dépassent 6 dollars (soit 30 francs en ne comptant le dollar que pour 5 francs). Je me bornerai à quelques exemples.

Je les prends d'abord dans la catégorie des salaires médiocres. Le recensement de 1890 porte le salaire ordinaire des ouvriers des industries textiles, qui appartiennent à cette catégorie, entre 7,25 et 10,44, dollars par semaine : ce qui fait environ 6 fr. 30 à 8 fr. 70 par jour ; le rapport sur les salaires présenté au Sénat par l'honorable M. Aldrich donne une moyenne un peu moindre : 1,13 dollar (5 fr. 65) par jour dans l'industrie du coton, et 1,17 dollar (5 fr. 85) dans l'industrie de la laine. Dans les mines de fer, les ouvriers n'ont en moyenne que 1,06 dollar par jour (5 fr. 20) ; dans les mines de charbon, ils ont 1,91 dollar (9 fr. 65).

Dans la catégorie des salaires élevés se place la teinturerie ; dans un établissement du Massachusetts, où j'ai relevé les comptes sur les livres de paie de chaque atelier, j'ai trouvé que les imprimeurs avaient touché, l'un dans l'autre, 28 dollars par semaine (soit 23 fr. 30 par jour). L'aciérie est dans la même catégorie ; les lamineurs « rollers », qui sont les premiers ouvriers de cette industrie, reçoivent ordinairement 5,31 à 7,35 dollars par jour (soit 26 fr. 55 à 36 fr. 95). Dans l'usine de Homestead, qui a été en 1882 le théâtre d'une grève sanglante, j'ai vu un conducteur en chef du laminoir dont le salaire s'élevait, d'après le témoignage du patron dans l'enquête qui a suivi cette grève, à 15 et 16 dollars par jour (75 à 80 francs).

Il est juste d'ajouter que, dans ces usines, il y a beaucoup de manœuvres à côté de quelques ouvriers d'élite ; car on a calculé que, sur 100 ouvriers, il n'y en avait qu'un dont le salaire dépassait 6 dollars et qu'il y en avait 71 dont le salaire variait entre 1 et 2 dollars (5 à 10 francs).

Le bâtiment est aussi une des industries où le salaire est très élevé. Les syndicats ont contribué à le faire hausser ; le sénateur Aldrich donne, comme moyenne, 3 à 3,66 dollars par jour (15 francs à 18 fr. 30). J'ai entre les mains la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

liste des prix de la main-d'œuvre à New York en 1893, et j'y vois que, sur 42 métiers du bâtiment, il y en a 1 où l'ouvrier gagne 4,50 dollars, 12 où il gagne 4 dollars (20 francs) et 8 seulement où le salaire est inférieur à 3 dollars (15 francs).

En 1890-1893, années auxquelles se rapportent la plupart des salaires que j'ai recueillis, le taux était généralement beaucoup plus élevé qu'au milieu du siècle. Permettez-moi d'insister sur ce point en citant quelques chiffres. Un des économistes qui ont le mieux étudié cette question en Amérique, M. Atkinson, s'exprime ainsi dans un livre intitulé *The Distribution of Products.*

> En 1830, date des premières statistiques que je possède, la moyenne générale du gain de tous les ouvriers d'une grande filature, qui travaillaient alors treize heures et plus par jour, et dans le nombre desquels il y avait plus d'hommes qu'aujourd'hui, des femmes plus âgées et moins d'enfants, était de 2,50 à 2,62 dollars par semaine. L'importance de l'outillage que chaque ouvrier manœuvrait était beaucoup moindre qu'aujourd'hui; la production de chaque broche et de chaque métier était moindre; la dépense d'installation par broche ou métier d'une fabrique était beaucoup plus forte et le prix de l'étoffe était plus du double de celui auquel le fabricant peut vendre maintenant avec un profit raisonnable. Le gain moyen hebdomadaire de toutes les ouvrières dans une fabrique du même genre qui, au temps présent, travaillent dix à onze heures avec des conditions sanitaires très améliorées dans leur logement aussi bien que dans l'atelier, est de 5 dollars, de 6 dans certains cas, et davantage pour les plus habiles; c'est-à-dire que des femmes gagnent maintenant en dix heures autant qu'hommes et femmes en moyenne gagnaient en treize heures il y a un peu plus de quarante ans.

L'auteur appuie sa démonstration d'exemples. En voici deux entre autres: dans deux fabriques de la Nouvelle-Angleterre, il a calculé, à l'aide des livres de compte, qu'en 1840, le salaire moyen annuel dans la catégorie des bas salaires était de 175 dollars, et qu'en 1883 il était de 287; dans une fabrique de pianos où les salaires sont plus élevés, il a trouvé 563 dollars en 1843 et 824 en 1880.

Dans mon livre sur *L'agriculture aux États-Unis*, j'ai constaté cet accroissement pour les ouvriers de ferme. En 1850-55, l'ouvrier agricole non nourri gagnait au Connecticut 18 à 20 dollars par mois, il en gagnait 35 à 40 en 1885-90; un fermier de l'Ohio dont le père payait ses ouvriers, nourris, 6 à 8 dollars par mois en 1836, les paie lui-même (en 1892) 15 à 17 dollars. Si on consulte les recensements décennaux, on y voit qu'en 1850, les 958 079 salariés de l'industrie, y compris les directeurs et contremaîtres, avaient reçu 237 millions de dollars, soit 247 dollars en moyenne par tête, et, qu'en 1890, les 4 712 622 salariés ont reçu 2 283 millions, soit 484 dollars par tête. L'accroissement n'est pas douteux. Il n'est pas également apparent dans toutes les professions parce qu'il y en a où les ouvriers ont moins gagné que dans d'autres, et parce que le fait de la hausse réelle est masqué aux yeux de beaucoup d'ouvriers par la hausse apparente

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

produite, de 1862 à 1873, par la circulation en papier-monnaie. La monnaie étant très dépréciée, tous les prix avaient monté ; mais comme la hausse sur les marchandises était beaucoup plus forte que sur les salaires, les ouvriers, en réalité, avaient moins de pouvoir d'achat et leur situation avait empiré pendant cette période et aurait empiré bien davantage si l'activité de l'industrie n'avait, en même temps, rendu les chômages rares. Mais, quelques années après, l'ouvrier ne se souvient plus de telles difficultés ; on lui montre le chiffre nominal du salaire et on lui dit qu'il est victime ; il est volontiers disposé à le croire. Des erreurs de ce genre ne se produisent pas seulement aux États-Unis : c'est ce qui m'excuse d'insister quelques instants sur ce point, pour montrer que l'Amérique, avec ses haut salaires, ne fait pas exception parmi les États civilisés où le prix de la main-d'œuvre a généralement haussé durant la seconde moitié du XIX^e^ siècle.

Dans mon ouvrage sur *L'ouvrier américain*, je termine ainsi le chapitre relatif au salaire des hommes : « Le taux du salaire des hommes employés dans les usines aux États-Unis, gravite probablement autour de 1 dollar trois quarts à 2 dollars par jour : c'est l'évaluation la plus vraisemblable. »

Ce passage était écrit lorsque j'ai eu entre les mains les quatre volumes de l'enquête sénatoriale dirigée par l'honorable M. Aldrich. Je m'en suis servi pour vérifier le chiffre approximatif que j'avais fixé. Pour cela, j'ai pris tous les salaires des groupes, au nombre de 207, qui, dans chaque établissement, comprenaient 10 ouvriers au moins, afin d'éliminer les cas exceptionnels, et j'ai calculé la moyenne de ces 207 salaires au mois de juillet 1891 ; j'ai trouvé 2,07 dollars (10 fr. 35) : résultat qui confirme entièrement l'évaluation que j'avais admise.

Je ne parle que du salaire des hommes. Comme partout, le salaire des femmes est bien inférieur. Les femmes étant moins robustes que les hommes, beaucoup de professions qui exigent de la force, de l'endurance, certain genre d'habileté, et qui sont précisément dans la catégorie des bons salaires, leur sont interdites ; le cercle de leur activité étant restreint, elles se font davantage concurrence : ceci est vrai en général, moins peut-être cependant aux États-Unis qu'en France, parce qu'aux États-Unis les femmes mariées vont moins à l'atelier et encombrent moins le marché du travail.

La plupart des Américaines vivent en famille et, femmes ou filles, dépendent d'autant moins de leur salaire pour leur subsistance que le gain de leur mari ou de leur père est plus fort ; leur propre salaire n'est qu'un complément : autre cause qui leur permet de donner leur travail à bon marché. De l'étude que j'ai faite sur le salaire des femmes, j'ai conclu qu'elles gagnaient à peu près, en moyenne, 1 dollar par jour, c'est-à-dire moitié moins que les hommes. Il y en a même beaucoup qui ne gagnent pas autant ; dans la confection des vêtements et dans la fabrication des cigares à domicile où sévit le « Sweating System », on trouve des se-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

maines de 2 dollars et de 1 dollar 50, pour un travail de douze heures et plus par jour.

Si je compare la moyenne du salaire des hommes aux États-Unis à celle de quelques États européens, je constate qu'elle est bien supérieure à celle qu'on trouverait pour la France, si on avait les éléments d'un pareil calcul : elle est plus que double. Voici un exemple qui est sinon concluant, du moins précis : le commandant de la *Touraine* payait, en 1893, les manœuvres 5 francs la nuit comme le jour au Havre; il les payait à New York 2 dollars le jour et 4 dollars la nuit. Il est vrai que les manœuvres de New York prétendent n'être occupés qu'une partie de la semaine ; ceux du Havre ont-ils un travail plus régulier? Les ouvriers français délégués à l'exposition de Chicago ont reconnu cette différence : « Tous les camarades ont un salaire bien supérieur au nôtre », disait le chapelier, mais les ouvriers estimaient, qu'en général, les chômages étaient plus longs en Amérique qu'en France. L'Office du travail a fait des enquêtes d'où il résulte que le salaire moyen de l'industrie privée dans le département de la Seine était, en 1891, de 6 fr. 25 pour une journée de dix heures et demie, et que, dans les autres départements, la moyenne n'était guère que de 3 fr. 90 : d'où l'on peut se hasarder à dire, sans craindre de se tromper lourdement, que le salaire américain est plus que double du salaire français.

Plusieurs auteurs estiment qu'il est le double du salaire anglais. De l'étude que j'ai faite, je conclus à une moindre différence et je dis : « On ne serait peut-être pas éloigné de la réalité si l'on prenait 5 schellings comme moyenne probable dans l'industrie : ce qui mettrait le salaire anglais à 35 p. 100, soit un tiers au-dessous du salaire américain. Je lisais, il y a quelques jours, dans une revue américaine, une étude sur les sociétés coopératives des États-Unis, dans laquelle l'auteur dit que les sociétés américaines donnent, en moyenne, 607 dollars par an à leurs employés, tandis que les sociétés anglaises leur donnaient seulement 377 dollars, soit 38 p. 100 au-dessous : ce renseignement confirme à peu près mon évaluation.

Si l'on tourne les regards vers l'Europe orientale, on trouve des différences plus considérables : d'après M. Combes de Lestrade, le salaire du tisseur, dans le gouvernement de Moscou, équivaudrait à 3 francs. Une enquête du Département du travail des États-Unis, qu'inquiète la concurrence à bas prix du Japon, a constaté que, dans ce pays, avant l'adoption de l'étalon d'or, le salaire moyen (évalué en or), dans les fabriques, n'excédait pas 20 cents, soit 1 franc. Mais je m'arrête : je ne veux pas faire une conférence sur le salaire comparé.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Deuxième Partie.

Je passe au second point que j'ai à traiter : *l'outillage.*

Il faut avoir visité les fabriques comme je les ai visitées et comme plusieurs d'entre vous ont eu l'occasion de le faire, particulièrement l'année de l'exposition universelle de Chicago, pour comprendre toute l'importance du rôle qui est assigné à l'outillage dans la production américaine.

Je puis, du moins, grâce à la complaisance de M. Richard, notre secrétaire général, vous en donner une idée en faisant passer devant vos yeux la pho-

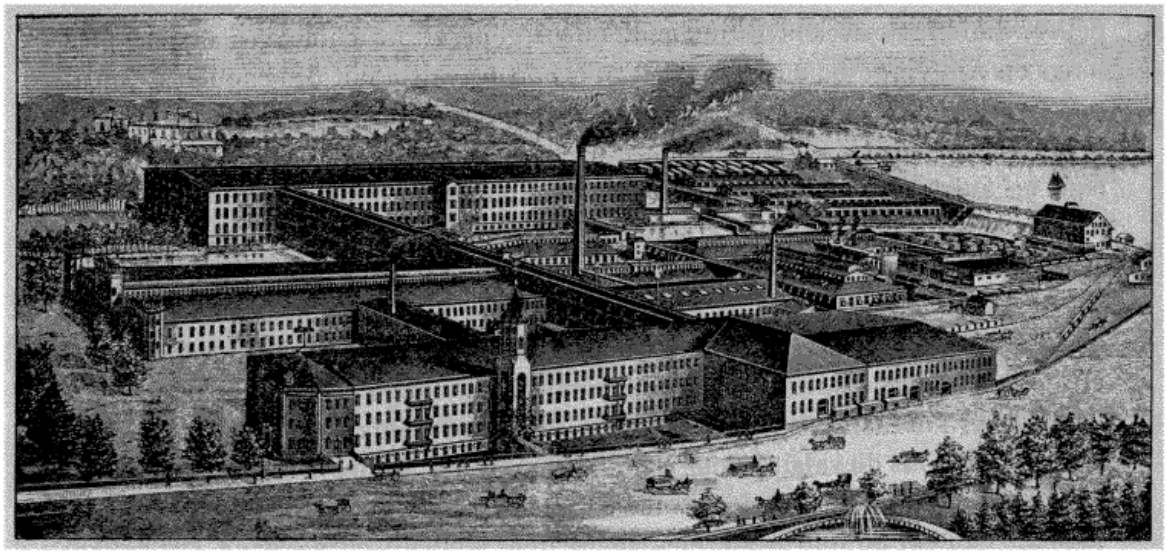


Fig. 1. — *Whithin Shops.* Fabrique de métiers, à Usser (6 hectares et demi).

tographie de quelques grands établissements. Je ne les ai pas pris au hasard. J'ai choisi principalement des ateliers de construction mécanique parce qu'ils sont au nombre des plus vastes (1).

Voici d'abord « Whitin shops » (figure n° 1). L'usine occupait déjà 800 ouvriers en 1831 : elle en compte 1 600 en 1896. Bâtie au pied méridional d'une colline qu'on ne voit pas sur la photographie, traversée par une rivière qui lui fournit une force motrice, elle s'est agrandie successivement et elle couvre aujourd'hui, de ses bâtiments reliés entre eux, une superficie de 6 hectares et demi. On trouve très fréquemment en rase campagne, comme ici, des ateliers à trois et quatre étages. Nous reverrons Whitinville lorsque je vous parlerai des logements ouvriers.

(1) Voir dans l'*Engineering Magazine*, 1896 et 1897, les articles de *MM. Arnold* et *H. Roland*, « Modern Machine Shop Economics » et « Successful Shop Management ».

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Voici l'usine de Niles (*Niles Tool Works*), située à Hamilton, dans l'État d'Ohio (fig. n° 2). Construits plus récemment, les ateliers sont en rez-de-chaussée ; ils forment un ensemble rectangulaire, d'un seul tenant. A droite est la fonderie ; à gauche ; l'atelier de montage, au centre l'atelier de construction ; le bâtiment des machines est isolé dans le fond, le magasin des modèles et l'atelier des tours sont isolés aussi sur le devant ; le tout est relié par des voies ferrées.

La *Columbia Cycle Factory*, fabrique de bicyclettes, établie à Hartford,

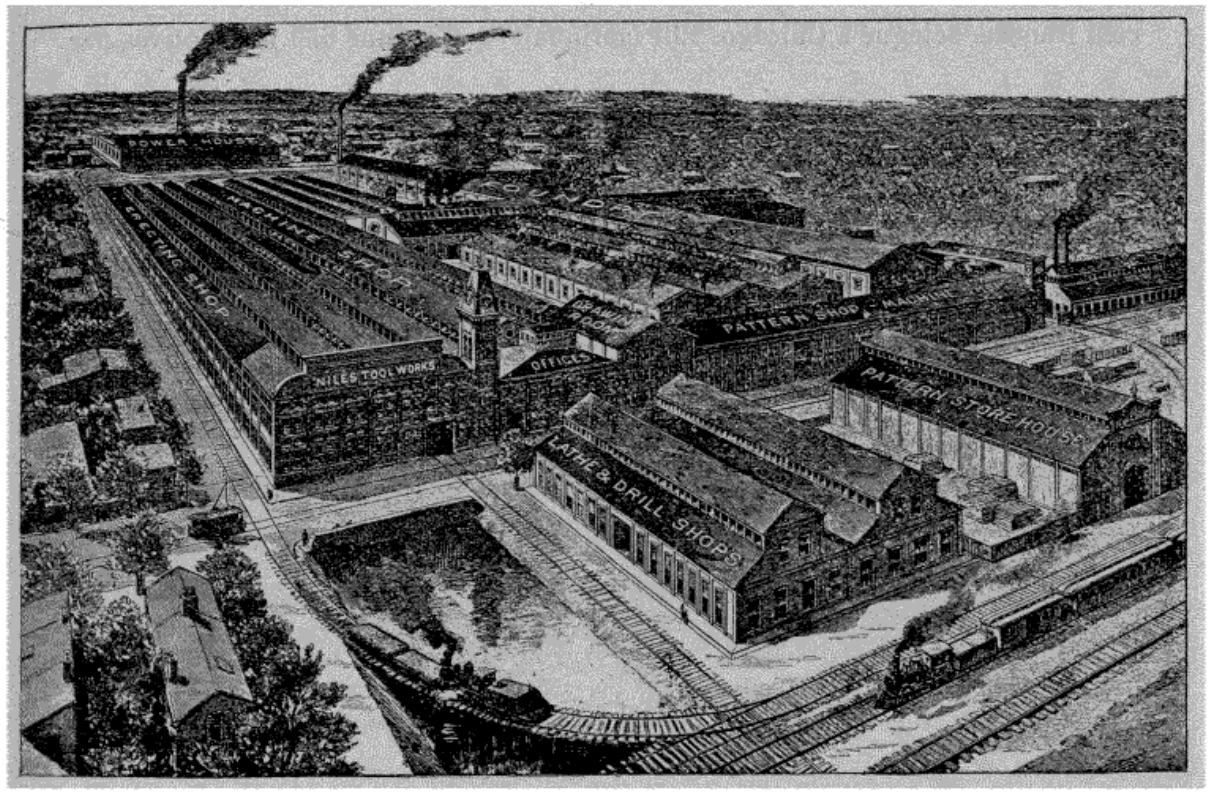


Fig. 2. — *Niles Tool Works.* Fabrique de machines-outils. (Espace couvert : 15 hectares).

dans l'État de Connecticut, vous paraîtra peut-être, sur la photographie, moins importante (fig. 3) ; elle livre cependant 600 vélocipèdes par jour.

Je citerai encore comme exemple remarquable d'atelier spécial celui de *Remington* (fig. 4) qui emploie 600 ouvriers exclusivement à la construction des machines à écrire.

L'usine de *M. Wm. Sellers et C*ie, à Philadelphie, est aussi un modèle de construction sur un plan rectangulaire, les bâtiments sont séparés par une rue (fig. n° 5).

L'usine *Yale et Towne*, qui est la plus importante fabrique de coffres-forts d'Amérique, est située à Stanford, dans l'État de Connecticut (fig. n° 6).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

C'est un établissement qui se distingue particulièrement par le nombre et la bonne tenue de ses institutions patronales.

Un des plus grands établissements de Philadelphie est la fabrique de locomotives fondée par M. Baldwin : *Baldwin Locomotive Works*. Il occupe au centre de la ville un espace de 6 hectares et demi, dans lequel plusieurs rues sont englobées. Il occupait, en 1893, 5 000 ouvriers ; il employait 4 000 chevaux-vapeur, un outillage d'une puissance et d'une activité remarquables, « activité à aquelle nous ne sommes pas habitués en France », disait un ouvrier mécanicien français délégué à Chicago. Elle fabriquait en moyenne 650 locomotives par

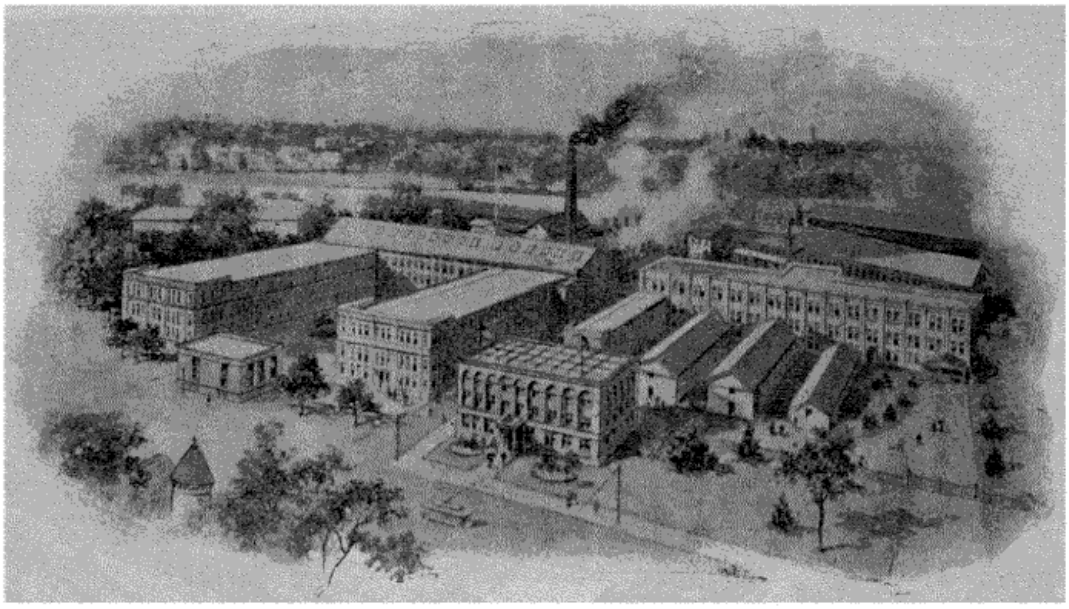


Fig. 3. — *Columbia Cycle Factory*. Fabrique de bicyclettes, à Hartford.

an, sans compter les réparations, et elle était équipée pour en fabriquer 1 000 ; elle avait des clients non seulement dans l'Amérique du nord et dans l'Amérique du sud, mais en Australie et au Japon. Je mets sous vos yeux son atelier de montage avec son chariot roulant électrique qui soulève une locomotive (fig. n° 7).

Je mettrai encore sous vos yeux la vue générale d'un atelier qui, bien que composé de bâtiments à plusieurs étages, est regardé en Amérique comme un des meilleurs types du genre (fig. n° 8) : l'usine de *Brown and Sharp*, située à Providence, dans l'État de Rhode Island.

Dans un autre genre, je vous montre un grand établissement sur lequel M. Mascart pourrait vous renseigner mieux que moi, car c'est la grande fabrique d'appareils électriques de *Westingshouse*, installée à Brinton, près de Pittsburg, dans l'État de Pennsylvanie (fig. n° 9). Elle est située entre des coteaux et un petit cours d'eau, « Turtle creek ».

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

J'aurais voulu vous montrer quelques grands ateliers de filature et de tissage, comme *Merrimack Mills* de Lowell ou « Amoskeag » de Manchester ; mais je n'en ai pas de photographie.

Je ne voudrais pas vous laisser croire que tous les établissements américains ont cet ampleur. Il y en a beaucoup de moyens et il y en a de petits. Mais les petits tendent à disparaître.

Il y a, aux États-Unis, une tendance générale à faire grand ; c'est sur ce type

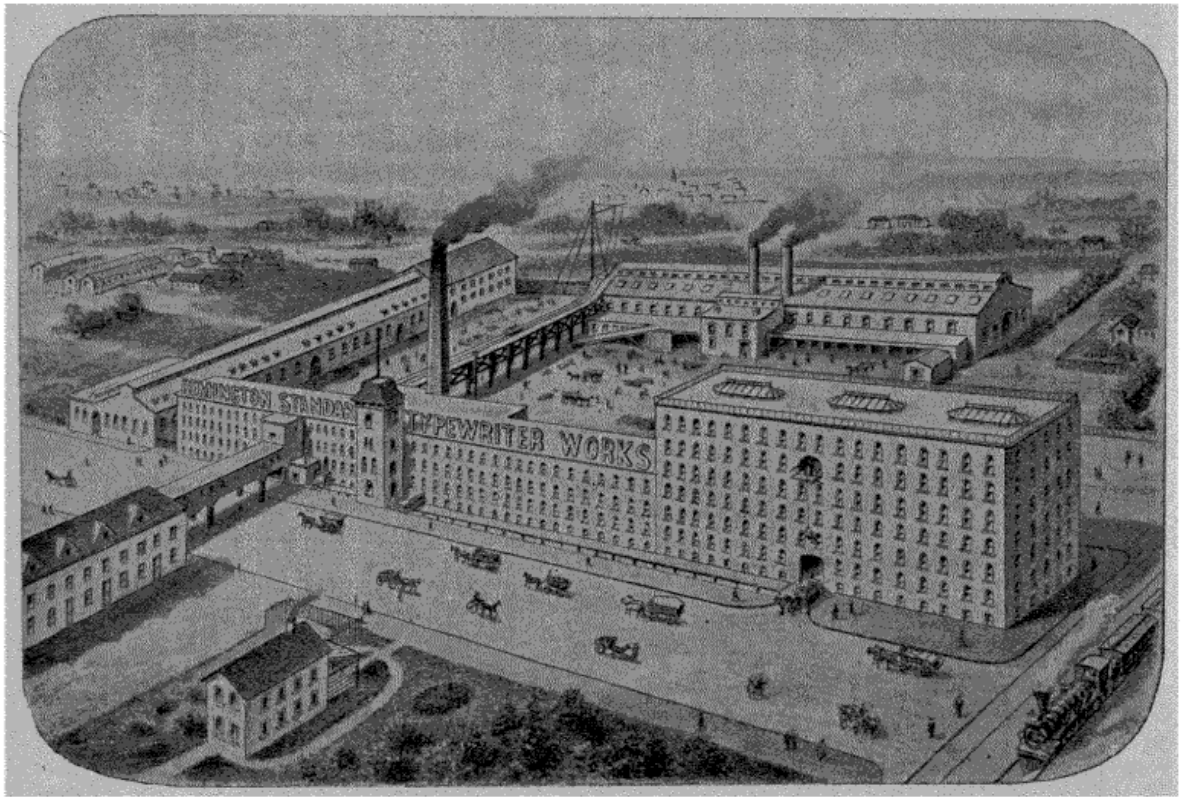


Fig. 4. — *Remington Shops.* Fabrique de machine à écrire, à Ilion.
(Surface : 4 hectares.)

que s'organisent la plupart des entreprises nouvelles. La concentration industrielle est à l'ordre du jour dans le monde civilisé ; nulle part peut-être elle ne se produit avec plus d'intensité qu'en Amérique. C'est la loi économique du moindre effort qui pousse les manufacturiers : produire beaucoup afin de produire à bon marché en augmentant la puissance de l'outillage, en réduisant proportionnellement les frais généraux, en réunissant les avantages de la division du travail et ceux de l'unité de direction. Voici quelques exemples de ce mouvement de concentration.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

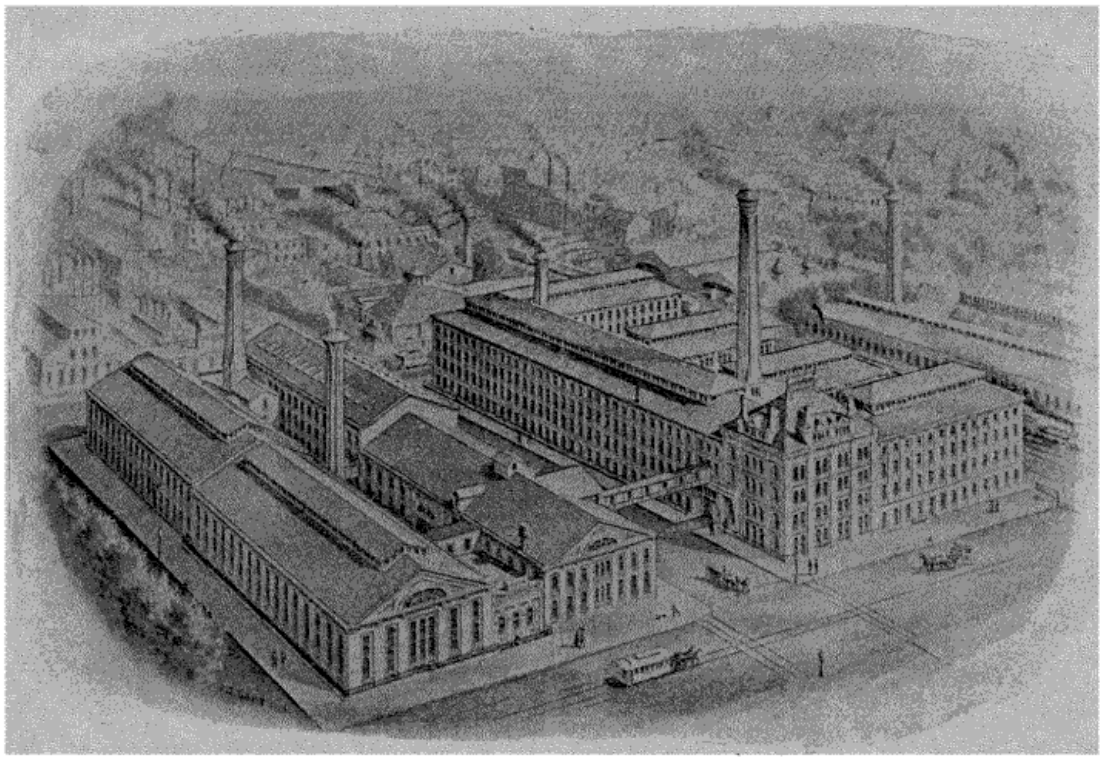


Fig. 5. — Usine de *W. Sellers*, Philadelphie.

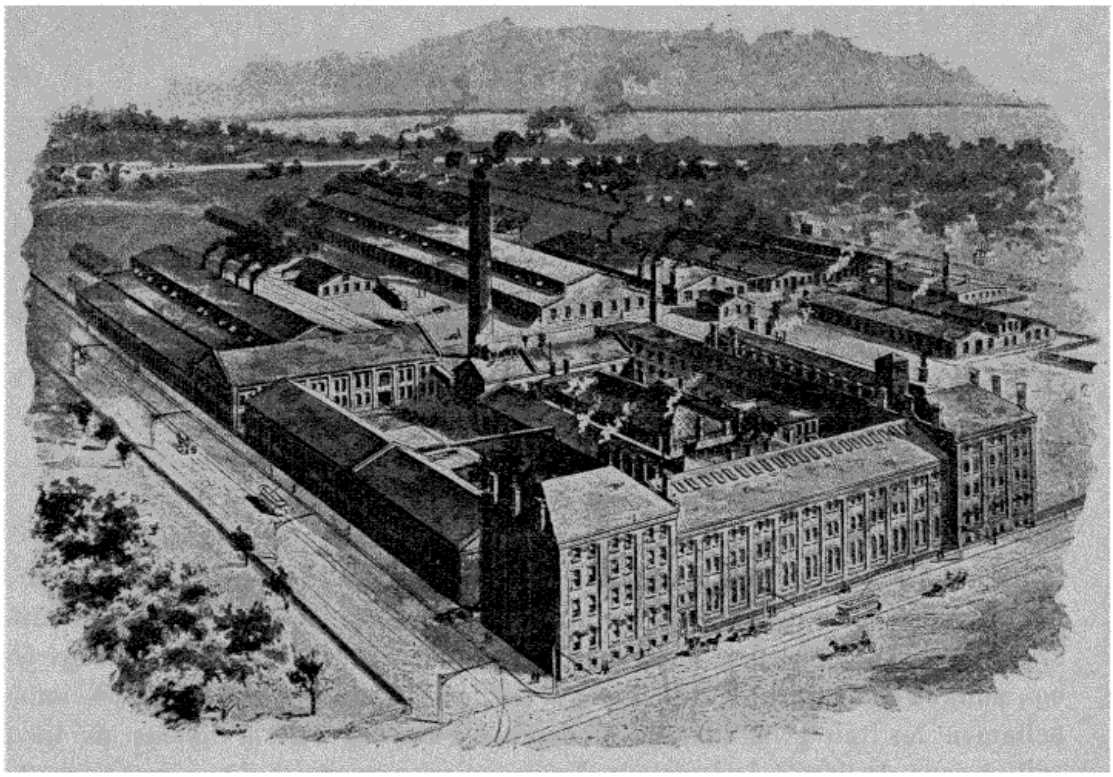


Fig. 6. — Ateliers de *Yale and Towne*, à Stanford.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En 1880, le recensement décennal des États-Unis avait enregistré 1 005 usines à fer produisant une valeur de 69 millions et demi de dollars ; celui de 1890 en

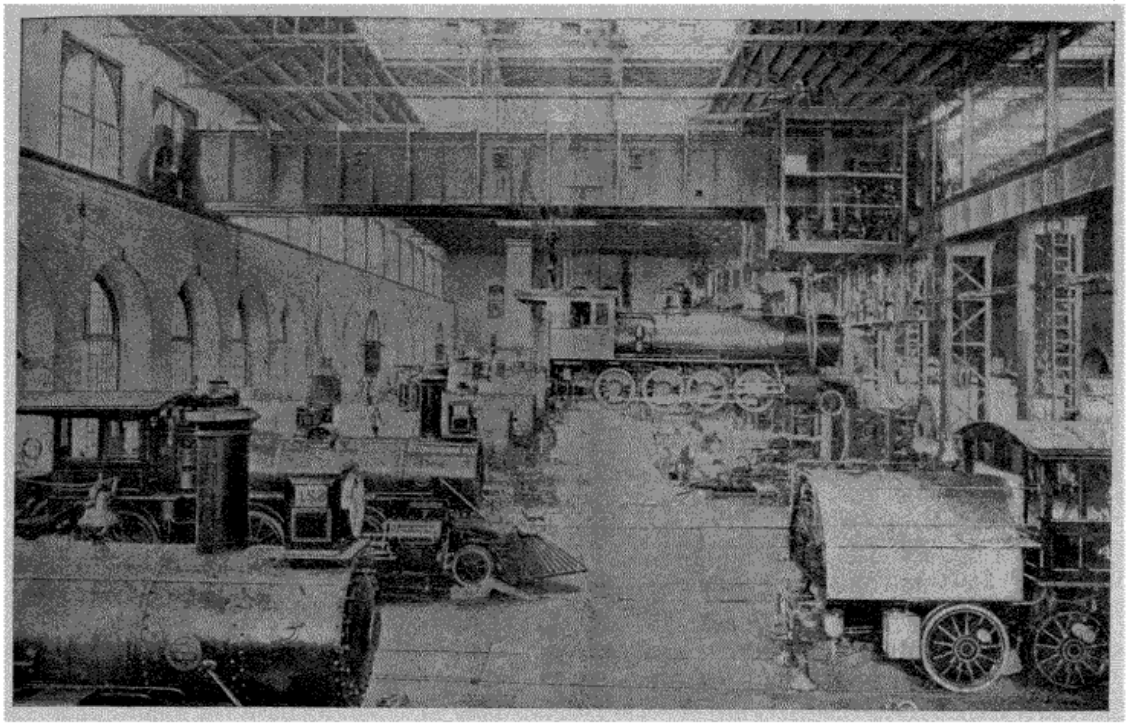


Fig. 7. — Atelier de montage des *Baldwin. Locomotive Works.*

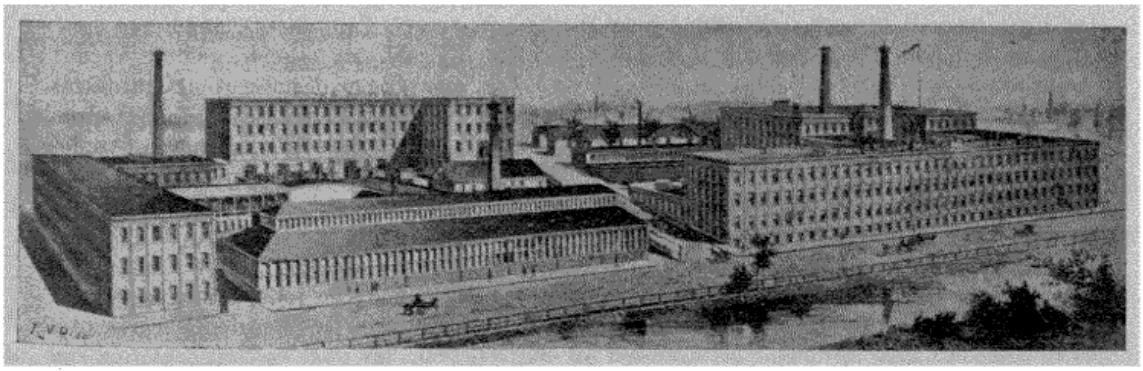


Fig.8. — Ateliers de *Brown et Sharpe.* Fabrique de machines-outils.

a enregistré 615, produisant une valeur de 431 millions; comme les prix ont beaucoup baissé depuis dix ans, il est certain que la quantité des produits a augmenté plus encore que la valeur. L'outillage a facilité cet accroissement. J'ai vu, dans

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

deux usines, des hauts fourneaux activés par une puissante soufflerie qui ren-

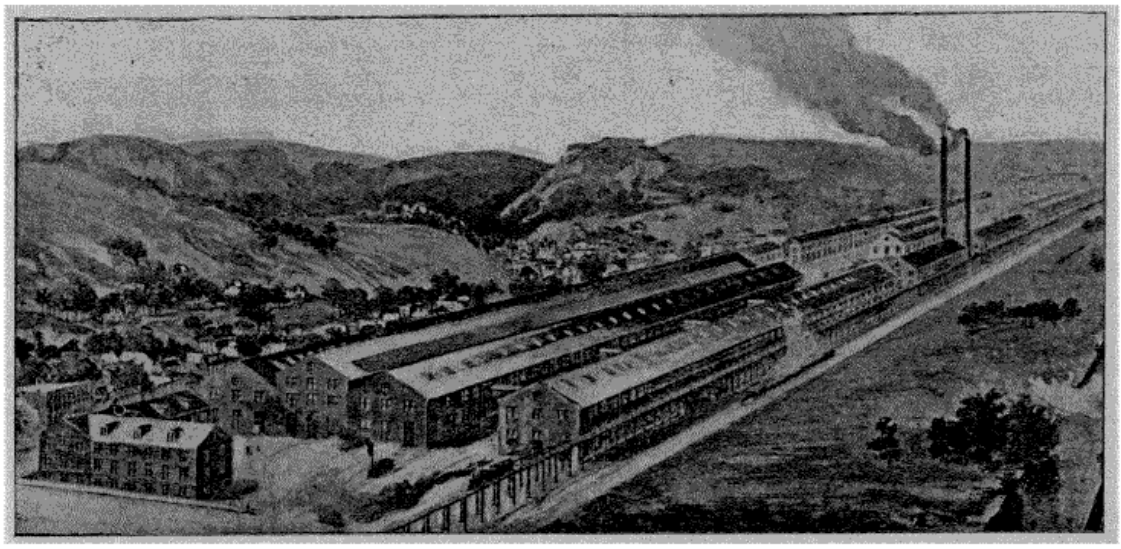


Fig. 9. — Usine de la *Westingshouse Electric C° Brinton*.

Longueur devant le chemin de fer, 690 mètres. Étendue, 16 hectares. 1250 machines-outils actionnées par des moteurs électriques Tesla polyphasés.

daient 300 tonnes par jour; il s'en faut de beaucoup que les plus grands hauts fourneaux de France donnent autant (1).

(1) Je reproduis ici le passage de *L'ouvrier américain*, relatif à l'installation des grandes usines à fer.

J'ai visité des établissements de divers genres, et partout j'ai été frappé du soin avec lequel les Américains s'ingénient à économiser la main-d'œuvre.

L'aciérie de Baltimore, « Maryland Steel Works » (Sparrow's Point Plant), établie au bord de la mer, reçoit directement par bateau son combustible et son minerai, que des wagons transportent au pied des hauts fourneaux; les wagons, enlevés par des ascenseurs au-dessus de ces fourneaux, se déchargent automatiquement par le fond. La production est de 250 tonnes de fonte en vingt-quatre heures par chacun des quatre hauts fourneaux. Cette fonte est transformée en acier dans deux convertisseurs qui donnent 16 tonnes en moyenne par jour; les lingotières, tournant toutes ensemble sur un disque, se présentent successivement à la gueule du Bessemer pour recevoir l'acier en fusion. Tout est colossal dans cette usine, de création récente, établie pour utiliser le minerai de Cuba; elle occupe une superficie de 1 000 acres: les hauts fourneaux, qui se dressent à 85 pieds de hauteur comme les tours d'une forteresse, la soufflerie, les lingotières alignées les unes à côté des autres, qui viennent se présenter d'elles-mêmes successivement à la bouche du convertisseur, les pompes d'alimentation qui fournissent des millions de gallons d'eau par jour.

Homestead Steel Works, usine qui appartient à Carnegie Steel C°, est situé à 6 milles de Pittsburg, sur les bords de la Monongahela, dans un village qui n'est occupé pour ainsi dire que par l'usine, ses ouvriers et le petit commerce qu'ils font vivre. L'usine fabrique des aciers pour la construction et des plaques de blindage pour navires. Elle occupait environ 3 800 ouvriers en 1892, à l'époque où y a éclaté une grève fameuse; le nombre, à cause de l'état des affaires, n'était que de 3 200 lorsque je m'y trouvais. Elle a produit jusqu'à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En 1870, le recensement avait enregistré 2 076 fabriques de machines agricoles produisant une valeur de 52 millions de dollars; en 1890, il a enregistré

400 000 tonnes dans une année. La compagnie possède ailleurs huit autres usines et emploie en tout 13 000 personnes; elle évaluait, il y a quelques années, à 25 millions de dollars (128 millions de francs) la valeur totale de ses établissements, qui, paraît-il, valaient notablement plus.

Homestead est en partie chauffé avec du gaz naturel; ç'a été la raison du choix de l'emplacement. Ses deux convertisseurs contiennent chacun 10 à 11 tonnes; son laminoir, à trois cylindres superposés qui, déployant une merveilleuse énergie, façonne avec aisance, et même avec peu de bruit relativement, d'énormes pièces d'acier. Dans le vaste atelier où il se trouve, une chaîne sans fin lui apporte les lingots qui glissent sur un tablier roulant, d'une centaine de mètres de longueur. Le lingot incandescent s'engage entre le rouleau inférieur et le rouleau du milieu, s'aplatit, puis est ramené par un plateau qui l'élève au niveau du rouleau supérieur, va et vient ainsi par plusieurs passes, s'aplatissant et s'allongeant; au sortir de la dernière, il a acquis environ vingt fois la longueur qu'il avait avant la première. (Voir le *Bulletin de la Société d'Encouragement*, décembre 1896, p. 1654.) Six fours à réchauffer servent à maintenir au rouge blanc la matière en travail.

Dans un autre bâtiment, qui a près de 200 mètres de long, et qui est proprement tenu, se trouve un jeu de machines à raboter et à percer, nouvellement importées d'Écosse, qui façonnent des plaques de blindage de 20 pouces d'épaisseur. Au moment de la grève, l'usine avait à fournir au gouvernement 6 000 tonnes de plaques.

L'*Illinois Steel Company* est aussi un établissement gigantesque. Formé il y a peu d'années par la fusion de plusieurs compagnies et situé à l'extrémité méridionale de Chicago, il reçoit directement, par le lac Michigan, l'excellent minerai du lac Supérieur, que quelques hommes et deux machines déchargent avec une rapidité surprenante. Le nombre des ouvriers est de 3 500 à 3 800. Huit hauts fourneaux, rangés quatre par quatre sur des plates-formes en fonte, munis par derrière chacun de quatre appareils cylindriques d'air surchauffé, et capables de produire 300 et même jusqu'à 350 tonnes de fonte dans les vingt-quatre heures; ailleurs, trois convertisseurs, qui peuvent verser dans les lingotières disposées autour d'eux, en cercle, plus de 2 000 tonnes d'acier par jour, donnent une idée imposante de la puissance de cet établissement.

L'atelier du laminoir, qui a environ une centaine de mètres de long, produit une impression plus saisissante encore parce qu'au spectacle de la force se joint le fracas d'énormes machines en mouvement, saisissant à l'entrée, voiturant, retournant, aplatissant, étirant des lingots incandescents qui sont plus grands qu'un homme. Elles les transforment pour ainsi dire instantanément en rails d'acier que des tables, mues par des chaînes sans fin, transportent, au nombre de trois de front, jusqu'à l'extrémité de l'atelier et qu'à cette extrémité des scies circulaires coupent à la dimension réglementaire avec un grincement strident et un jet continu de gerbes d'étincelles. Il y a peu d'ouvriers dans cette vaste halle; au centre, le lamineur qui commande les mouvements en pressant un bouton et trois ou quatre aides; aux extrémités, quelques manœuvres. La machine fait tout, et elle a beaucoup à faire; car le laminage à lui seul exige 3 000 chevaux-vapeur. Mais elle accomplit son œuvre avec aisance, donnant tantôt l'idée de la force lorsque le laminoir exerce sa pression, et tantôt celle d'une certaine grâce lorsque les grues pincent et enlèvent les lingots. Il n'est pas étonnant que certains employés, de qui dépend le succès de si grosses opérations, soient fortement rémunérés; on me disait que le chimiste qui observe la couleur des flammes sortant du convertisseur avait gagné 430 dollars pendant le mois de mai.

Sans doute, ces trois usines sont des établissements de premier ordre, qui ne fournissent pas la mesure moyenne de l'industrie, non plus que ne la fournirait l'usine de Béthlehem avec son marteau-pilon pesant 125 tonnes et ayant une course de 5 mètres, qui occupait la place d'hon-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

915 établissements produisant 81 millions et approvisionnant une agriculture qui, malgré la baisse des prix, a pris dans l'intervalle un grand développement.

La statistique de la ville de Lowell a établi que les huit fabriques de cotonnades de la ville employaient 6 535 ouvriers et avaient produit 753 000 yards de tissus en 1835 et, qu'en 1893, avec un personnel de 20 866 ouvriers, elles avaient livré à la consommation 244 millions de yards (1).

neur dans le bâtiment des machines à l'exposition de Chicago, avec sa presse à forger de 14 000 tonnes et sa presse à gabarier de 7 000 tonnes. Mais on peut dire qu'au-dessous d'elles, l'importance moyenne des établissements est supérieure à celle des États du continent européen; en effet, le capital des 645 usines productrices de fer et d'acier que le census de 1890 a enregistrées est de 372 millions et demi de dollars, soit environ 580 000 dollars (2 900 000 francs) par établissement.

On sait combien, en Europe comme en Amérique, s'est accrue la puissance des hauts fourneaux. Mais tout le monde ne sait pas combien, sous ce rapport, les Américains sont en avance sur les Européens. Ce n'est pas que les Européens ne soient pas capables de construire un très grand haut fourneau; je crois même qu'il y en a eu de gigantesques en Écosse, mais ils paraissent avoir peu réussi. En France, on considère 100 tonnes comme un bon rendement; je viens de citer aux États-Unis des rendements de 300 tonnes.

M. Swank a raconté, dans *Iron in All Ages*, l'histoire de ce progrès aux États-Unis. « On citait, dit-il, comme des faits très mémorables, un haut fourneau de 55 pieds de haut sur 20 de diamètre qui avait rendu en une semaine 251 tonnes (short tons, soit 33 tonnes métriques par jour) en 1851 et 319 en 1868; en 1884, il y en avait un à Etna, près de Pittsburg, qui en rendait 1 090, et voici, qu'en 1889, un haut fourneau construit en 1886, à Braddock (Penn.), s'est élevé jusqu'à 2 462 tonnes en une semaine (soit 320 tonnes métriques en un jour). »

En somme, les États-Unis possédaient plus de hauts fourneaux il y a vingt ans qu'aujourd'hui. Le maximum, qui a été de 455, a été constaté en 1881; le nombre, qui a diminué ensuite d'année en année, n'était plus que de 311 en 1890, et pourtant la production avait doublé. Il est donc évident que la puissance moyenne des hauts fourneaux a été en augmentant; ce sont, en général, les plus petits qui ont été éteints, parce qu'ils ne pouvaient pas soutenir la concurrence. Cette puissance moyenne était de 19 tonnes (gross tons) en 1875, de 24 en 1880, de 57 en 1885, de 82 en 1890, de 100 en 1893.

(1) Voici quelques autres exemples tirés de *L'Ouvrier américain*.

Pour la laine, en 1880, 2 689 établissements produisant chacun en moyenne une valeur de 98 000 dollars; en 1890, 2 489 établissements, avec une moyenne de 136 000 dollars; on peut ajouter que les deux États qui tiennent le premier rang dans cette industrie, le Massachusetts et le New York, possédaient, en 1870, 16,4 et 12,7 p. 100 du total des cardes des États-Unis et en 1890, 22,4 et 17,1 p. 1 000: la concentration s'est faite au profit des régions les plus fortement équipées. Pour le coton, en 1870, 936 établissements qui étaient déjà le résultat d'une concentration (car le census de 1840 en avait compté 1 240), et une production moyenne de 296 000 dollars; en 1890, 905 établissements, avec une production moyenne de 293 000 dollars. Comme le prix de la marchandise a diminué, le nombre des broches de filature (dont chacune, d'ailleurs, fournit beaucoup plus de fil) donne une idée plus approchée de l'agrandissement des filatures que la valeur moyenne des produits; or, ce nombre a doublé pendant que le nombre des établissements diminuait. Dans la soie, où le nombre des établissements a augmenté parce que cette industrie a beaucoup grandi depuis une vingtaine d'années, le capital moyen d'un établissement était de 72 000 dollars en 1870 et de près de 110 000 en 1890. En 1860, 213 fabriques de tapis produisaient une valeur de 7 à 8 millions de dollars; en 1890, il n'y avait que 173 fabriques produisant une valeur de 47,7 millions.

Le nombre des moulins à farine était de 24 338, produisant en moyenne 194 boisseaux

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le progrès de la mécanique est une des causes principales de cette concentration (1). Or, nulle part l'emploi de la mécanique, dans la petite et dans la grande industrie, n'est plus général et le perfectionnement de l'outillage mécanique n'est plus rapide qu'aux États-Unis. Lorsque j'ai visité pour la première fois l'Amérique en 1876, on m'avait montré à Lowell, dans la manufacture dite « *Merrimack Mills* », une ouvrière qui conduisait sept métiers, quatre devant elle et trois derrière. Quand, de retour en France, j'ai parlé de ce fait à des industriels, ils y ont prêté peu d'attention et m'ont à peine cru. Pendant mon second séjour, en 1893, j'ai vu dans le même établissement un grand atelier où la moitié au moins des ouvrières tenait chacune huit métiers, quatre par devant et quatre par derrière; j'ai trouvé la même organisation dans plusieurs fabriques. Vous pouvez vous assurer du fait en ouvrant l'enquête que le Commissaire du travail des États-Unis a publiée, il y a peu d'années, sur les industries textiles. Voici,

par jour en 1880, et de 18 470 produisant 298 boisseaux en 1890. Dans l'espace de dix ans, de 1880 à 1890, le nombre des fabriques de produits chimiques a diminué de 5 p. 100; pendant que la valeur de la production augmentait de 30 p. 100, celui des fabriques de meubles étant resté stationnaire, la production a augmenté de 50 p. 100; celui des briqueteries est resté aussi stationnaire pendant que la production doublait. Même dans certaines industries où, par la nature des choses, le nombre des entrepreneurs a dû s'accroître, et dont la statistique a été dressée plus complètement en 1890 qu'en 1880, comme la maçonnerie (1 591 établissements en 1880 et 7 715 en 1890), le chiffre des affaires a progressé beaucoup plus (20 millions en 1880 et 264 en 1890) que le nombre des entrepreneurs : ce qui indique que les établissements sont devenus en moyenne plus importants.

(1) Une autre cause, qu'il est bon de signaler aux industriels, est le *développement de l'échantillonnage* (*L'Ouvrier am.*, I, 65).

Le système de l'échantillonnage, agissant à la fois comme effet et comme cause, a beaucoup favorisé la concentration de certaines industries. Il consiste, pour les établissements qui le pratiquent, dans la fabrication de pièces toujours semblables, graduées et numérotées, s'il y a lieu, par grandeur ou par qualité, et pouvant être substituées à toute autre pièce du même numéro. Avec ce système, le fabricant trouve avantage à employer des machines puissantes, très bien réglées, qui, produisant toujours le même article, en débitent des quantités considérables. L'acheteur, quand une pièce de l'objet qu'il a acheté est hors de service, en obtient facilement le remplacement par correspondance. Grâce à ce système, le fabricant peut, d'une part, fabriquer à meilleur marché et, d'autre part, étendre davantage sa clientèle : considérations très importantes dans un pays aussi vaste que les États-Unis. La spécialité est une conséquence de ce système, qu'on applique aujourd'hui à presque tous les articles de grande consommation, depuis les machines agricoles et les machines à vapeur jusqu'aux montres, depuis les meubles jusqu'aux clous.

Les Américains excellent dans l'échantillonnage pour un grand nombre d'articles, particulièrement les montres, les armes, les machines agricoles, les machines à vapeur, les appareils électriques, les meubles. Quant à la spécialité, elle est très développée en Amérique dans certaines industries pendant que, dans d'autres, la concentration groupe dans le même établissement des industries autrefois séparées. Le caoutchouc fournit des exemples de cette spécialisation, certaine maison fabriquant seulement des fils, une autre des tuyaux, une autre des chaussures. On ne rapièce pas une chaussure de caoutchouc; une neuve coûte moins que ne coûterait le raccommodage.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

comme exemple, la répartition des métiers dans un des établissements qu'il a étudiés :

15	ouvrières	tenant	chacune	4	métiers.
17	—	—	—	5	—
126	—	—	—	6	—
1	—	—	—	7	—
18	—	—	—	8	—

Depuis mon retour, un métier dont on parlait déjà en 1893 est sorti de l'atelier de construction et a fait une fortune si rapide qu'il y en avait déjà des milliers en activité à la fin de l'année dernière, et que le fabricant ne suffisait pas aux demandes : c'est le métier Northrop, dont le mécanisme se trouve décrit dans le *Bulletin de la Société* (1) et qui est si bien automatique qu'un ouvrier peut en conduire seize en moyenne et qu'il les laisse en marche pendant qu'il va prendre son « lunch ».

J'ai visité les ateliers de construction de *Hopedale* (Massachusetts) d'où sort ce métier. J'y ai été particulièrement frappé de la fabrication des vis. Elle se faisait dans un long atelier où les machines, ressemblant à peu près à des poêles ronds, étaient disposées sur deux rangs; le fil d'acier, glissant sur des galets placés au plafond, pénétrait par la partie supérieure du tambour; par un orifice ménagé dans le bas coulait, comme l'eau coule d'un robinet, un jet continu de vis. L'ouvrier regardait; un seul suffisait pour surveiller quatre machines, si bien que les hommes étaient en quelque sorte perdus au milieu de l'outillage.

J'ai fait la même remarque dans maint atelier. J'essaierai, à l'aide de deux photographies, de vous communiquer l'impression que j'ai reçue de l'importance toujours croissante de l'outillage relativement à la main-d'œuvre dans la grande industrie américaine. Mais je doute qu'une image produise à cet égard le même effet que la réalité.

La première photographie représente un ouvrier de l'usine de la Vergne, à Philadelphie, qui perce à la machine des trous pour ajuster (fig. 10).

La seconde photographie représente (fig. 11) une jeune fille découpant à la machine une tête de clé.

Le progrès du machinisme n'est assurément pas particulier aux États-Unis, non plus que celui de la concentration; mais il a aussi plus d'intensité dans ce pays qu'ailleurs, parce que l'Américain a le génie de l'invention (2) et la hardiesse de l'entreprise, parce que, sur son territoire, la population, qui était de 4 millions d'âmes il y a cent ans, dépasse aujourd'hui 75 millions, et que la richesse s'est accrue plus rapidement encore que la population; parce que cette population fournit à la production un marché énorme de consommation, non seulement à

(1) Juin 1897, p. 753.

(2) Le nombre des patentes (brevets d'invention) délivrées en 1890 a été de 26 292.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cause du nombre même des consommateurs, nombre qui croît sans cesse, mais

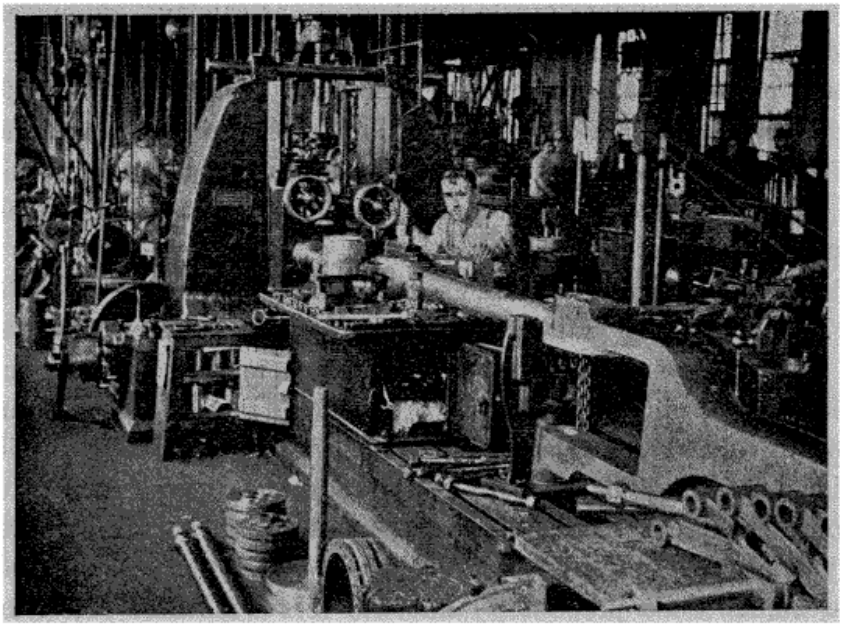


Fig. 10. — Usine *De la Vergne*. Fabrique de machines frigorifiques. Alésage d'une tête de bielle.

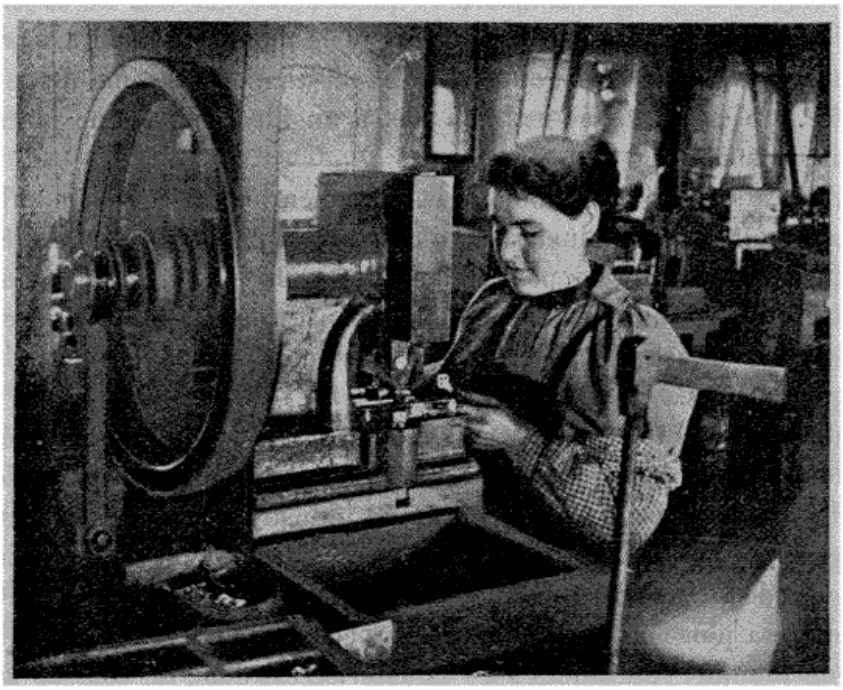


Fig. 11. — Ateliers de *Yale and Towne*. Découpage d'une tête de clé.

à cause de la consommation moyenne par tête, qui est plus forte que dans les pays européens.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'évolution ne se fait pas assurément d'elle-même, automatiquement et par fatalité; il faut des hommes qui la veuillent et des capitaux qui en fournissent les moyens. Les hommes ne manquent pas là-bas; quant aux capitaux, quand le pays n'en a pas assez, l'Europe, particulièrement l'Angleterre, sollicitée par le taux supérieur de l'intérêt, en envoie par l'intermédiaire des banquiers.

C'est là un exemple à méditer; je ne dis pas pour cela que ce soit un modèle à copier servilement. Il est certain que la transformation est pénible, parce qu'on n'aime pas à changer ses habitudes, qu'elle est coûteuse et que les capitaux aventurés au milieu des fluctuations industrielles et des orages risquent de sombrer. Mais, s'il est vrai que l'avenir soit au bon marché et que le bon marché soit lié à une production abondante, la machine et la concentration s'imposent. Il vaut mieux envisager le problème en face que se dissimuler à soi-même la difficulté pour excuser sa timidité d'agir. La victoire sur le marché international sera un jour aux nations qui l'auront le mieux compris et résolu.

Je vous demande seulement la permission de vous citer un passage de mon livre où j'aborde cette question : « Il n'y a pas d'évolution sociale qui ne produise des froissements. Celle qui pousse l'industrie vers la machine et le grand atelier me paraît aujourd'hui irrésistible, parce qu'elle mène au bon marché que recherche surtout la consommation et qui est une des fins de la civilisation économique. C'est une utopie de croire que le monde reviendra, par quelque modification de l'ordre social ou des forces motrices, au régime du petit atelier de famille. Ce petit atelier est loin d'être un idéal, ainsi que le montre le « Sweating system ».

Un Français de Philadelphie, qui connaît bien les intérêts économiques, me disait que, quand on examine attentivement l'état des affaires en Amérique, on est frappé du rapide développement qu'y ont eu la grande industrie et la concentration : « C'est là qu'est l'avenir. » Je pense comme lui, tout en étant convaincu qu'il restera toujours une large place pour les petits industriels et les petits commerçants.

L'industrie des États-Unis, depuis la guerre civile, s'est avancée résolument et rapidement dans cette voie, et elle est devenue très puissante. « Elle marche et marche à grands pas, écrivait un grand industriel français dans un rapport sur l'exposition de Chicago, et sur bien des points elle nous est supérieure, non pas au point de vue scientifique, mais au point de vue pratique. » J'ajoute : « Elle se concentrera plus encore dans le siècle prochain, et la machine, dont le rôle ne cessera de grandir, continuera à l'y pousser. C'est donc du côté de la concentration et de la machine perfectionnée qu'il convient aux entrepreneurs, aux salariés, aux économistes de tourner les regards pour entrevoir l'avenir. Si l'on veut tenter des réformes pratiques, il faut d'abord accepter franchement le fait qu'on ne peut empêcher et qui a sa raison d'être, qu'il serait même regrettable,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à plus d'un titre, d'enrayer par des mesures artificielles de législation. »

C'est là une grave question dont je viens d'être entraîné à dire, hors de mon sujet, quelques mots, mais que je me garderai de traiter incidemment.

Je répète que je ne crois pas que cette transformation fasse disparaître la petite industrie et le petit commerce. Elle ne diminuera pas le nombre des ouvriers. Je crois qu'elle limitera le développement de la petite industrie et qu'elle augmentera la demande de travail; en France particulièrement, il me semble que l'ouvrier a plus à craindre aujourd'hui des hésitations du capital à s'engager dans les entreprises industrielles que des déplacements de main-d'œuvre occasionnés par l'outillage.

DEUX HYPOTHÈSES SUR LA CAUSE DES HAUTS SALAIRES

J'ai établi les deux premiers points de la thèse que je dois exposer : le taux élevé des salaires et l'énergie productive de l'industrie américaine, résultant de l'outillage et de la concentration; nous essaierons tout à l'heure de les rapprocher et de montrer le lien qui les unit. Mais, avant d'aborder le troisième point, je dois dire quelques mots de deux causes auxquelles le parti ouvrier attribue à tort, ou tout au moins avec beaucoup d'exagération, les hauts salaires de l'Amérique : ces deux causes sont les syndicats ouvriers et le coût de la vie.

Les chefs du syndicat prétendent que l'augmentation de 50 p. 100 qu'a obtenue le salaire depuis une trentaine d'années est due à la pression qu'ils ont exercée sur les patrons par leurs demandes d'augmentation et par les grèves. Si ce n'était pas, chez eux, une affirmation de parti pris, il serait facile de leur faire entendre que les syndicats ne sont pas nécessairement la cause unique, ni même toujours la cause principale de l'élévation du salaire, puisque le salaire des ouvriers de l'agriculture, qui ne sont pas syndiqués, a augmenté à peu près dans la même proportion que celui de beaucoup d'ouvriers de fabrique syndiqués, et que les gages des domestiques, qui sont encore moins constitués en syndicats, a augmenté, en Amérique comme en France, plus encore que celui des ouvriers durant la seconde moitié du XIX^e^ siècle.

Je ne veux pas dire que les syndicats soient sans influence aux États-Unis. Loin de là, ils sont puissants; s'ils sont moins fortement organisés qu'en Angleterre, où les « Trade-Unions » sont plus anciennes que les « Unions » américaines, ils le sont beaucoup plus complètement que les syndicats ouvriers français; ils se sont très amplement développés depuis une trentaine d'années, et ils ont pris et prennent une part très active aux revendications de l'ouvrier contre le patron, demandes d'augmentation de salaire, grèves, journée de huit heures, etc. Dans la grande industrie, leur puissance se heurte à la puissance des

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

patrons et ils ne sont pas d'ordinaire les plus forts; ils rencontrent moins de résistance dans la moyenne industrie, particulièrement dans le bâtiment.

Je ne vous citerai qu'un exemple de syndicat, celui des ouvriers imprimeurs. J'ai sous la main le compte rendu de l'union des typographes de New York, *New York Typographical Union* n° 6. Cette union comptait, en 1896, 4 936 membres; elle avait dépensé, en 1891-92, 38 700 dollars, soit en nombre rond 193 200 francs. Il y a, en Amérique, 332 unions locales de la même profession, comprenant environ 30 000 membres; ces unions sont groupées dans une grande association dite *International Typographical Union of North America*, dont le budget est formé par leurs cotisations. L'Union internationale a partagé le territoire des États-Unis en 16 districts, avec un organisateur dans chaque district qui, lorsqu'un différend se produit entre des ouvriers de l'Union et un patron, cherche d'abord à amener une conciliation; s'il n'y parvient pas, il saisit de l'affaire le Bureau général; le Bureau décide s'il y a lieu de déclarer la grève. L'Union internationale tient tous les ans une assemblée générale; elle entretient pour les vieux ouvriers un asile dont la fondation est due à la libéralité de M. Drexel; elle a fait, en 1892-93, une recette de 193 000 dollars (965 000 francs); en général, elle affecte 20 p. 100 de son budget des dépenses aux frais d'administration, 30 à la résistance contre les patrons, 30 aux indemnités payées à la famille après le décès d'un membre, 20 à l'asile des vieillards.

Je citerai aussi une association qui a été un moment une puissance politique, mais qu'il ne faut pas confondre avec les syndicats professionnels, car elle s'est montrée souvent leur adversaire. C'est l'Ordre des Chevaliers du Travail, « *Order of the Knights of Labor* », que sept tailleurs, groupés sous l'autorité d'Uriah Stephens, avaient fondé en 1870 à Philadelphie en vue de régénérer la société, et sous l'inspiration des rites de la franc-maçonnerie. En 1896, les Chevaliers du Travail avaient formé 9 000 associations relevant de la direction centrale et comptant, disait-on non sans quelque exagération, 730 000 adhérents. C'est l'apogée de leur fortune; ils ont beaucoup perdu depuis, à la suite de leurs prétentions politiques et réformatrices, qui n'ont pas abouti, et de leurs rivalités avec des unions de métier.

Plus clairvoyante a été la Fédération américaine du travail, « *American Federation of Labor* », qui s'efforce de grouper sous son patronage les unions locales, nationales et internationales sans empiéter en rien sur leur liberté d'action; en 1892, cette fédération s'était affilié plus de 8 500 unions; elle accusait, en 1893, un nombre de 800 000 adhérents (1).

(1) Voici un passage de *L'Ouvrier américain* (t. I, p. 271) qui fait connaître l'organisation de la Fédération américaine du travail.

Encourager la formation d'unions locales du travail, le groupement de ces unions au

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le Commissaire du travail des États-Unis estimait, il y a un an, à un million et demi le nombre des ouvriers syndiqués; ce n'est pas la majorité de la classe ouvrière, mais c'en est la partie la plus active, celle surtout qui habite les villes. L'industrie américaine doit désormais compter avec les syndicats ouvriers; au lieu de se faire illusion à cet égard, il vaut mieux chercher à étudier cette constitution que paraître l'ignorer et chercher à en régulariser le fonctionnement qu'à la supprimer. Elle a été, dans plusieurs États, reconnue par la loi; elle le sera dans d'autres; il est même désirable qu'elle le soit et, qu'avec la reconnaissance légale, on rende effective la responsabilité de ces sociétés et surtout de leur bureau vis-à-vis des tiers qu'elles peuvent léser.

Une théorie qui a cours dans le parti ouvrier en Amérique, c'est que le taux des salaires est réglé par le coût de la vie, ce qui signifie que l'ouvrier gagne et doit gagner ce qui est nécessaire pour payer les dépenses de son ménage. Au

moyen d'un syndicat central par cité et d'un lien supérieur par État ou province en vue d'obtenir des lois utiles aux classes ouvrières, établir des unions nationales et internationales basées sur la reconnaissance absolue de l'autonomie de chaque métier, en seconder le développement, soutenir la presse ouvrière en Amérique : tel était le programme de la nouvelle fédération. Elle a pris pour devise *Labor omnia vincit.* Elle a voulu se distinguer radicalement des Chevaliers du Travail en se bornant ainsi à réunir les unions dans un harmonieux ensemble sans prétendre les régenter et sans faire violence à leur foi et à leurs traditions. Elle s'est appliquée, en conséquence, à grouper sous sa direction toutes les unions de travailleurs de l'Amérique, à en former dans tous les métiers qui n'en possédaient pas, à agir sur l'opinion t sur la l égislation par des réunions publiques et par la presse; elle s'est donné spécialement la mission de faire progresser la civilisation en procurant aux travailleurs une réduction des heures de travail.

« Unionistes, fédérez-vous », répète-t-elle, aux capitalistes ligués pour abaisser les conditions du travail, il faut opposer la ligue des ouvriers; s'il est mauvais que des travailleurs restent en dehors de l'union, il est mauvais aussi que des unions restent en dehors de la fédération ». (Voir *American Federationist,* oct. 1894.)

Le droit d'affiliation d'une union a été fixé à 5 dollars, plus 5 dollars pour le matériel. La cotisation individuelle est payée par les unions à raison de 1 « cent. » par mois par chaque membre des unions locales isolées, à 1/4 de « cent » par membre des unions nationales ou internationales et à 25 dollars par an pour les conseils de ville. Il suffit de sept ouvriers ou ouvrières syndiqués pour constituer une union locale, laquelle peut être composée de personnes exerçant la même profession ou des professions différentes. Dans le cas de grève ou de lockout, l'union en chômage dont les fonds sont épuisés peut recevoir un subside résultant d'une cotisation de 2 cents au plus par semaine et par membre de la fédération, payable pendant cinq semaines et même plus par vote spécial.

La fédération est administrée par un président, trois vice-présidents, un secrétaire et un trésorier élus pour un an par la convention et formant le conseil exécutif. La convention ou assemblée générale se réunit tous les ans, le second lundi de décembre, dans le lieu fixé par la convention précédente. Sont membres de la convention les délégués au nombre d'un par union nationale ou internationale comptant moins de 4 000 membres, et d'un en plus par chaque 4 000 membres; au nombre d'un par union locale non affiliée à une union nationale. Les membres de la convention sont répartis par le président en dix comités qui étudient les questions et les résolutions présentées par les délégués et font leur rapport à l'assemblée générale.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

premier abord, cette proposition semble toute naturelle. Prenez-y garde toutefois. C'est un renversement du problème de la vie, qui, par déduction logique, conduit à de graves conséquences. Car on dit ainsi à l'ouvrier : « Ne craignez pas d'augmenter vos besoins; élevez le coût de votre existence; il faudra bien que les patrons haussent le salaire. » Le parti ouvrier fait de cette théorie un argument en faveur des huit heures: « L'ouvrier, dit-il, ayant plus de loisirs, aura plus de tentations et d'occasions de dépense; sa vie deviendra plus coûteuse, et, comme son travail ne sera pas moins demandé, il faudra bien que le patron consente à payer le surcroît de dépense. »

Raisonner ainsi, c'est prendre l'effet pour la cause. Dans toutes les couches sociales, il est plus sage de régler sa dépense sur son revenu que de grossir sa dépense dans l'espérance que le revenu suivra la même progression; en réalité, chaque classe de la société établit son genre de vie, à certaines exceptions près, d'après son revenu moyen. La classe ouvrière est, sous ce rapport, dans une condition qui ne diffère pas essentiellement de celle des autres classes : si l'ouvrier américain vit plus largement que la majorité des ouvriers européens, c'est parce qu'il a un plus fort salaire. Sans doute, une classe quelconque qui a pris de longue date des habitudes de bien-être n'y renonce pas volontiers; l'ouvrier se défend contre une diminution de son revenu et, dans le cas d'une menace de baisse du salaire, le coût de la vie devient un point d'appui pour sa résistance.

Le coût de la vie est sans doute une des causes régulatrices du taux des salaires ; mais ce coût, encore une fois, n'est pas la cause première des hauts salaires en Amérique, pas plus qu'ailleurs. Il ne peut devenir une cause régulatrice que dans les cas où le salaire est descendu jusqu'au minimum nécessaire pour l'entretien de la vie; or, ce minimum lui-même est loin d'être placé à un niveau fixe. Il importe d'ailleurs de distinguer le coût nécessaire ou minimum de la vie et le niveau de l'existence : distinction délicate, que peu de personnes font. Le niveau de l'existence est, dès que le revenu est assez élevé, placé au-dessus, quelquefois même bien au-dessus du coût minimum: l'ouvrier américain en fournit une preuve (1).

(1) Il n'était pas possible, dans une conférence, d'insister, sur ce point; mais, comme la question est intéressante et délicate, je donne en note le passage du chapitre de *L'Ouvrier américain* sur les causes régulatrices du salaire qui est relatif au coût de la vie.

Coût de la vie. — Le coût de la vie, « *Cost of living* », est une des causes qu'il faut mettre aussi dans les premiers rangs. Il est nécessaire que la famille ouvrière vive de son travail; mais on vit de bien des manières et on peut dire que le coût de la vie n'a pas plus de limite inférieure que de limite supérieure.

Depuis le coût de la vie du lamineur qui gagne 10 dollars par jour ou même du forgeron qui en gagne 35 par semaine, jusqu'à celui du tailleur que le « Sweating system » réduit à une journée de 1 dollar et moins, il y a une longue série descendant de l'aisance à la misère. « L'Américain vit à tout prix », me disait un ouvrier d'origine française.

L'Hindou, maçon ou charpentier, qui gagne 8 annas par jour (soit au pair environ 20 sous

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ce n'est donc ni l'action des syndicats ni le coût de la vie que je propose comme la cause principale des hauts salaires américains. Avant de dire quelle

et, au change actuel de l'argent, un peu plus de 10 sous de France), et le Japonais, dont le salaire équivaut à 20 ou 25 sous, ne vivent assurément pas comme le maçon de New York qui reçoit 4 dollars. J'ai cité le témoignage d'un ouvrier Américain déclarant, qu'à moins de 4 dollars, soit 30 ou 40 fois plus que n'ont les asiatiques, on ne pouvait entretenir décemment une famille. Combien de bourgeois d'Amérique et d'Europe en diraient autant de 4 dollars ?

En fait, il y a, dans chaque état de civilisation et de richesse, une sorte de salaire minimum ; mais il est bien difficile d'exprimer par une somme d'argent ce qu'il est ou ce qu'il doit être. La loi ne saurait avoir un effet général sur cette matière ; la coutume locale seule, fondée sur l'état de richesse, l'indique à peu près.

M. George Gunton a exposé clairement la théorie qui fait du prix de la vie la règle du taux du salaire : « *The standard of living is the economic law of wages.* » Par « *Socially accepted standard of living* » il entend l'état ordinaire de bien-être matériel et de jouissances sociales qui est exigé pour se tenir dans la condition sociale à laquelle on appartient et au-dessous de laquelle on ne pourrait descendre sans se trouver dans une infériorité sociale. Il assimile ingénieusement, mais trop complètement, le travail et le produit considérés comme marchandises, et, après avoir démontré qu'en vertu de la concurrence le prix du produit tend à descendre vers le coût de production qui est le plus cher et qui, en même temps, est nécessaire à la consommation, il conclut que le prix du travail tend aussi à se rapprocher constamment de ce « Standard of living », c'est-à-dire du coût de l'existence, non d'un individu isolé, mais d'une famille appartenant à la catégorie de celles dont l'existence coûte le plus cher dans le milieu ouvrier dont le travail est demandé. Il ajoute comme corollaire que la prétendue loi d'airain et une erreur, puisque ce n'est pas le moindre prix de la vie qui règle le salaire dans chaque catégorie d'ouvriers, mais au contraire le plus fort prix indispensable pour soutenir une famille de cette catégorie de travailleurs. C'est la théorie de la rente de Ricardo appliquée au contrat de louage. Les familles qui paient ce prix fort sont dans la gêne parce qu'elles ont juste de quoi subsister ; celles qui paient moins jouissent d'un excédent.

M. Gunton pense que cette théorie explique et peut seule expliquer la différence du salaire de l'Hindou, de l'Allemand et de l'Américain, de l'ouvrier de la ville et de celui de la campagne. Elle éclaire, en effet, une face importante du problème. Mais est-ce le coût de la vie qui fait que l'ouvrier de ferme est moins payé en hiver où il a plus de besoins qu'en été, et ce coût suffit-il à faire comprendre que, dans le même atelier, le manœuvre chargé d'une nombreuse famille n'atteigne pas à la moitié du salaire d'un bon ouvrier célibataire ?

Le parti ouvrier aux États-Unis, prenant texte de certaines assertions de Ricardo et d'autres économistes sur la tendance des salaires à s'abaisser vers un minimum d'existence, considère le « Standard of living » comme étant la véritable cause qui détermine le taux des salaires. Son raisonnement consiste à dire que c'est la demande qui règle en définitive la production, que, comme les salariés, à cause de leur nombre, constituent la plus grosse demande de produits dans chaque pays, les gros salaires sont le plus énergique stimulant de l'industrie, que l'habitude d'une large consommation dans la famille ouvrière commande les gros salaires et est, par suite, une cause de prospérité générale. « Les salaires ont été et seront réglés par les conditions actuelles de l'existence, et tout ce qui tend à élever le niveau de la décence et du bien-être (Standard of decency and comfort) influe inévitablement sur le niveau des salaires. Donc le grand problème n'est pas tant d'accroître la production sur un marché déjà encombré que d'accroître la consommation et par là d'élargir la demande. » Ainsi s'exprime, dans un pamphlet écrit pour les ouvriers, un des avocats de « l'American Federation of Labor ».

« Pourquoi, dit un autre, reçoit-il plus dans les lieux où le niveau de l'existence est élevé

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

est cette cause, je dois vous faire connaître dans quelle condition vit l'ouvrier américain. C'est le troisième point de ma conférence. Ce point touche de bien près à la question du coût de la vie.

que dans ceux où il est bas? — R. Parce que dans un lieu le niveau est haut et que dans l'autre il est bas, — c'est là la grande loi. Le niveau de l'existence détermine le salaire. Il est vrai qu'en certains lieux et à certains moments, les salaires montent au-dessus du niveau de l'existence, mais cette différence dure peu et bientôt la règle se trouve confirmée par l'abaissement du salaire jusqu'au niveau de l'existence; toutefois, si le niveau de l'existence monte à la hauteur du salaire, celui-ci se maintient. — Q. Qu'est-ce qui produit le niveau de l'existence? — R. En règle générale, dans tous les pays et dans tous les temps, la demande d'augmentation de salaire est la conséquence de la pression exercée par des besoins nouveaux. Un homme qui sait lire et qui désire lire demandera un salaire qui lui permette d'acheter des livres. Le repos du dimanche oblige à un salaire qui, en six jours, suffise pour la semaine; habit râpé fait salaire râpé; logement misérable procure salaire misérable; au contraire, bons habits, bonne nourriture, bon logis, signifient bons salaires. Vous ne pouvez avoir du mieux que quand vous sentirez le besoin d'avoir du mieux. »

A l'appui de sa démonstration, l'auteur cite des extraits tronqués d'économistes qu'il croit abonder dans son sens; il est certain d'ailleurs qu'il y a aujourd'hui des économistes distingués en Amérique qui professent cette doctrine. L'auteur termine ce catéchisme populaire en disant que le grand mobile des hommes est l'amélioration de leur condition et que l'association est le meilleur moyen d'y parvenir, que le loisir crée des besoins et qu'il faut gagner du loisir, que le temps est de l'argent et que l'ouvrier doit s'efforcer d'obtenir de son temps le plus d'argent possible ou de donner le moins de temps possible pour l'argent qu'il reçoit.

C'est souvent parce que la femme n'est pas obligée de payer sur son salaire tout le coût de sa vie, dit encore le parti ouvrier, qu'elle livre son travail au rabais. Sur ce point il a en partie raison.

L'argumentation du parti ouvrier est spécieuse parce qu'elle contient une part notable de vérité; mais la théorie générale procède d'une vue incomplète des phénomènes et est beaucoup trop absolue, comme l'est d'ailleurs la doctrine des économistes qui font de la productivité la règle unique du salaire.

Si ce parti abuse du coût de la vie en essayant de prouver que l'ouvrier est payé en raison de ce coût, quel qu'il soit, et qu'il faut qu'il ait beaucoup de besoins pour être payé cher, des socialistes tels que Lassalle et Marx, en abusent dans un sens opposé, en disant que le salaire tend fatalement à descendre au niveau du coût minimum de la vie: c'est ce que le premier appelait la loi d'airain.

La véritable loi qui gouverne les faits n'est pas aussi rigide que les uns et les autres le supposent. L'économie politique, éclairée par les faits, résout l'antinomie en montrant que le minimum n'est pas un plan fixe, mais un niveau mobile qui varie considérablement suivant l'état de la civilisation.

Les Américains sont placés aujourd'hui dans le plan supérieur.

Oui, sans doute, le niveau de l'existence, constitué par la somme des besoins usuels à satisfaire, influe sur le salaire, plus toutefois pour le maintenir que pour l'élever. Mais ce niveau n'est pas établi arbitrairement par la volonté des bénéficiaires; il est effet avant d'être cause et il reste plutôt effet que cause.

Effet, il est la conséquence de la productivité du travail et de la richesse générale du pays et il résulte directement du salaire même, l'ouvrier se faisant par habitude un genre d'existence qui correspond à son revenu.

Cause, il empêche l'ouvrier, dans les temps ordinaires, d'accepter un salaire inférieur à la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Troisième Partie.

J'arrive donc à la troisième et dernière partie, le genre de vie que mène l'ouvrier.

Le niveau de l'existence, en anglais *Standard of life* ou *Standard of living*, est nécessairement élevé pour l'ouvrier des États-Unis, puisque le salaire est élevé. Les étrangers qui ont vu l'Amérique en touristes répètent volontiers : « La vie est chère en Amérique », et le langage ordinaire des Américains n'est pas fait pour modifier ce sentiment; car les Américains eux-mêmes se plaignent de la cherté. En quoi ils ressemblent aux Français, et surtout aux Françaises, qui répètent que tout renchérit.

Les questions de prix sont très complexes; les érudits ont bien de la peine à établir l'histoire des prix dans le passé, et il y a même des érudits qui ne comprennent pas les termes du problème. Dans le temps présent, les agriculteurs gémissent de l'avilissement du prix de leurs denrées, et les ménagères se récrient contre le renchérissement de ces mêmes denrées; des bimétallistes

coutume de son métier, précisément parce que ce salaire correspond au genre d'existence des personnes de sa condition.

Chacun d'ordinaire dépense d'autant plus qu'il gagne. Un typographe de New York serait bien gêné s'il lui fallait régler sa dépense sur celle d'un tisserand de Nashua. En France et en Amérique, les ouvriers n'avaient pas les mêmes besoins ni le même coût d'existence au XVIII^e^ siècle qu'aujourd'hui. Quand une fois le salaire s'est élevé à un certain niveau et que la classe ouvrière s'est habituée à monter ses besoins et ses satisfactions jusqu'à ce niveau, il lui est, comme à toutes les classes de la société, très pénible de les en laisser redescendre. Elle se défend autant qu'elle le peut : c'est un cas de grève qui n'est pas rare; j'en ai cité des exemples.

La coutume soutient quelque temps ce niveau; elle agit alors comme élément conservateur, comme parachute. Cependant, comme il vaut mieux vivre chichement que ne pas vivre, l'ouvrier, après avoir résisté en s'appuyant sur la coutume, finit par céder sous la pression de la nécessité ; quand une industrie délaisse une contrée, il n'y a parfois pour les ouvriers que l'alternative d'émigrer ou de mourir de faim.

Voici une anecdote empruntée à l'enquête sénatoriale de 1883 qui éclaire cette situation. « En 1842, les fabriques du Massachusetts s'arrêtaient, dit un témoin, je n'avais pas assez de capital pour travailler à perte. Je dis à mon personnel que je pourrais continuer pendant l'hiver s'il consentait à une réduction de gages; il refusa. — Un homme me répondit que, père de six enfants, il aimerait mieux placer sa famille à la maison des pauvres que de travailler à un prix moindre. Je fermai la fabrique et j'allai avec ma femme passer l'hiver chez mon père. Je revins au printemps et j'allumai du feu dans la fabrique. On aperçut la fumée et on vint en foule du voisinage me demander si j'allais recommencer. Le même homme était dans le nombre : Allez-vous mettre la fabrique en marche? me dit-il. — Je ne sais pas. — Pardieu, marchez et donnez-nous le salaire que vous pourrez! Je n'ai pas travaillé de tout l'hiver, sinon par occasion, pour fendre du bois à raison de 50 cents la corde; je ne faisais pas plus d'une corde par jour, et avec cela j'ai nourri ma famille de maïs. — Je vous avais prévenu, mais vous avez dit que vous aimeriez mieux aller à la maison des pauvres. — Eh bien, je m'étais trompé, je voudrais bien travailler maintenant. — Quand mon personnel vit qu'il fallait se contenter d'un certain prix ou n'avoir rien, il vint. »

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

accusent l'or d'avoir altéré les prix, tandis que des économistes s'efforcent de montrer que la baisse de beaucoup de marchandises s'explique sans qu'il soit besoin de supposer une raréfaction de la monnaie.

Les économistes ont d'ailleurs rarement le dernier mot dans les conversations de famille sur ce sujet. Quand ils se hasardent à dire qu'il existe une tendance à la baisse des prix, les femmes rient de ces naïfs théoriciens, qui ne connaissent rien à la pratique, et déclarent que, quand on tient la queue de la poêle, on s'aperçoit qu'il faut aujourd'hui plus d'argent que jadis pour vivre. En quoi il pourrait se faire qu'économistes et ménagères eussent les uns et les autres raison; mais ils ne considèrent pas la même chose.

J'ai fait, aussi exactement que j'ai pu, la comparaison des prix de détail, — lesquels ne sont pas régis exactement par les mêmes lois que les prix de gros, — aux États-Unis et en France, particulièrement à New York (qui va devenir l'année prochaine une cité de trois millions d'habitants) et à Paris. Cette comparaison a porté sur les aliments, les vêtements et sur diverses autres espèces de marchandises. J'ai constaté que, dans le détail, quand il s'agit non d'objets de luxe, lesquels sont généralement, comme les services personnels, très chers en Amérique, mais d'objets de consommation courante et particulièrement d'articles en usage dans la classe ouvrière, le prix moyen des marchandises n'était pas plus élevé en Amérique que chez nous, qu'il était même moins élevé pour la plupart des denrées alimentaires.

Voici, entre autres preuves, un témoignage que j'ai recueilli. Revenant en France sur la *Champagne*, j'ai demandé au commissaire du bord de me dire quels prix il payait pour l'approvisionnement en vivres du paquebot à New York et au Havre. Celui-ci a eu la complaisance de dresser une liste de treize articles, avec le prix de l'unité dans les deux villes.

Les totaux de ces treize articles sont, en nombres ronds, 17 francs pour New-York et 21 francs pour le Havre (1). Les conditions étant égales, puisque c'est,

(1) Voici ces prix :

	France. fr.	New-York. fr.
Bœuf	1,19 le kilog.	0,91 le kilog.
Veau	1,88 —	1,25 —
Mouton	2,07 —	1,14 —
Porc	1,38 —	1,63 —
Jambon	2,60 —	1,63 —
Saindoux	1,60 —	1,45 —
Farine	0,343 —	0,263 —
Poulets	3 » —	1,85 —
Dindes	2,24 —	2,25 —
Oies	1,80 —	2,25 —
Canards	2,54 —	2,05 —
Oranges	0,32 la pièce.	0,22 pièce.
Glace	0,04 le kilog.	0,02 le kilog.
TOTAL	21 » —	16,91 —

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans les deux cas, le même acheteur achetant à peu près les mêmes quantités, la différence marque bien l'avantage de New York sous le rapport du bon marché. Il eût été étonnant qu'il en fût autrement, puisque les États-Unis sont exportateurs de blé et de viande, deux marchandises qu'ils produisent en surabondance.

Pour apprécier les prix du vêtement, il ne faut pas chercher ce que coûte un

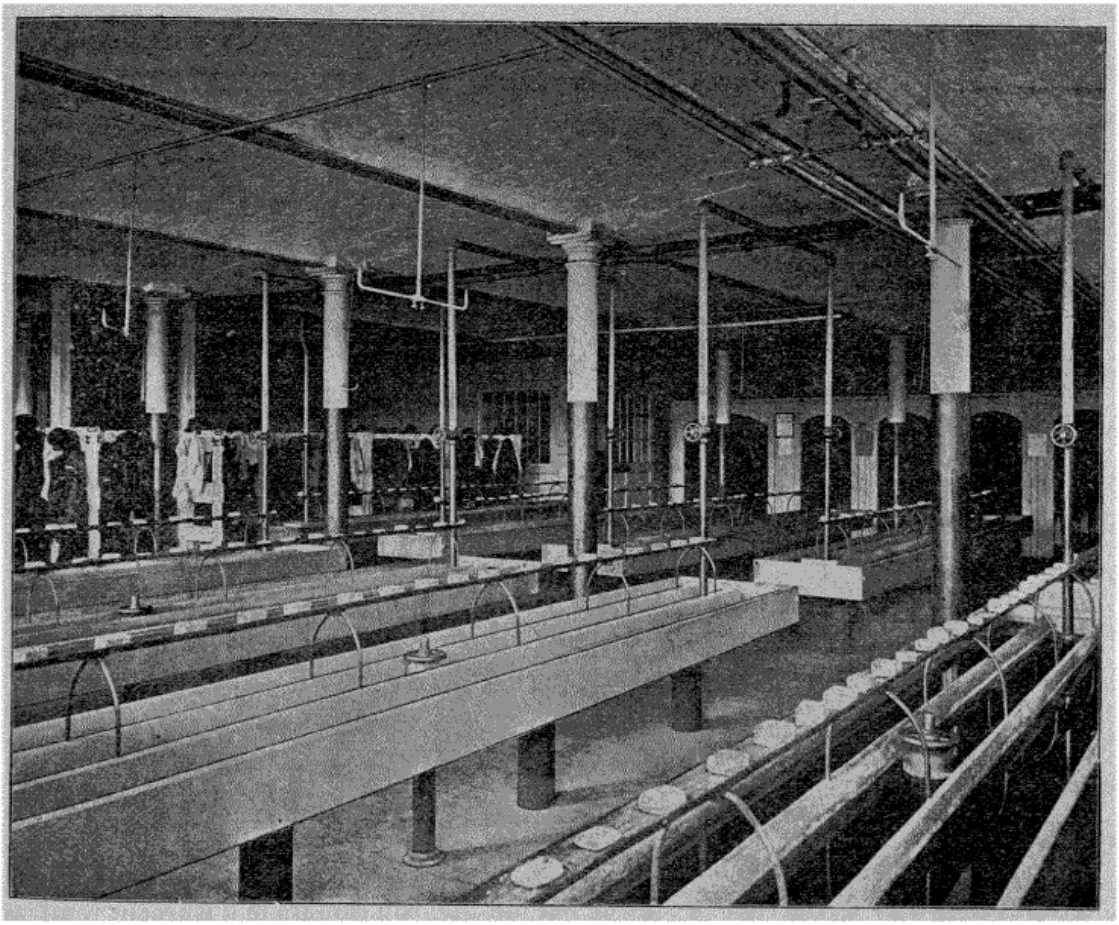


Fig. 12. — Lavabo des ateliers *Brown et Sharpe*.

habit chez un grand tailleur de New York, — l'habit sur mesure coûte très cher, — ni demander les prix à un chapelier en renom. Il faut regarder ce que vaut la confection commune; or, elle est cotée à peu près comme à Paris, depuis le chapeau rond ou le chapeau de paille jusqu'aux bottines. Ne comprenez pas les gants dans le compte : c'est un article de luxe très coûteux. De ce bon marché relatif des vêtements confectionnés, j'ai donné des preuves dans mon travail sur *L'Ouvrier américain*. Je ne les reproduis pas ici, mais je puis invoquer le témoignage de M. Richard qui, ayant besoin à New York d'un paletot d'été, a été

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

étonné d'en trouver dans un magasin de confection au prix de 7 dollars, c'est-à-dire 35 francs, un qu'il ne dédaigne pas de porter à Paris.

Il y a un chapitre de la dépense qui est presque toujours plus lourd pour l'ouvrier américain que pour l'ouvrier français : c'est le logement. Mais la marchandise logement n'est pas la même pour l'un et pour l'autre. L'Américain est plus exigeant. D'un grand nombre de cas que j'ai examinés, j'ai cru pouvoir conclure que les ménages d'ouvriers américains occupaient en moyenne quatre pièces : c'est plus que n'en occupent les ménages d'ouvriers français. J'ajoute que le logement de l'Américain est ordinairement mieux meublé et plus confortable.

La vie est chère en Amérique ; soit. Mais il convient d'ajouter : non parce

Fig. 13. — Habitation ouvrière de *Whitinsville*.

que les marchandises coûtent plus, mais parce qu'il en faut davantage pour vivre. L'ouvrier d'Amérique a plus de besoins que son camarade d'Europe ; il vit plus largement, et il s'est fait, de cette manière d'être, une telle habitude que ce serait pour lui une souffrance, une déchéance de retrancher quelque chose de ses consommations ordinaires. Il a un *Standard of Living* plus élevé.

Les Européens qui ont visité des manufactures en Amérique ont pu se rendre compte, par certains détails, de ces habitudes de confort. Excusez-moi de vous en citer un qui est significatif : les water-closets. J'ai souvent fait un retour par la pensée sur nos fabriques françaises en voyant, dans les fabriques américaines, des cabinets toujours ou presque toujours distincts, au nom même de la loi, pour les hommes et pour les femmes, la propreté des murailles et des sièges, l'abondance de l'eau de lavage ; la comparaison n'était pas à notre avantage. Elle l'eût été, et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de beaucoup, si j'avais comparé les fabriques de France à celles de la Russie centrale ou de l'Inde. Je vous ferai comprendre mieux ce que je dis en mettant sous vos yeux la photographie d'un lavabo pour les ouvriers des ateliers de *Brown and Sharpe* (fig. 12). Vous voyez les rangées extérieures de cuvettes qui servent aux ouvriers pour se décrasser les mains après le travail et les rangées intérieures qui servent pour se rincer les mains et se laver le visage; chaque ouvrier a une patère pour accrocher ses vêtements; l'établissement possède autant de lavabos de ce genre qu'il y a d'ateliers; il possède, en outre, une salle de bains.

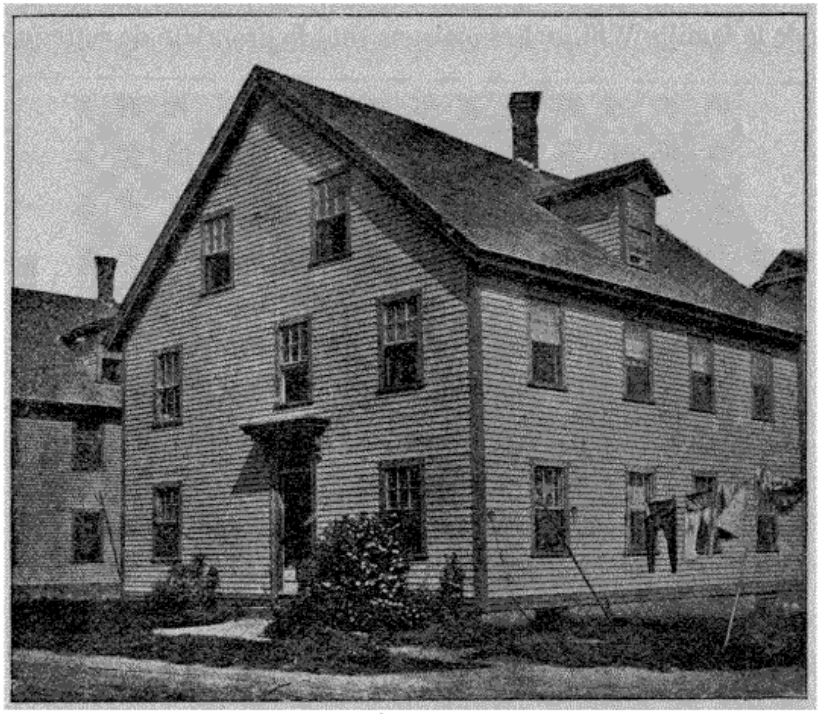


Fig. 14. — Maison ouvrière double à *Whitinsville*.

Dans certaines fabriques, chaque ouvrier a son armoire et la clé de cette armoire. Il y en a même où cette clé, lorsqu'on ouvre la serrure, marque l'heure sur un cadran indicateur; l'inspecteur, qui passe ensuite, s'assure de l'exactitude du personnel.

Quand l'ouvrier a quitté ses habits de travail, il ne se distingue guère d'un bourgeois: c'est le même chapeau rond, le même veston en été, le même paletot en hiver. Du moins la première apparence est la même; la qualité fait la différence. Il en est de même pour les ouvrières, quoique les nuances soient beaucoup plus sensibles. J'y ai été cependant trompé tout d'abord lorsque j'ai débarqué pour la seconde fois un dimanche à New York, dix-sept ans après mon premier voyage, et je ne suis pas seul à avoir commis une erreur de ce genre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

J'ai parlé du logement de l'ouvrier américain à la Société des habitations à bon marché. Je ne reviens pas ici sur ce sujet. Qu'il me suffise de dire que j'ai trouvé que ce logement, composé de quatre pièces en moyenne, coûte environ 500 francs : c'est beaucoup plus que l'ouvrier français ne met à son loyer. En Amérique comme en Europe il y a des quartiers pauvres; il y a des taudis; il y a, particulièrement à New York, des entassements lamentables. Mais, après tout, c'est l'exception. Dans les usines et manufactures qui ont des maisons pour leurs ouvriers, ces maisons sont relativement confortables.

Whitinsville est un hameau presque exclusivement habité par les ouvriers des fabriques de la famille Whitin. Les maisons sont la propriété de cette famille, qui

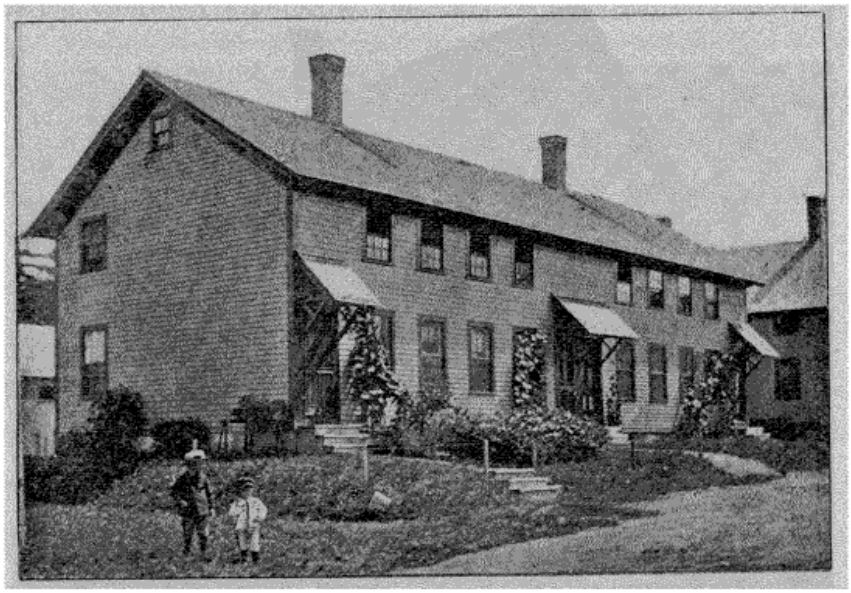


Fig. 13. — Maison quadruple à *Whitinsville*.

les loue en général à bon marché; l'échelle des loyers varie de 3,50 dollars par mois, pour une maison à cinq chambres, à 14 dollars pour une maison de dix chambres. Voici un coin de cette cité ouvrière qui est située à la campagne, dans un lieu pittoresque. Cette photographie est prise le mardi, jour où l'étendage du linge (car les femmes blanchissent presque toutes leur linge elles-mêmes) est permis (fig. 13).

Voici (fig. 14) une de ces maisons vue de plus près; elle contient deux logements, un au rez-de-chaussée et un au premier.

Voici (fig. 15) une autre disposition de bâtiment contenant quatre logements, chaque logement ayant sa porte particulière, et, en façade, deux fenêtres au rez-de-chaussée, deux fenêtres au premier, une pelouse devant la maison et des plantes grimpantes le long du mur. La construction est en bois; l'aspect général est riant.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Je pourrais multiplier les exemples, parce qu'il y a aujourd'hui un certain nombre de manufacturiers qui ont construit des maisons isolées ou des logements pour leurs ouvriers, quoique le patronage, en général, soit moins dans les habitudes du patron américain que du grand industriel français. Je citerai seulement les maisons de « Willimantic Linen C° », qui sont la plupart isolées ou accolées par deux, et gracieusement ombragées de verdure, et celles de la grande fabrique de montres « Waltham Watches Manufacturing C° », qui, étant occupées par des ouvriers et ouvrières d'élite, m'ont particulièrement frappé par leur élégant confortable, et je ne vous montrerai plus qu'un spécimen, celui d'un coquet cottage d'ouvrier pris à la grande fabrique Cheney, à Manchester,

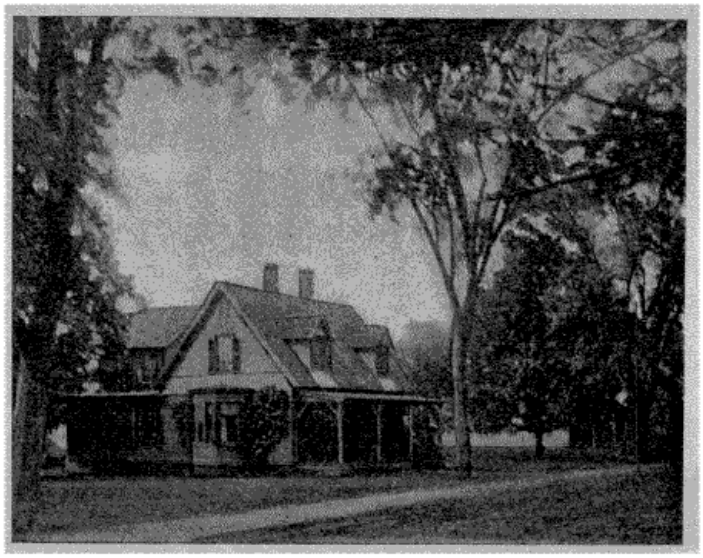


Fig. 16. — Cottage ouvrier de *Cheney*.

qui occupe environ 2 500 ouvriers et ouvrières, gagnant un salaire modique mais vivant économiquement à la campagne (fig. 16).

Dans quelques villes j'ai vu de grandes maisons construites par des sociétés philanthropiques pour procurer à des familles pauvres un logement sain à bon marché. M. Gould en a décrit plusieurs dans le volume *The Housing of the People* que le Commissaire du travail des États-Unis a publié en 1895. Je vous présente la vue d'une de ces maisons, « *Riverside* », qui est située à Brooklyn, en face de New York, et que j'ai visitée avec lui (voir fig. 17). La conception est tout autre; ce n'est pas le cottage familial, c'est la cité ouvrière.

Elle offre des logements bien préférables à ceux qu'on aurait pour le même prix dans la grande ville. Cependant l'Américain, qui ne goûte guère le casernement et la discipline,ne forme que la minorité des locataires de Riverside; la majorité est composée d'immigrants qui n'ont pas encore trouvé à se caser définitivement.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Puisque je vous ai montré quelques spécimens de maisons ouvrières appartenant à des établissements manufacturiers, permettez-moi d'y ajouter la vue de deux écoles de Whitinsville (voir fig. 18 et 19), fondées et entretenues par les patrons. L'une est agréablement placée près de la pièce d'eau, l'autre vous fait voir les élèves, garçons et filles (car toutes les écoles sont mixtes), rangés

Fig. 17. — *Riverside Buildings* (Brooklyn).

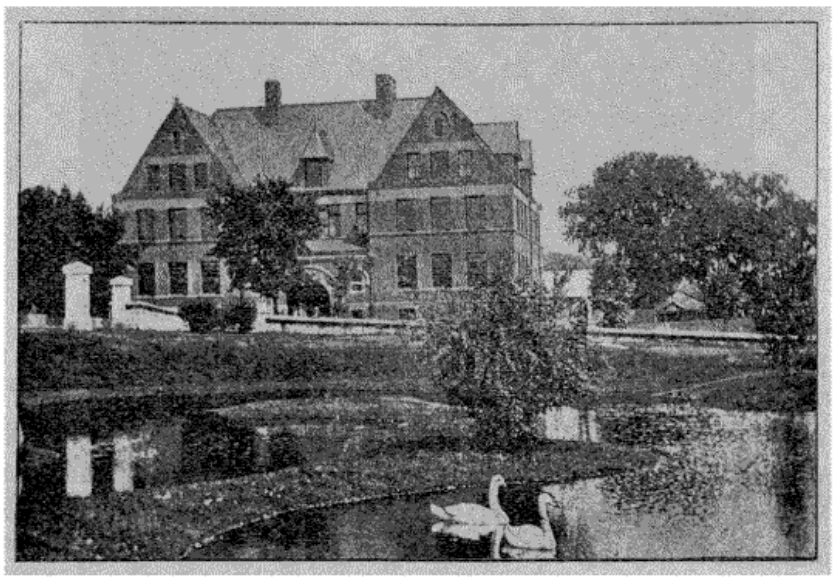


Fig. 18. — École de *Whitinsville.*

devant l'école. Étant pédagogue, je me suis particulièrement intéressé aux écoles et j'ai consacré un des plus longs chapitres de mon livre sur *L'instruction primaire chez les peuples civilisés* à l'étude de l'enseignement primaire aux États-Unis.

J'ai fait un calcul qui me paraît démontrer clairement la supériorité du niveau de l'existence de l'ouvrier américain. Les statisticiens ont, à maintes reprises,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cherché quelle proportion existait entre les divers chapitres du budget de la famille ouvrière, nourriture, vêtement, logement, chauffage et éclairage, éducation et distraction, prévoyance, etc., et ils ont toujours trouvé que plus la situation était humble et plus la fraction afférente à la nourriture devait être forte. M. Engel, qui a été un des premiers à se livrer à des calculs de ce genre, avait établi qu'en Saxe des familles ouvrières gagnant 1 125 à 1 500 francs consacraient à la nourriture 62 p. 100 de leur revenu, tandis que des familles gagnant 3 750 à 5 500 francs n'y consacraient que 50 p. 100. Or, dans les trente rapports de ce genre calculés par des statisticiens américains sur un très grand nombre de cas dans des régions et dans des professions diverses, rapports que j'ai recueillis et comparés, j'en ai trouvé quatre seulement dans lesquels la nourri-

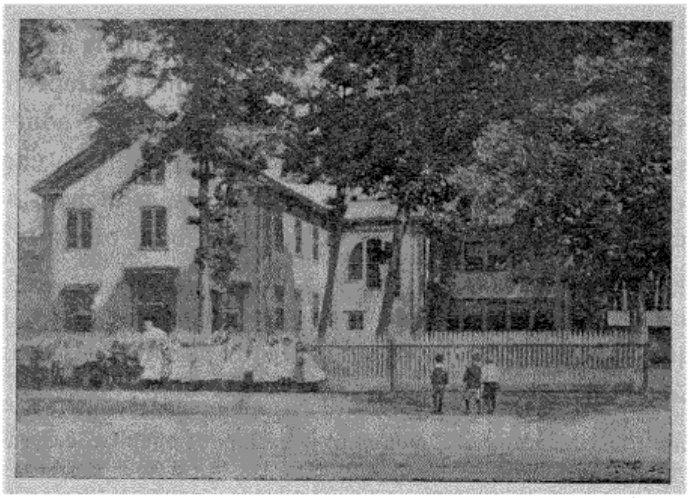


Fig. 19. — École de *Whitinsville*.

ture figure à raison de plus de 50 p. 100 de la dépense totale. Ce n'est pas que l'ouvrier américain dépense moins d'argent pour sa nourriture; au contraire, il en dépense plus.

Le budget d'un ménage ouvrier qui a été donné à New York aux ouvriers français délégués par le commissaire général à l'exposition de Chicago porte, sur un budget total de 3 506 francs, 1 226 francs, soit 35 p. 100, pour la nourriture. C'est notablement plus que ne dépense sur le même chapitre l'ouvrier français ; mais ce « plus » est une fraction moindre d'un revenu plus élevé dont une portion plus considérable est affectée au loyer, aux distractions et aux dépenses diverses.

En principe la classe ouvière ne diffère pas des autres classes : elle vit, comme je l'ai dit, de son revenu, élevant le niveau de ses besoins et celui de ses dépenses au niveau de ce revenu, les prodigues s'aventurant au delà, les sages

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

restant en deçà, la majorité s'en approchant de très près, et presque tous modifiant leur train de vie à mesure qu'augmentent leurs ressources.

CONCLUSION

Quelque influence qu'ait le coût de la vie, ce n'est donc pas, je le répète, là que gît la cause originelle des hauts salaires américains; non plus que dans la volonté arbitraire des syndicats. Car le salaire n'est pas chose arbitraire. Il dépend de plusieurs causes; une des principales est la somme totale des richesses existant antérieurement, et, plus encore peut-être, la somme des richesses produites dans chaque temps par le travail; une autre est la quantité moyenne de richesse produite individuellement par chaque travailleur, c'est-à-dire la productivité des travailleurs.

La répartition de la richesse produite peut se faire dans des proportions diverses entre les trois facteurs de la production, qui sont l'entrepreneur-directeur, le capital prêté et le travail salarié. Il y a matière à un débat pour la fixation du taux de rétribution entre eux, particulièrement entre l'entrepreneur qui achète le travail et l'employé qui le vend ; mais ce taux ne peut pas, sous peine de ruine, dépasser ni même égaler la totalité de la valeur produite, quand il y a plusieurs co-partageants.

Il faut donc reconnaître que la productivité est non la seule, mais une des principales causes régulatrices du travail. J'ai fait connaître ces causes dans *L'Ouvrier américain* (1).

(1) Voici : dans *L'ouvrier américain*, comment je résume le chapitre des causes régulatrices du salaire.

Résumé. — C'est une erreur de prétendre assigner une cause unique au salaire en dehors de la loi de l'offre et de la demande, qui embrasse toutes les causes; on fait ainsi violence aux faits ou on en laisse échapper en voulant les envelopper dans une formule qui, afin d'être simple, se fait trop étroite.

Beaucoup d'économistes ont commis cette erreur, qui est séduisante comme toute tendance à l'absolu, mais qui a, entre autres inconvénients, celui de prêter ouverture à la critique par son insuffisance et de fournir une occasion de prendre la science en défaut. Je voudrais mettre la science en garde contre ce genre de critique en proposant la formule suivante : *Le* SALAIRE *est régi par des causes complexes*, qui, agissant diversement sur L'OFFRE ET LA DEMANDE, déterminent le taux particulier à chaque industrie et particulier à chaque individu : des taux particuliers, la statistique essaie de déduire le taux moyen général d'un pays. Ces causes sont la *productivité*, qui est principalement la cause déterminante de la graduation des salaires selon le mérite du travailleur, et à laquelle surtout est due l'élévation générale des salaires au XIX^e^ siècle; la *concurrence*, qui est modifiée au profit des salariés par le développement de l'industrie et à leur détriment par l'immigration, et que tempèrent, dans des sens opposés, l'association des entrepreneurs et celles des salariés; le *coût de la vie* qui, tout en étant un résultat du salaire, sert d'appui à l'ouvrier pour résister à la baisse et pour maintenir ses moyens de dépense au niveau de ses habitudes d'existence; le *capital* employé dans l'industrie à l'état de capital fixe ou de capital circulant (ce dernier correspondant à peu près au *fonds des salaires*), dont l'influence varie non seulement suivant la quantité, mais aussi suivant la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

RÉSUMÉ

Je conclus. En premier lieu, aux États-Unis, l'ouvrier est armé de l'outillage qui peut rendre le travail le plus productif, et le patron est d'autant plus disposé à perfectionner encore cet outillage que, payant de forts salaires, il réalise plus d'économie lorsqu'il réduit la main-d'œuvre.

En deuxième lieu, l'ouvrier lui-même est habitué par la machine à travailler vite, et l'ensemble de son éducation démocratique et individualiste lui donne une énergie qui est un des caractères du travailleur américain (1).

Enfin, en troisième lieu, il faut que la production soit très active pour suffire

rapidité de la circulation ; l'*activité de la production* et l'*état général de la richesse* du pays, qui permettent de payer plus ou moins le travail salarié ; la somme des *consommations* qui sollicitent la production.

(1) La productivité de l'ouvrier est une question assez intéressante pour que j'ajoute en note un passage de *L'ouvrier américain* (t. I, p. 109) relatif à se sujet.

Productivité de l'ouvrier. — A l'appui de cette thèse que « les hauts salaires correspondent au bas coûts de production, M. Atkinson raconte qu'un bateau à vapeur allemand de Brême, ayant éprouvé de fortes avaries, avait été mis sur le chantier de réparation à New York. Les administrateurs, lorsqu'ils reçurent le premier compte des frais, furent effrayés du prix des journées et envoyèrent l'ordre de tout arrêter. Mais cet ordre arriva trop tard ; puis, quand le règlement définitif fut établi, il se trouva que la dépense totale était inférieure à ce qu'elle eût été à Brême. »

Pendant que j'étais à l'hôpital à Boston, j'avais suivi de mon balcon le travail de maçons-briquetiers qui réparaient un mur. Le manœuvre montait à l'échelle, une hotte sur le dos, portant au maçon les briques qu'un troisième ouvrier préparait en bas, et il me semblait, qu'avec les salaires que je connaissais, un pareil travail devait coûter bien cher. Je crois que je ne me trompais pas parce qu'il s'agissait d'une réparation ; mais je devais me garder d'une conclusion générale. A Philadelphie, comme je faisais part de ma remarque à un manufacturier français qui avait été établi à Lyon : « Ces ouvriers travaillent consciencieusement et vite, me dit-il, j'ai fait bâtir ici et je ne crois pas que ma dépense ait été plus forte qu'elle n'aurait été à Lyon. » J'ai ensuite remarqué moi-même, dans les villes où j'ai passé deux fois, comme Chicago et New York, en combien de temps s'élevait une maison de briques ou d'acier. Toutefois, il y a pour chaque cas une limite que l'expérience seule apprend à connaître : il est certain que le prix des constructions a augmenté dans les grandes villes des États-Unis.

« On est bien payé ici, mais on travaille dur », me disait un forgeron alsacien qui était un des premiers ouvriers d'une grande usine. J'ai pu vérifier presque partout la vérité de ce dire, car j'ai vu déployer cette activité aussi bien dans la petite industrie, où la rapidité avec laquelle opèrent les tailleurs du « Sweating system » à New York m'a paru vertigineuse, que dans la grande où les charcutiers d' « Armour packing house » tranchaient 5 800 porcs par jour, où des tisseuses de coton conduisaient jusqu'à huit métiers, où les laminoirs de Chicago façonnaient 1 000 tonnes de rails en en jour. Partout la machine va très vite et elle commande : il faut la suivre. Un fabricant anglais ayant, lu dans un des livres de M. Schœnhof, qu'au New Jersey, un filateur de soie avait renouvelé son outillage afin d'obtenir 7 500 tours à la minute au lieu de 5 000, lui disait que si lui-même installait un tel mécanisme dans ses ateliers, toutes ses ouvrières le quitteraient. Et cependant, en Amérique, on marche aujourd'hui à 10 000 et même à 13 000 tours.

Même là où la machine ne joue qu'un rôle secondaire, l'habitude est d'aller vite et on ne

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

aux besoins d'une population qui consomme en moyenne par tête plus que les populations européennes (moins cependant peut-être que les colons d'Australasie) et qui, de 4 millions d'âmes en 1790, a passé au nombre de 75 millions en 1897.

perd pas de temps. La concurrence y oblige. Le patron, sachant compter, en veut pour son argent; il ne tolérerait pas volontiers l'ouvrier flâneur qui le mettrait en perte.

Dans l'enquête sénatoriale de 1883 sur « Education and Labor », un tisseur de Fall River, qui avait été député à la législature du Massachusetts, et qui était alors secrétaire du syndicat des ouvriers tisseurs, disait qu'il avait travaillé dix-sept ans en Angleterre et que, suivant lui, la condition y était bien meilleure qu'en Amérique. « Les manufacturiers n'y sont pas aussi désireux qu'ici de faire travailler les hommes comme des chevaux ou des esclaves; on ne travaille pas à la vitesse extraordinaire qui est d'usage à Fall River. En Angleterre, un homme conduit une paire de métiers avec deux aides, l'un entre les métiers et l'autre derrière. En Amérique, les manufacturiers (à une ou deux exceptions près) ne veulent pas entendre parler de cela, et, quel que soit le nombre de broches, ils ne veulent qu'un homme avec un seul aide; les broches tournent plus vite et les ouvriers ont plus de mal. » Question du président : Ainsi, par métier, Fall-River produit davantage? — R. Oui. »

Dans la même enquête, un tailleur qui, enfant, avait été successivement mineur, ouvrier de ferme et tailleur en Angleterre, et qui était secrétaire d'un syndicat à New York, estimait que l'ouvrier mineur était mieux en Angleterre qu'en Amérique, où il était obligé de faire beaucoup plus d'ouvrage dans sa journée. « On peut, ajoutait-il, en dire autant des charpentiers, des maçons-briquetiers, des plâtriers. Par exemple, ici, un briquetier pose, dans sa journée, environ 500 briques de plus qu'à Londres, Liverpool ou Glasgow. J'ai vécu dans ces villes et j'ai étudié de près la question. Un briquetier ici fait plus et mieux que partout ailleurs; il en est de même d'un charpentier, d'un menuisier. Dans toutes les branches de l'industrie, les hommes doivent travailler plus dur qu'en Angleterre et leur journée est plus longue. » Ce dernier trait ne serait plus exact en 1893.

Le surintendant d'un grand établissement d'entreprise de construction de Saint-Cloud (Minnesota) répondait, dans une enquête du Bureau du travail, que « les ouvriers du bâtiment qui avaient fait leur apprentissage en Europe étaient lents au travail, même quand ils savaient bien le métier, et qu'étant Américain lui-même, il préférait les ouvriers américains ».

Il est vrai, qu'à côté de lui, un contremaître de tailleurs de pierre déclarait que les meilleurs ouvriers étaient ceux qui avaient appris le métier en Europe, surtout en Écosse, parce qu'ils commençaient plus tard leur apprentissage et qu'ils le continuaient plus longtemps;

Plusieurs ouvriers français délégués à l'exposition de Chicago ont rapporté aussi de leurs visites le sentiment que l'ouvrier avait beaucoup à travailler et qu'il ne fallait ni flâner ni bavarder. « Dans les ateliers de mécanique, point de brouhaha, dit l'un d'eux, ni de déplacements d'ouvriers; chacun reste à son poste sans que la discipline soit plus sévère qu'en France. »

Un Français, ancien élève de l'école d'arts et métiers d'Aix, qui a été travailler plusieurs années comme ouvrier mécanicien en Amérique, m'a communiqué, sur ce point, le témoignage de son expérience. « L'ouvrier américain, disait-il, est consciencieux, il ne quitte pas sa place pour aller causer avec un camarade, il est très actif et il sait se servir d'une machine, il ne la manie pas en manœuvre, mais en homme qui se rend compte. Ainsi, quand il fabrique des roues à engrenages, il n'est pas rare de le voir modifier l'épure qu'il a devant lui; il prévient dans ce cas son contremaître qui lui donne généralement raison. Il jouit d'une grande liberté, relativement aux moyens d'exécution. S'il invente quelque chose, le patron d'ordinaire l'encourage (j'en ai vu moi-même dans l'atelier de fabrication des boîtes d' « Armour packing house » un exemple qui confirme cette opinion et quelquefois achète l'invention pour prendre le brevet en son nom. La spécialité, qui est poussée très loin et qui repose sur le système de l'échantillonnage, facilite les petites inventions de détail, parce que l'attention de l'ouvrier intelligent est constamment fixée sur le même objet. »

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Je me contente de vous signaler brièvement ces causes du taux élevé du salaire aux États-Unis, sur lesquelles je n'ai pas le loisir d'insister ce soir, et je me hâte d'achever ma conclusion. Un tel accroissement de population est impossible dans la vieille Europe, dont le sol est depuis longtemps approprié ; il l'est surtout en France, où diverses causes ont rendu le nombre des habitants à peu près stationnaire. Mais l'accroissement de production par la concentration individuelle et par le perfectionnement de l'outillage est un phénomène qu'on observe de ce côté de l'Atlantique comme de l'autre, quoiqu'il se produise, en France particulièrement, avec moins d'intensité ; il ne serait pas impossible d'activer chez nous ce mouvement. Il ne faut pas oublier que le principe de la moindre action domine la production des richesses et que, sur les grands marchés ouverts à la concurrence, le succès est à la nation, comme au producteur, qui sait le mieux l'appliquer.

Je sais que l'industrie française se sent gênée, dans une telle transformation, par l'état du marché intérieur, que la diminution de certains revenus mobiliers a rétréci, et par les barrières qu'elle a elle-même, de concert avec l'agriculture, contribué à élever devant ses débouchés extérieurs. Néanmoins, que les capitaux français, se confinant moins dans les fonds d'État et dans des valeurs garanties par l'État et se laissant, d'autre part, moins séduire par le mirage des gros profits de la spéculation, deviennent plus hardis à s'engager dans les entreprises industrielles, que les entrepreneurs ne redoutent pas les nouveautés, et hésitent moins à faire certains renouvellements de matériel qui exigent un fort amortissement, que les fabricants et les commerçants, au lieu d'attendre la clientèle chez eux ou de se contenter de la servir par intermédiaires, aillent la chercher dans le pays même en y établissant des représentants directs, voilà des améliorations pratiques que je crois possibles, dont je souhaite la réalisation et qui contribueraient à mettre la France en situation de soutenir dignement son rang de grande puissance industrielle. Le progrès de sa production et de sa richesse fera plus, pour l'augmentation des salaires et pour l'amélioration du bien-être de l'ouvrier, que ne pourraient le faire les rêves ou les essais de réorganisation sociale dont on parle trop aujourd'hui.

Cette conclusion, Messieurs, semble m'éloigner de mon sujet. Mais c'est qu'en vous parlant de l'ouvrier américain, comme en voyageant en Amérique, je ne pouvais pas détacher ma pensée de l'industrie française et de l'ouvrier français, et que, sans vouloir assimiler les conditions d'un pays à celles d'un autre, je crois que l'exemple des États-Unis peut être utilement étudié en France.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

HYGIÈNE

TRANSFORMATION DE L'ACIDE CARBONIQUE EN OXYDE DE CARBONE PAR LES POÊLES EN FONTE (1). NOTE DE **M. N. Gréhant.**

J'ai fait installer, dans une salle de mon laboratoire dont la capacité est de 85 mètres cubes environ, un poêle dit *de corps de garde*, que j'ai fait chauffer au rouge avec du coke; j'ai appliqué sur la surface extérieure un cône de tôle ayant 25 centimètres de diamètre, uni à un long tube réfrigérant conduisant au dehors les gaz, que j'ai fait respirer à un chien; 25 centimètres cubes de sang normal ont donné, dans le vide, des gaz qui, après l'absorption de l'acide carbonique, ont produit dans le grisoumètre une réduction égale à une division; après une demi-heure de respiration, la réduction des gaz extraits du sang est devenue 2,5; par suite, 1,5 division correspondait à l'oxyde de carbone, dont la proportion dans l'air respiré était égale à 1/6875.

Cette proportion est inférieure à celle que j'ai trouvée en faisant respirer directement à un chien les produits de la combustion du coke, pris à l'extrémité supérieure du tuyau du poêle; j'ai obtenu 1/1600, ou à peu près quatre fois plus d'oxyde de carbone.

Si, comme l'a démontré H. Sainte-Claire Deville, la fonte devient perméable aux gaz du foyer à la température rouge, cette expérience indique qu'une faible partie de l'oxyde de carbone contenu dans les produits de la combustion du coke traverse le métal.

Me plaçant à un autre point de vue, j'ai fait l'hypothèse que l'oxyde de carbone, fixé par le sang de l'animal, pouvait provenir en partie de la décomposition de l'acide carbonique de l'air ambiant par la surface rouge du carbure de fer; cette hypothèse a été vérifiée par les expériences suivantes :

« 1° Le poêle étant chauffé au rouge par le coke, j'ai fait arriver dans l'entonnoir, par un tube métallique, un courant d'acide carbonique provenant d'un récipient à acide liquide; le gaz barbotait dans une ampoule de Cloëz : un chien a respiré pendant une demi-heure les gaz de l'entonnoir, et j'ai trouvé, pour 100 centimètres cubes de sang, une réduction au grisoumètre de 24,4 divisions, qui correspondait à une proportion d'oxyde de carbone dans l'air égale à 1/1666.

« 2° J'ai fait fixer autour du poêle une enveloppe cylindrique de tôle munie d'une porte à coulisse et d'une tubulure supérieure; le poêle a été maintenu au rouge. Par la tubulure et par un long tube, un chien placé à l'extérieur respirait l'air additionné d'acide carbonique : 25 centimètres cubes de sang normal ont donné, au grisoumètre, une réduction égale à 1,4; au bout d'une demi-heure, le même volume de sang a donné une réduction beaucoup plus grande, égale à 15,2 divisions, qui correspondait à 11 centimètres cubes d'oxyde de carbone dans 100 centimètres cubes de sang, ou à 1/500 d'oxyde de carbone dans l'air analysé.

« 3° Une autre expérience tout à fait semblable a été faite sur un chien; le poêle était rouge et le courant d'acide carbonique a été un peu plus rapide; l'animal s'est agité, il a présenté une forte dyspnée; au bout de vingt-cinq minutes, il y eut arrêt respiratoire, extension des pattes, arrêt du cœur; l'animal étant mort, on prit dans la veine cave inférieure du sang qui contenait 19^{cc},1 d'oxyde de carbone p. 100, proportion évidemment toxique.

« 4° En faisant passer lentement un courant d'acide carbonique sur de la fonte chauffée au rouge dans un tube de porcelaine, j'ai recueilli dans un sac de caoutchouc un mélange d'acide

(1) Travail du laboratoire de Physiologie générale du Muséum d'Histoire naturelle. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 24 mars 1897.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

carbonique et d'oxyde de carbone; en absorbant le premier gaz par une solution de potasse, j'ai isolé le second gaz, qui a été recueilli dans une éprouvette et qui a brûlé avec une belle flamme bleue.

Je conclus de mes recherches, qu'il faut abandonner le chauffage des chambres ou des appartements par des parois de fonte chauffée au rouge; il est nécessaire d'envelopper ces parois d'un cylindre de tôle communiquant avec l'extérieur par un tuyau spécial, ou il faut les recouvrir de faïence ou d'autres substances réfractaires, les parois rouges transformant en oxyde de carbone l'acide carbonique de l'air ambiant.

Je suis porté à croire que les accidents qui ont été occasionnés par des calorifères de cave étaient dus à cette décomposition de l'acide carbonique par la fonte rouge.

AGRICULTURE

SUR LA DÉFENSE DES VIGNES CONTRE LA COCHYLIS. Note de **M. P. Cazeneuve** (1).

J'ai l'honneur d'appeler l'attention de l'Académie sur un mode de traitement très efficace des vignes contre les atteintes de la Cochylis (*Cochylis roserana ambiguella*), lépidoptère qui produit dans certaines régions viticoles, et en particulier dans le Beaujolais et le Bordelais, des ravages considérables.

Je rappellerai que les dégâts produits ont lieu lorsque l'insecte est à l'état de chenille. La chrysalide, très résistante, passe l'hiver sur les souches et sur les échalas. Les papillons sortent au printemps, pondent des œufs. La chenille (ver rouge des viticulteurs) dévore la jeune grappe au moment de la floraison. A ce moment, cette chenille s'enveloppe promptement d'un réseau soyeux qui la met à l'abri des atteintes de l'extérieur. Avant les vendanges, une évolution nouvelle a lieu. La chenille se transforme en chrysalide peu après la floraison. Les nouveaux papillons sortis pondent à nouveaux des œufs qui donnent des chenilles, lesquelles, cette fois, envahissent les raisins à la veille de la maturité.

Cette double génération, certaines années, anéantit jusqu'aux deux tiers des récoltes. La qualité du vin se ressent aussi de cette seconde invasion. Les raisins, perforés et à moitié dévorés, deviennent bientôt la proie des cryptogames et pourrissent avant l'introduction dans la cuve. Si la température est intense, les grains sèchent, vides de leur contenu, au préjudice de la quantité de vin produit.

Tous les modes de traitement préconisés contre cet insecte dévastateur n'ont donné que des résultats très insuffisants : injection de poudre de pyrèthre, d'émulsion savonneuse de térébenthine ou de pétrole. Je ne parle pas des procédés peu pratiques, suivis parfois pour les raisins de choix, qui consistent à détruire les chenilles une à une, soit avec un instrument piquant, soit en versant une goutte d'huile sur le nid soyeux de l'insecte.

Depuis 1896, j'utilise avec une efficacité remarquable l'injection sur la grappe, avec une soufreuse mécanique, d'un mélange de 10 parties de naphtaline pour 90 parties de soufre.

Cette année, comme l'année dernière, j'ai pratiqué ce soufrage naphtaliné tout à fait au début de la floraison de la vigne, c'est-à-dire fin mai pour la région beaujolaise. J'ai protégé

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 12 juillet 1897, p. 132.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ma vigne à la fois contre l'Oïdum et contre la Cochylis. Une parcelle de vigne témoin a subi les atteintes et du cryptogame et de l'insecte. Une seconde parcelle, traitée en pleine floraison, alors que la chenille dévorait la fleur et faisait des dégâts journellement constatés, a été guérie radicalement dès que le soufrage naphtaliné a été effectué. Les chenilles étaient tuées sur place ou, plus fréquemment, abandonnaient leur retraite et tombaient sur le sol, incapables de regagner la souche.

Les premiers jours d'août, les papillons du voisinage peuvent affluer sur la vigne traitée au printemps et dépouillée par les pluies de la naphtaline préservatrice. Du 1er au 10 août, dans notre région, un dernier traitement à la poudre naphtalinée préservera la vigne contre cette seconde évolution. En 1896, le résultat a été probant. Dans trois semaines, je compte renouveler l'expérience, vu l'abondance de cet insecte sur les vignes des côtes beaujolaises.

L'époque de ce second traitement est suffisamment éloignée des vendanges pour qu'on n'ait pas à redouter de donner au vin un goût naphtaliné. La première pluie lave le raisin de la poudre insecticide. Si le premier traitement, à l'époque de la fleur, était généralisé, le second deviendrait superflu. La seconde génération avorterait fatalement ou serait réduite à des proportions peu redoutables.

Les syndicats devraient s'occuper de favoriser ces traitements généraux de toutes les vignes d'une contrée, à l'époque de la fleur. Les bénéfices en seraient immédiats.

Au lieu de soufre, si l'on ne redoute pas l'Oïdium, on peut employer, comme véhicule mêlé à la naphtaline, soit le talc, soit le plâtre précipité, plus économique que le soufre.

Ces traitements, que j'ai pratiqués avec succès pour combattre la Cochylis, mériteraient d'être essayés contre l'Altise, la Pyrale, le Gribouri ou Écrivain. Le pouvoir insecticide de la naphtaline commande de généraliser ces essais contre ces autres insectes, ennemis de la vigne, qui produisent dans certaines régions des dégâts considérables. L'important sera de choisir la période de leur évolution où ils peuvent être plus facilement atteints.

M. Émile Blanchard présente les remarques suivantes, sur les procédés de destruction de la Cochylis de la vigne :

Dès longtemps, j'ai donné un procédé de destruction de la Cochylis de la vigne à la fois simple, peu dispendieux et d'une efficacité absolue. Il s'agit de prendre de la cendre bien tamisée, d'y ajouter une certaine quantité de soufre sublimé, qui augmente l'adhérence, et de répandre, au moment de l'apparition des jeunes chenilles de la première génération de l'année, à l'aide d'une grosse cuiller de bois ou de métal, la matière pulvérulente qui, ainsi, vient obturer les orifices respiratoires et déterminer de la sorte, d'une manière inévitable, la mort des insectes. Des lettres de nombreux intéressés sont venues m'affirmer le succès obtenu par le recours au procédé qui vient d'être formulé.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

NOTES DE MÉCANIQUE

MACHINE *Golding* A FABRIQUER LES TÔLES EN TREILLIS

Cette machine a pour objet de transformer une tôle a (fig. 1) en un treillis a'. Le principe consiste à enfoncer dans le bord de la tôle, suivant les traits pointillés a^2, une série de couteaux coupeurs et dilateurs E (fig. 6), qui entaillent la tôle et dilatent ces entailles suivant des triangles comme a_3 (fig. 1), puis on avance la tôle de la hauteur de ces triangles, on la déplace latéralement de leur demi-base x-x, et on donne un second coup des couteaux E, dans la position même indiquée par les traits poin-

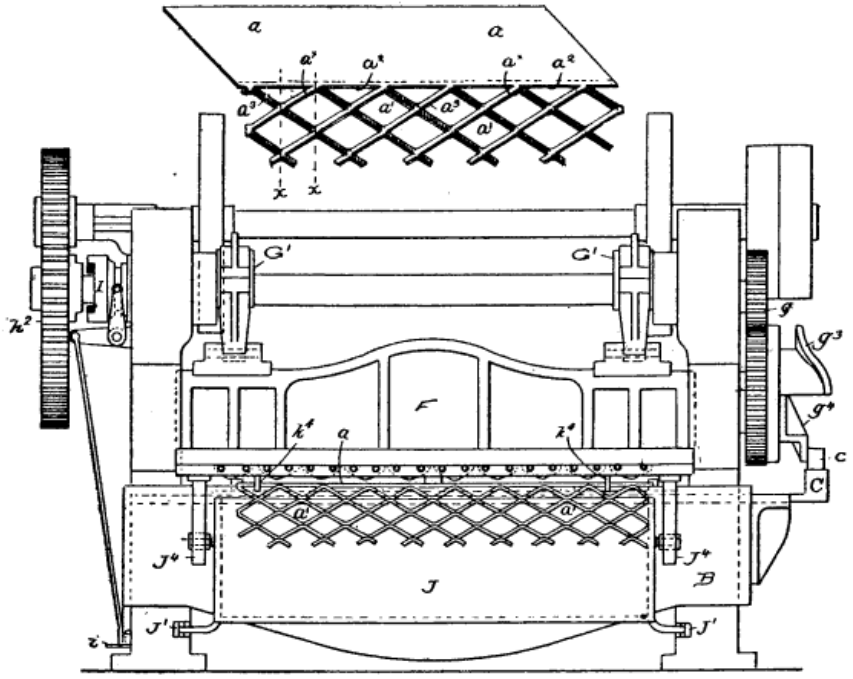


Fig. 1 et 2. — Machine *Golding*. Détail d'un treillis. Élévation de la machine.

tillés de la figure 1, ce qui a pour effet de transformer les triangles a_3 en losanges a (fig. 1 et 11), et ainsi de suite.

La tôle a est posée entre les rainures c_3-c_3 d'une table C (fig. 4 et 8), guidée sur le bâti B par la coulisse c', et animée d'un mouvement transversal de va-et-vient par l'action des cames g_2 g_4 (fig. 3) sur son galet c (fig. 7). Le bâti B porte une lame fixe D, devant laquelle se meut, commandée par les excentriques G G', la traverse F, qui porte les couteaux E. Cette même traverse porte une came J_3 (fig. 7) qui, à sa descente, repousse l'avanceur J dans la position figure 9, pour le laisser, à sa montée et sous l'impulsion du ressort J_5, avancer la tôle par sa poussée sur le treillis a' (fig. 8 et 9).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La longueur de cette avancée est réglée par un levier K' (fig. 7) dont l'arbre K porte (fig. 4, 8 et 9) deux manchons k' k' à, bras k_3 k_3, dont les butées k_4 (fig. 10), réglées par

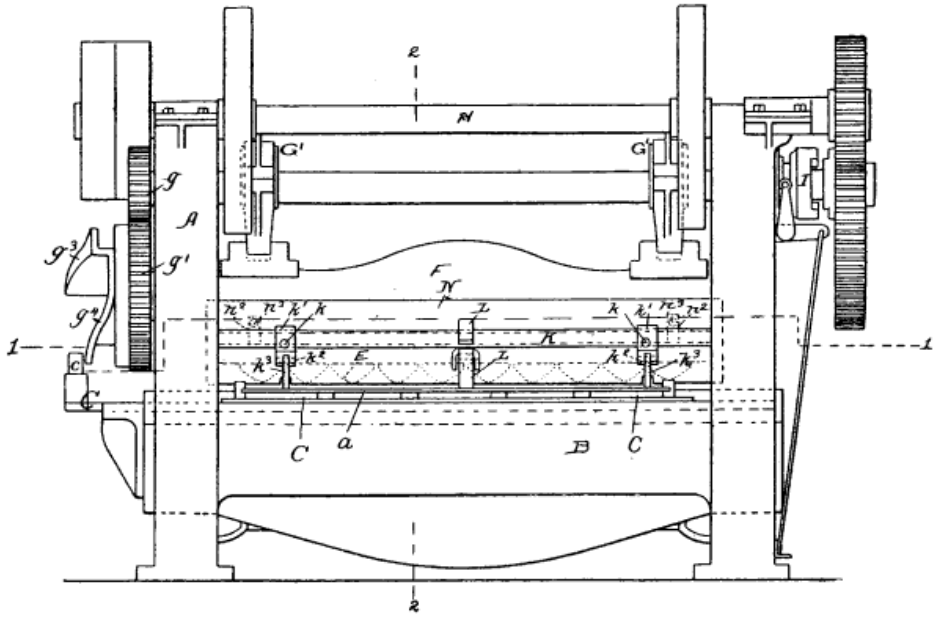


Fig. 3. — Machine *Golding*. Vue à l'opposé de la figure 2.

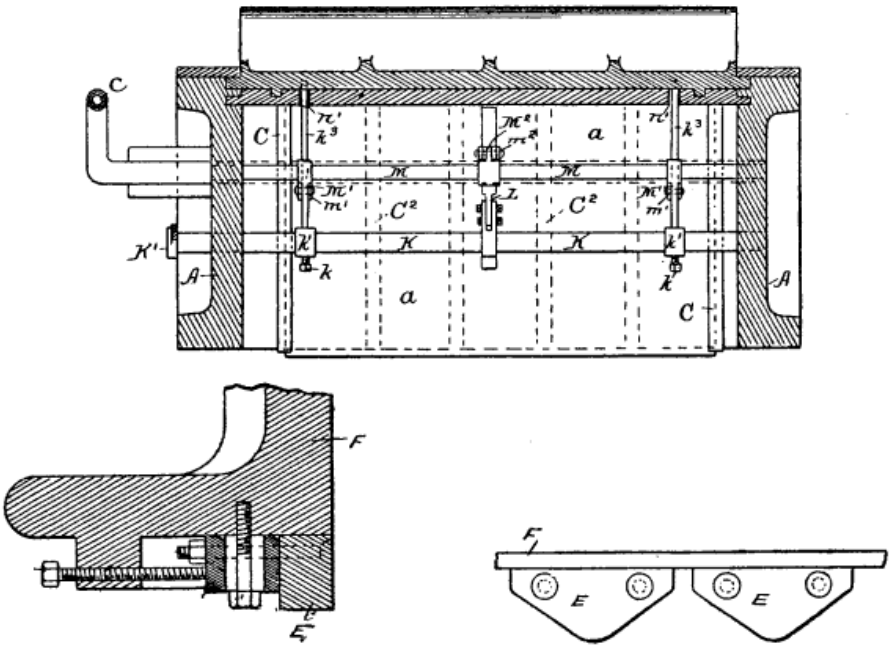


Fig. 4, 5 et 6. — Machine *Golding*. Coupe 1-1 (fig. 3). Détail de la traverse F et des couteaux E E.

la position de la tringle K_2, à encoches K_3, limite l'avancement de la tôle. Afin de permettre un réglage tout à fait exact de k_4, les manchons k' peuvent être orientés sur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

leur arbre K par les vis k, à butée k_6 (fig. 10) dans les limites permises par le jeu k_8 de la cale k_7. En outre, l'arbre K porte fou sur lui et au milieu de sa longueur, un bras L (fig. 4 et 10) relié par le renvoi m' M' M_2 m_2 au bras k_3, et appuyé par son poids

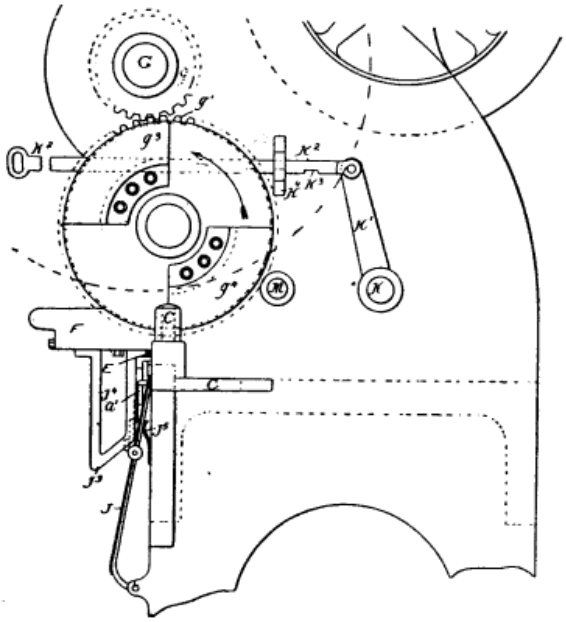


Fig. 7. — Machine *Golding*. Vue par le côté gauche (fig. 2).

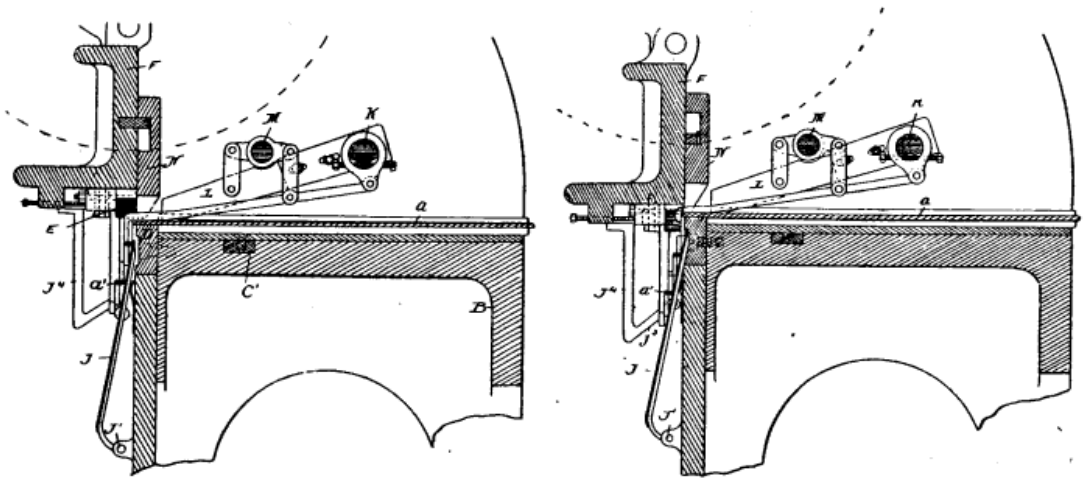


Fig. 8 et 9. — Machine *Golding*. Fonctionnement de l'avanceur. Coupe *e-e* (fig. 3).

sur la tôle a. Dès que le bord arrière de cette tôle quitte L, ce bras tombe dans la position pointillée, en relevant les butées k_4, qui laissent alors l'avanceur J rejeter la tôle, dont on conserve ainsi intacte la bordure a_4 (fig. 10), de largeur réglable par les coulisses l l', qui permettent d'allonger ou de raccourcir L.

Ceci compris, voici comment fonctionne la machine. On pousse la tôle a sur la table

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

jusqu'à sa butée sur k_4, et on met en train par la pédale i (fig. 1). La traverse F descend, consolidant d'abord la tôle par la masse d'appui N (fig. 8) coulissée sur F, puis découpant (fig. 9) la première rangée de triangles a_3 (fig. 1) et rabattant l'avanceur J dans la position (fig. 9). Quand F remonte, entraînant N, la came g_3 (fig. 3) déplace latéralement la tôle a de x x (fig 1), de manière à amener les creux des premiers triangles a' devant les butées k_4, qui permettent aux avanceurs J d'avancer la tôle de

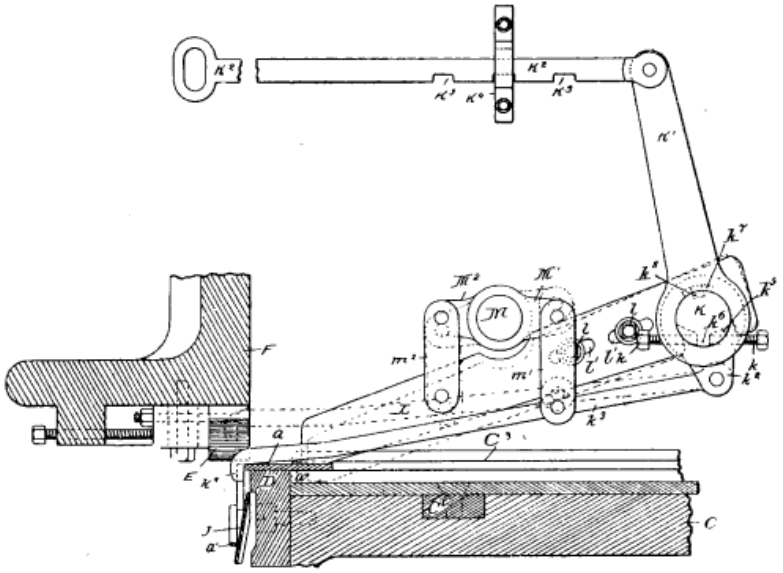


Fig. 10. — Machine *Golding*. Détail de l'avanceur.

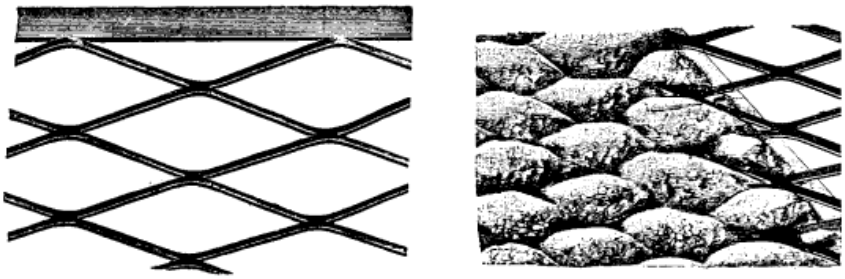


Fig. 11 et 12. — Tôle-treillis libre et plâtrée.

la hauteur de ces triangles; et l'opération se poursuit indéfiniment jusqu'au passage du seuil a' de la tôle, comme nous l'avons vu plus haut. Pour couper le treillis même en un point quelconque de sa longueur, il suffit de mettre la tringle K_2 (fig. 10) au cran K_3 de manière à ramener la tôle d'une rangée de triangles en arrière sous la traverse F qui, alors, en coupe les sommets.

On treillage ainsi des tôles de $0^{mm},5$ à $6^{m}/^{m}$ d'épaisseur et de $2^{m},50$ de long, qui s'allongent de deux à douze fois, suivant la dimension des triangles. Les figures 11 à 15 indiquent clairement l'usage qu'on peut en faire comme bâti incombustible et très résistant pour plafonds, panneaux, etc. Des panneaux de béton de 1 mètre de côté,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

avec un treillis d'acier doux à losanges de $0^m,075$ de côté et barettes de $0^m,005 \times 0^m,004$, a supporté une charge de 8000 kilos par mètre carré au lieu de 1250 sans treillis. D'après MM. Fowler et Baker, ces treillis permettent aux panneaux de 1 mètre de portée des charges uniformément réparties six à huit fois plus lourdes, et des charges dix à

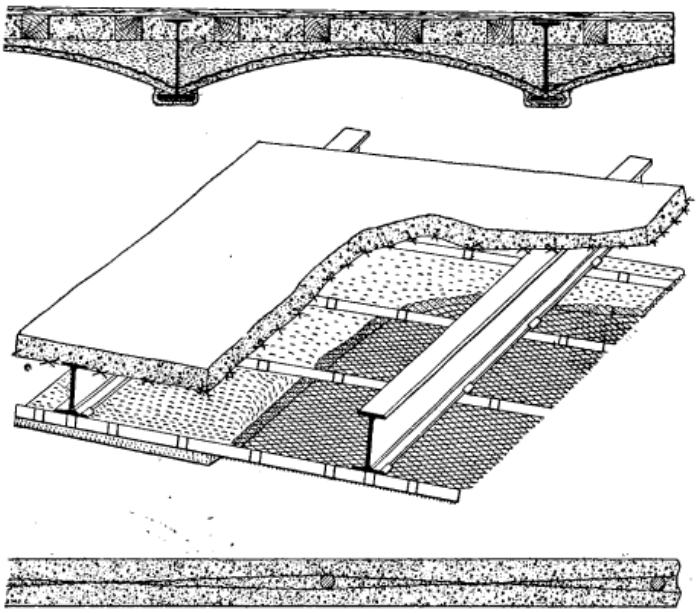


Fig. 13 à 15. — Divers emplois de la tôle-treillis.

onze fois plus lourdes pour des portées de 2 mètres; ils permettent de réduire des deux tiers le poids du béton (1). Ces treillis résistent aussi très bien aux incendies (2); leur usage se répand beaucoup aux États-Unis, de sorte qu'il nous a paru intéressant d'en faire connaître la fabrication.

INDICATEUR CONTINU *Gray*.

Dans cet appareil, la bande de papier F se déroule (fig. 16 et 17), suivant G I H, d'une façon continue devant le crayon de l'indicateur, sous l'action du cylindre entraîneur C.

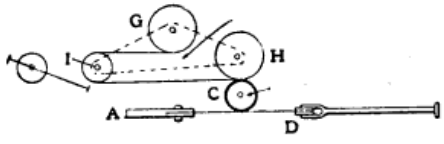


Fig. 16. — Indicateur *Gray*. Schéma du déroulement du papier.

A cet effet, quand le segment A s'abaisse, actionné par la crosse du piston, il tire la corde B D E D B, à ressort E, de façon à faire tourner dans un certain sens le cylindre C, entraîné par sa poulie supérieure B, la poulie inférieure agissant alors comme

(1) *Engineering*, 13 novembre 1596.
(2) *Engineering News*, 10 juin 1897.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

frein amortisseur de son lancé. Au retour de A, sous le rappel de E, c'est la poulie B inférieure qui fait tourner C, mais toujours dans le même sens. La bande de papier a

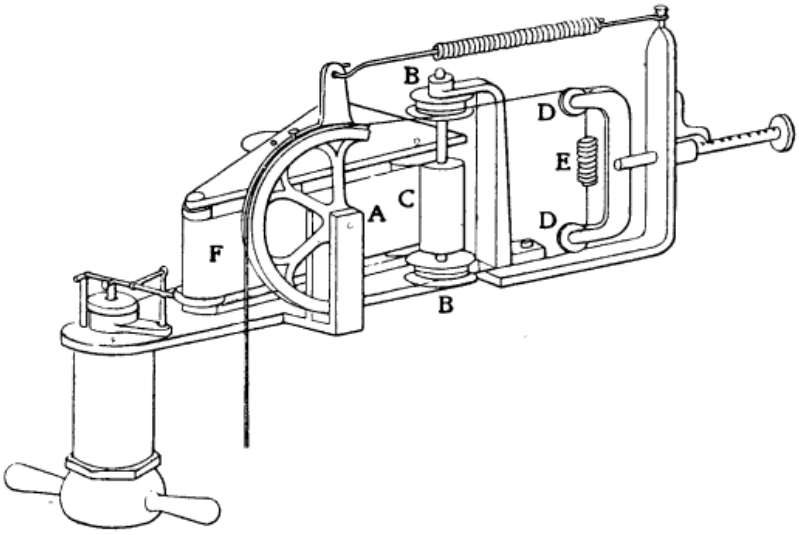


Fig. 17. — Indicateur continu *Gray*.

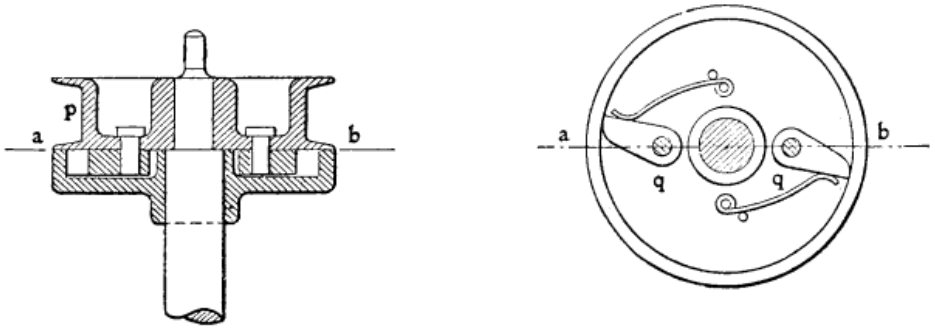


Fig. 18 et 19. — Indicateur *Gray*. Entraînement par Dobo.

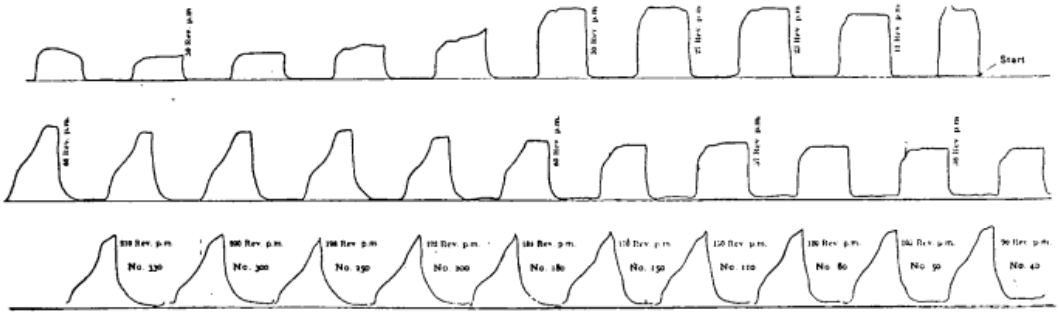


Fig. 20 et 21. — Diagrammes d'indicateur *Gray* relevés sur une locomotive.

60 mètres de long et peut prendre 1 000 diagrammes : on dispose de deux de ces bandes dans les cylindres interchangeables G et H.

On peut, comme l'indique la figure 18, remplacer le mécanisme d'entraînement précédent par un encliquetage Dobo q, ne laissant chacune des poulies b, analogues de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

B B (fig. 17), n'entraîner leur cylindre que dans un seul sens : cette dernière disposition a l'avantage de ne pas faire frotter la corde comme en figure 17.

Les figures 20 et 21 représentent une série de diagrammes ainsi relevés sur une locomotive express du New-York Saint-Louis, d'abord au démarrage, de 0 à 66 tours par minute, puis de 90 à 210 tours (1).

TABLE DE LAMINOIR *Huber*.

Le galet entraîneur 17 de cette table 2, actionné (fig. 22 à 26) par le train 4, 8, 9, 10, 12, 13, 19, 18, à pignons fous 12, 13 et 19, est porté par deux bras 15 et 16, pivotés. sur l'axe 14 du pignon 13 et du balancier 23 (fig. 26) à contrepoids 24 et dash-pot 29,

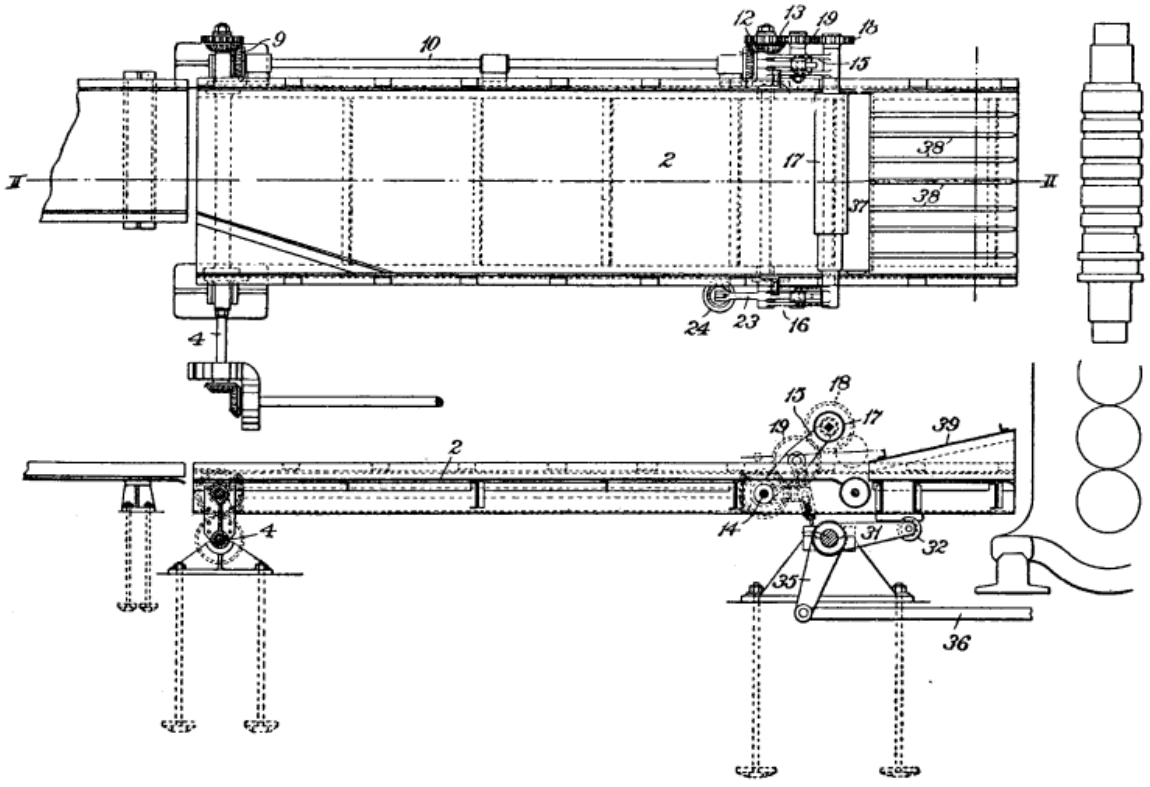


Fig. 22 et 23. — Table de laminoir *Huber*. Plan et élévation.

Quand le fer est revenu d'une passe inférieure du trio à la table 2, guidé par 38 et 39, on soulève, par 36, 35, 32, autour de l'axe 4, la table 2, au niveau de la passe supérieure suivante; ce mouvement, entraînant avec lui l'axe 14, a pour effet, dès que le piston 29 du dashpot rencontre sa butée 28, de faire, par 23, 22 (fig. 26), basculer 16 et 15 de manière à rapprocher le galet 17 du galet 37 de la table, de sorte que le galet 17 entraîne le fer au laminoir avec une poussée réglable par la tension du ressort 39 *a*. On voit que

(1) *American Machinist*, 17 juin 1897,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le galet 17, grâce à sa mobilité réglable, se prête facilement aux variations d'épaisseur

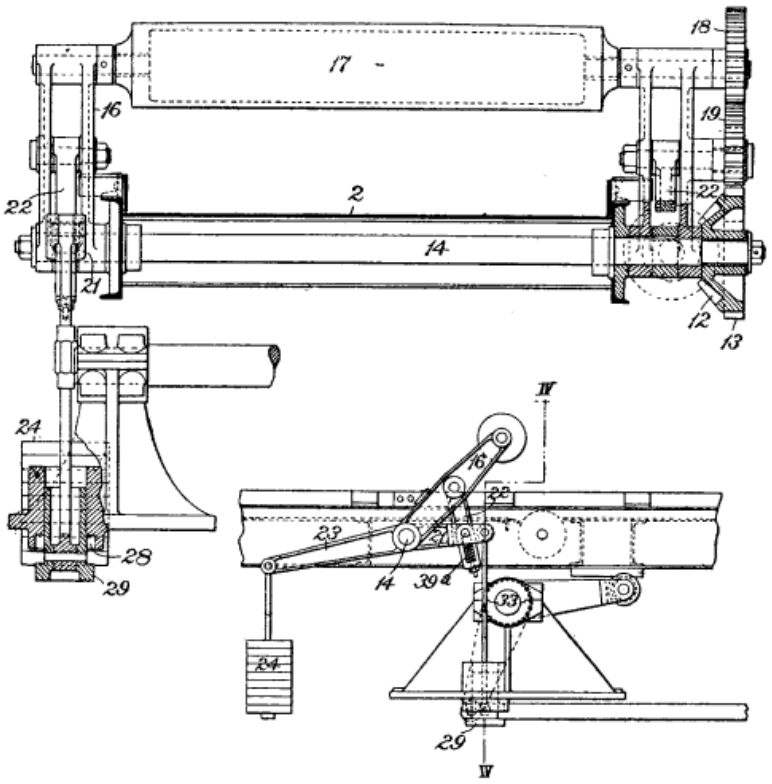


Fig. 24 à 26. — Table de laminoir *Huber*. Détail du mécanisme de relevage et du dash-pot (coupe IV-IV).

des fers, tout en restant assez près du laminoir pour ne jamais manquer de prendre les fers entre lui et le galet fou 37.

LA CHAUDIÈRE *Cahall*.

Cette chaudière, construite par la Aultman and Taylor Machinery C°, de Mansfield (Ohio), se compose essentiellement (fig. 27) d'un faisceau conique vertical de tubes réunissant le collecteur au dôme de vapeur, collecteur et dôme reliés d'autre part par le gros tube de retour d'eau ou de circulation descendante représenté à gauche de la figure 27. La hauteur de l'eau dans le dôme est d'environ $0^m,60$, et le dôme a $2^m,10$ de haut, ce qui suffit pour donner de la vapeur à peu près sèche. En admettant qu'il sorte des tubes du foyer un mélange à poids égaux de vapeur et d'eau sous la pression, par exemple, de 7 kilos, l'eau y circulera environ deux cent vingt fois avant de s'être transformée tout entière en vapeur. La chaudière repose sur quatre supports en fer, sans contact avec la maçonnerie.

Les gaz du foyer, chicanés par les tubes et par des déflecteurs coniques, quittent la chaudière à une basse température : 260° environ.

On a accès au dôme et au collecteur par des autoclaves à charnières, disposés comme l'indiquent les figures 28 et 29, et dont le joint reste facilement étanche. Deux hommes,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'un dans le dôme et l'autre dans le collecteur, et pourvus de lumières, peuvent très rapidement inspecter les tubes et les nettoyer de leurs dépôts, d'ailleurs très rares en raison de la verticalité des tubes. Ce nettoyage se fait au moyen de grattoirs à rallonges.

D'après une moyenne de neuf essais exécutés à l'usine de l'*Armstrong Cork C°*, de

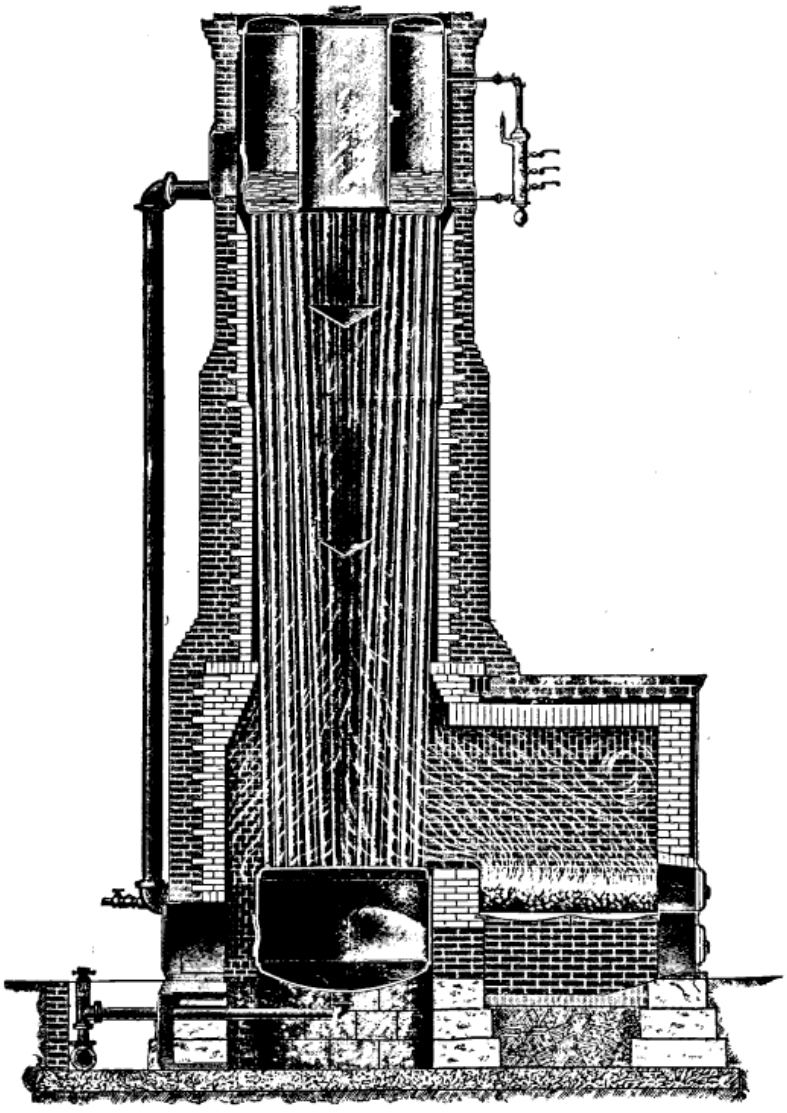


Fig. 27. — Chaudière *Cahall*.

Pittsburg, avec une chaudière Cahall de 250 chevaux, ayant une grille G de $2^{m},18 \times 1^{m},50$ et une surface de chauffe d'eau S de 232 mètres carrés (rapport $\frac{S}{G} = 71,26$) marchant à 7 kilos absolus, on pourrait compter sur les résultats moyens suivants : Vaporisation, ramenée à 100°, par kilo de *combustible*, $10^{kg},43$; par mètre carré de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

grille, 1,560 kilos; par mètre carré de chauffe, 24, avec un feu de 160 kilos de combustible par mètre carré de grille et par heure. Puissance 365 chevaux, au taux de 1 cheval par 15 kilos d'eau vaporisée par heure, ou $1^{ch},4$ par mètre carré de chauffe.

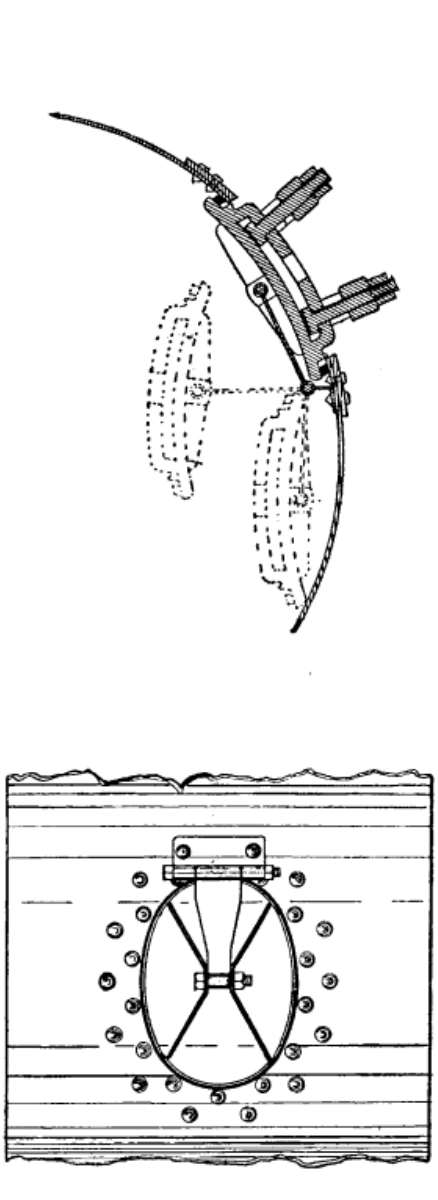


Fig. 28 et 29. — Autoclave à charnière *Cahall*.

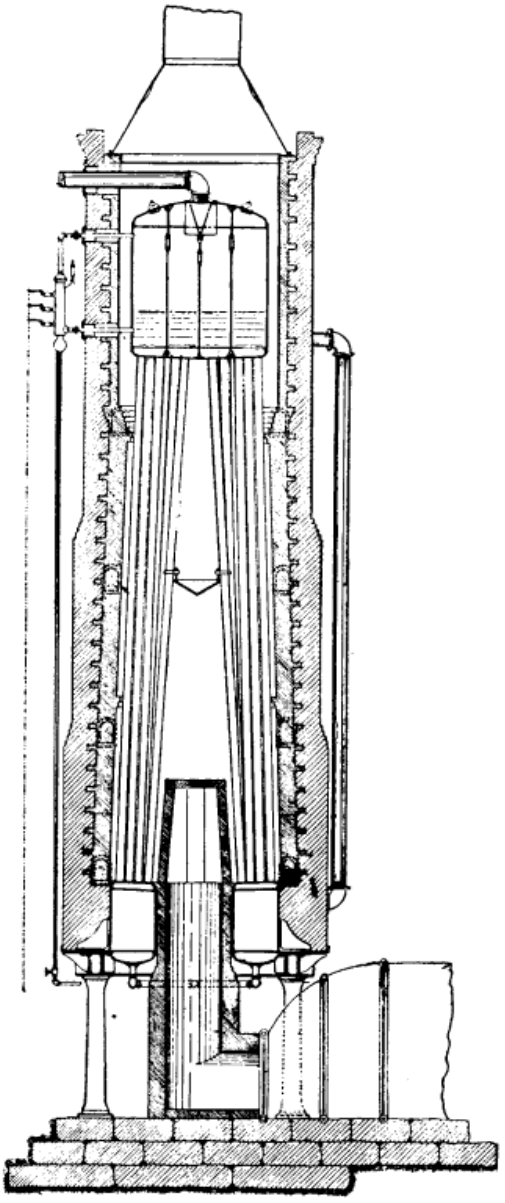


Fig. 30. — Chaudière *Cahall* disposée pour l'utilisation de la chaleur perdue des fours à réverbère.

Ces chaudières, de date récente, sont aussi très répandues aux États-Unis, principalement dans les forges : 2,000 chevaux à la Carnegie Natural Gas C° (Bagdad Pa), 6,000 aux Apollo Iron and Steel Works; 3,000 aux Michigan Alcali Works. Dans ce cas, on les dispose (fig. 30) de façon que les gaz perdus aux fours ne puissent pas attaquer directement les tôles du collecteur. Au gaz naturel de Pittsburg, gaz des puits de pétrole, on

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

peut compter sur une vaporisation de 10 kilos environ d'eau ramenée à 100° par kilo de *combustible* renfermé dans le gaz.

Ces chaudières sont peu dangereuses, en ce sens qu'elles ne peuvent guère occa-

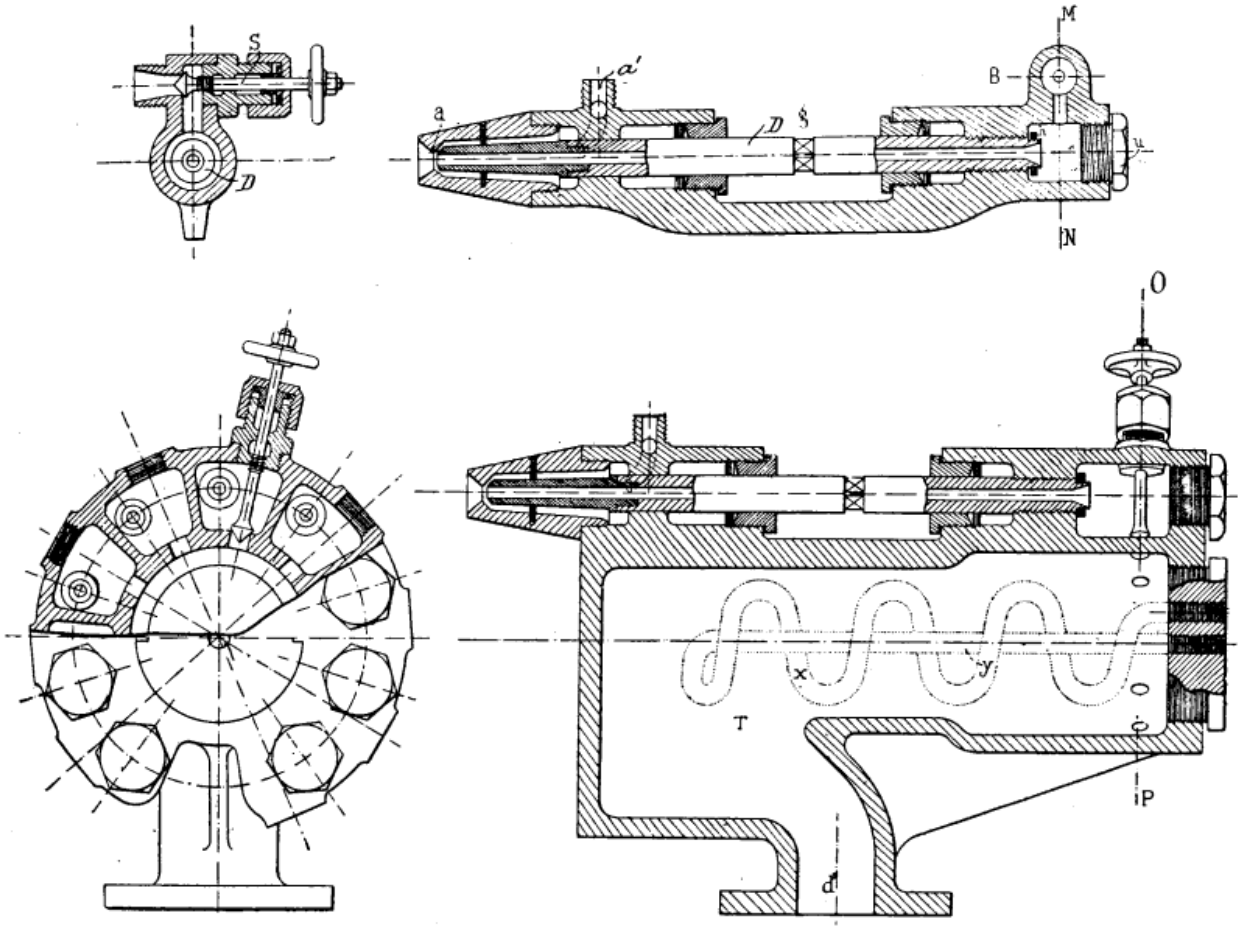


Fig. 31 à 34. — Brûleur à pétrole pour chaudières *Du Temple*, isolé et par groupe de 9.

sionner de puissantes explosions ; accessibles, faciles à réparer, à circulation énergique permettant l'emploi d'eaux relativement chargées, et très économiques, elles sont bien supérieures aux anciennes chaudières verticales des forges.

BRULEUR A PÉTROLE DE LA SOCIÉTÉ DU GÉNÉRATEUR *Du Temple*.

Le pétrole arrive (fig. 31), par M et le pointeau S, à l'extrémité *a* de l'aiguille creuse D, où il est saisi par le jet annulaire de vapeur ou d'air comprimé amené par *a'* : l'aiguille règle la grandeur de cet orifice par son filetage *f* et son carrelet *g* et elle est pourvue d'un écrou de butée *h*, qui empêche la fermeture complète de *a*. Un regard *u* permet de la nettoyer après avoir fermé S et *a'* et même de l'enlever facilement.

On a représenté en figures 33 et 34 le groupement de neuf de ces brûleurs autour d'un alimentateur central T, recevant le pétrole par *d*, et traversé par un serpentin de vapeur *x y*, qui chauffe le pétrole.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

PROCÈS-VERBAUX

Séance du 9 juillet 1897.

Présidence de *M. Mascart*, président.

M. le Président fait part de la perte particulièrement douloureuse que la Société vient d'éprouver par la mort de *M. Shutzenberger*, membre du *Comité des Arts chimiques*, et donne la parole à *M. Aimé Girard* pour la lecture de la notice nécrologique de ce savant éminent, écrite par *M. Troost*, président du *Comité des Arts chimiques*.

Cette notice sera imprimée en tête du *Bulletin* du mois d'août.

Correspondance. — *MM. Collignon* et *Aimé Girard*, secrétaires, dépouillent la correspondance.

M. Verley remercie la Société de sa nomination comme membre.

M. Heubert, 44, rue Jacob, demande une annuité de brevet pour une *poupée mécanique*. (Constructions et Beaux-Arts.)

M. E. Melin, 28, boulevard Saint-Germain, demande une annuité de brevet pour un *procédé d'impression sur celluloïde*. (Constructions et Beaux-Arts.)

M. A. Cordibart, 303, rue de la Paix, Angoulême, demande le concours de la Société pour l'*exploitation d'un chauffe-bains*. (Constructions et Beaux-Arts.)

M. Sidersky communique à la Société la description d'un nouveau *viscosimètre capillaire*. (Arts chimiques.)

MM. Contamine, d'une part, *Donard* et *Boulet* de l'autre, envoient des documents relatifs au rapport fait, au nom du *Comité des Arts chimiques*, sur les procédés de MM. Donard et Boulet pour le traitement des sous-produits de la distillation des matières amylacées. Renvoyé au *Comité des Arts chimiques*. (Voir page 1013 du présent *Bulletin*.)

M. C. P. Rivière, 30, rue Sulivan (Bordeaux), dépose un pli cacheté relatif à *une bouche d'égout inodore hydraulique*.

Remerciements pour les prix, médailles et récompenses décernées pendant la séance du 25 juin 1897. — Ont adressé leurs remerciements : MM. Barillot,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Baudran, Brulé, Christofle et Cie, Faucherre, Fauquet, Garnault, Gilbert et Cie, Helbronner et Cie, Legat, Lencauchez, Livache, Magnard et Cie, Mme veuve Liborelle, Osmond, Rivoire, Sauvage, Singrun, Steinheil, Torrillon et Cie, Thierry, la Compagnie parisienne du Gaz, la Compagnie du chemin de fer de l'Est.

CORRESPONDANCE IMPRIMÉE. — *MM. les Secrétaires* présentent au Conseil, avec remerciements aux donateurs, les ouvrages mentionnés à la page 1016 du présent *Bulletin*.

NOMINATION DE MEMBRES. — Sont nommés membres de la Société : *M. Laroche*, inspecteur général des ponts et chaussées en retraite, présenté par *MM. Voisin-Bey* et *Collignon*.

M. Guilloux, inspecteur au chemin de fer du Nord, présenté par *MM. Schlemmer* et *Collignon*.

M. Gages, capitaine à la 15e batterie alpine à Nice, présenté par *M. G. Richard*.

ÉTAT FINANCIER DE LA SOCIÉTÉ, EXERCICE 1896. — *M. Daubrée*, au nom de la *Commission des fonds*, et *M. Simon*, censeur, présentent leurs rapports *sur les comptes de l'année 1896*, rapports qui sont approuvés. (Voir page 935 du présent *Bulletin*).

RAPPORTS DES COMITÉS. — *M. Lavollée* lit, au nom du *Comité du Commerce*, son rapport sur l'*Alliance française et l'enseignement des langues étrangères en France*. (Voir page 953 du présent *Bulletin*.)

CORRESPONDANCE

Rouen, le 11 juin 1897.

Monsieur le Président de la Société d'Encouragement,

J'ai écrit, le mois dernier, à M. de Luynes au sujet de son rapport sur « le Traitement économique des sous-produits de la distillation des matières amylacées : procédés de MM. Donard et Boulet ». M. de Luynes me dit qu'il a lu ma lettre au Comité des Arts chimiques, mais que les procès-verbaux ne sont pas publiés, aussi m'engage-t-il d'adresser ma réclamation à M. le Président.

Les procédés et appareils ne sont pas de MM. Donard et Boulet seulement, ils sont également de M. Contamine.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En 1890, la Société Industrielle de Rouen a décerné à MM. Boulet, Donard et Contamine le prix de 1 200 francs (Prix de l'Exposition de Rouen) pour ces procédés et appareils.

Dans le supplément de Wurtz, dans l'ouvrage de MM. Fristch et Guillemin, 1890, ces procédés et appareils sont portés sous les noms de MM. Boulet, Donard et Contamine, et Donard et Contamine. Dans d'autres ouvrages également. Dans le livre de M. Guichard, 1897, l'évaporateur est sous le nom de MM. Donard et Boulet; cependant, le brevet a été pris par MM. Donard et Contamine, l'appareil jumeau est sous le nom de MM. Boulet, Donard et Contamine.

Dans le rapport de M. de Luynes, le nom de M. Contamine est supprimé.

J'ai bien abandonné mes droits à M. Boulet en 1891, mais je reste néanmoins l'inventeur des appareils et procédés, aussi je vous demande une rectification dans le *Bulletin* de la Société.

J'ose espérer que vous me donnerez satisfaction.

Recevez, Monsieur, avec mes remerciements, l'assurance de mes sentiments les plus distingués.

G. CONTAMINE.

Paris, le 25 juin.

Monsieur le Président,

Nous venons de prendre connaissance, M. G. Boulet et moi, de la réclamation de M. Contamine au sujet de sa participation dans l'installation des procédés de traitement des résidus de distillerie, que nous avons eu l'honneur de présenter dernièrement à l'appréciation de la Société.

Nous n'avons jamais eu l'intention de passer sous silence le concours que M. Contamine, de 1888 à février 1891, nous a donné dans l'installation des premiers appareils, comme le prouve d'ailleurs la brochure publiée par nous le 1er juin 1896, brochure que nous avions déposée sur le bureau de la Société, et dans laquelle son nom figure avec le nôtre en titre et dans les premières descriptions des procédés.

La haute récompense que nous a accordée la Société Industrielle de Rouen en décembre 1890, et que nous avons pris soin de rappeler dans notre mémoire, a rendu publique notre collaboration primitive, ainsi que les divers ouvrages où notre procédé a été décrit l'ont également fait connaître.

Mais, en février 1891, M. Contamine ayant cédé à l'un de nous, par acte notarié, tous ses droits sur les deux brevets pris en commun en 1888 et 1889, et, de plus, persuadés que les perfectionnements décrits dans trois nouveaux brevets pris depuis par nous seuls (Brevet de perfectionnement au n° 194784, 12 août 1891, — Brevet principal n° 221841, 25 mai 1892, — Brevet principal n° 223002, 18 juillet 1892), étaient de nature à apporter une grande amélioration au travail et à étendre l'application des appareils à d'autres industries, nous avons pensé être en droit de signer seuls la présentation que nous faisions à la Société, dont nous avons voulu surtout appeler l'attention sur les procédés perfectionnés tels qu'ils fonctionnent actuellement.

Veuillez agréer, monsieur le Président, l'assurance de ma considération la plus distinguée.

EUG. DONARD.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

BIBLIOGRAPHIE

Cours de mécanique appliqué aux machines professé, à l'École spéciale du Génie Civil de Gand, par **M. J. Boulvin**, 7e fascicule, 2e édition. *Machines servant à déplacer les fluides*. 1 vol. in-8°, 230 p. 239 fig. Paris, Bernard.

Nous avons déjà signalé à nos lecteurs, à la page 1233 du *Bulletin* de novembre 1895 le cours de mécanique de M. Boulvin. Le fascicule 7 dont nous signalons aujourd'hui la deuxième édition, traite des machines à élever l'eau : pompes, roues, béliers, émulseurs, et des machines servant à déplacer l'air : machines soufflantes et ventilateurs, éjecteurs, etc. On y remarque une théorie très simple des coups de bélier, phénomène dont l'importance parfois oubliée se rappelle dans certains cas par de véritables désastres, comme on l'a vu par la destruction locale de certaines canalisations de hautes chutes, notamment dans la région minière de l'Ouest des États-Unis. La théorie des pompes centrifuges est donnée avec précision et clarté, ainsi que celle des pompes à mouvements alternatifs, confirmée d'ailleurs par les recherches expérimentales de Riedler. La théorie, complète aussi, des ventilateurs tient compte des travaux les plus récents, notamment de ceux de M. Rateau.

Il va sans dire que ces théories sont, comme dans les autres fascicules de l'ouvrage de M. Boulvin, illustrées par de nombreux exemples et encadrées dans une partie descriptive rendue très claire par l'emploi de dessins sommaires, exécutés en vue de la démonstration des caractéristiques essentielles des différentes machines.

L'Électrométallurgie. *Voie humide et voie sèche*, par **M. Adolphe Minet** (*Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire*). Paris, Gauthier-Villars.

L'auteur, après quelques définitions importantes, rappelle les *lois générales des l'Électrolyse*, il divise ensuite son étude en deux parties : l'Electrométallurgie par voie humide ; l'Electrométallurgie par voie sèche.

Dans la première partie, sont compris : les revêtements métalliques, l'affinage des métaux (cuivre, plomb, argent, nickel) et le traitement des minerais ; l'*Électrolyse des sels en dissolution* sert de base aux méthodes qui y sont décrites.

La deuxième partie renferme : l'*Electrolyse des sels anhydres à l'état de fusion ignée* appliquée à la production des métaux : aluminium, magnésium, sodium, lithium, zinc et l'étude des *Phénomènes électrothermiques*, où l'électricité joue surtout le rôle d'agent thermique, appliqués à la fusion des métaux, oxydes réfractaires, et tout dernièrement à la production des carbures métalliques.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LIVRES ET OUVRAGES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE

EN JUILLET 1897

De la Bibliothèque du conducteur de travaux publics: **le Génie,** par M. O. Roux. 1 vol. in-8, 810 pages, 371 fig. Paris, Vicq-Dunod.

Compte rendu des séances du 15e Congrès des ingénieurs en chef des associations de propriétaires d'appareils à vapeur, tenu à Bruxelles en 1891. 1 broch. in-8°, 130 pages, 8 pl. Paris, imprimerie Capiomont.

Revue scientifique et industrielle de l'année, 1 vol. Les rayons X. L'acétylène. Le Chronophotographe. Les machines motrices. La Traction mécanique. 1 vol. in-8°, 640 p., 790 fr., par M. J. L. Breton, Paris, Bernard.

Calcium Carbid und Acetylen, von Dr J. P. Panatovič, 1 broch., in-8°, 130 p. Leipsick, J. A. Barth.

Le verre et le cristal, par M. J. Henrivaux. Nouvelle édition. 1 vol. in-4°, 776 p. 383 fig. et atlas de 31 pl. Paris, P. Vicq-Dunod.

Instruction pour le dosage de la soude dans les potasses par la méthode des solutions saturées, par M. E. Pésier, 1 broch. in-8°, 20 p. Valenciennes, imprimerie Gras.

Chimie des matières colorantes artificielles, par MM. Sejewetz et Sisley. 1 vol. in-8°, 820 p. Paris, Masson.

Traité de menuiserie de MM. Oslet et J. Jeannin, vol. 3, 1 vol. in-4°, 556 p. 812 fig. Paris, G. Fanchon.

Du ministère de l'Instruction publique. **Nouvelles archives des missions scientifiques et littéraires.** Vol. VII, in-4°, 580 p. Imprimerie nationale.

Notions de typographie à l'usage des écoles professionnelles, par M. E. Desormes. Directeur technique de l'École Gutenberg. 3e édition, 1 vol. in-8°, 485 p. Paris. École professionnelle Gutenberg.

Institution of civil Engineers (London), vol. CXXVIII, **Proceedings.** *Principaux mémoires* Steel skeleton construction in Chicago (*E. c. Shankland*) Superheated Steam Trials (*W. Ripper*) The Diversion of the Periyar (*J. Pennycuick*) The Perryar Tunnel (*R. Allen*) Swing Bridge at Selby (*Triffith*). The Mushkaf, Bolan, Railway, Baluchistan, India (*Ramsay Johns et Cole*). Construction of a Lock and Weir in the River Darenth at Darfort (*W. H. Thomas*). Dimensions of Channels for Surface Drainage (*E. Livesay*). Garbage Disposal at Saint Louis by the Merz System (*J. Pownall*). Experiments with a two Stage Air compressor (*J. Goodmann*). A. New Form of Extensometer (*Garrath*).

De l'Encyclopédie Leauté. **Les huiles minérales de pétrole, schiste, lignite,** par M. F. Miron. — **Cuirassés et projectiles de marine,** par M. E. Vallier. Paris, Gauthier-Villars.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LITTÉRATURE

DES

PÉRIODIQUES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE DE LA SOCIÉTÉ

Du 15 Juin au 15 Juillet 1897

DÉSIGNATIONS ABRÉGÉES DES PUBLICATIONS CITÉES

Ag. . . . Journal de l'Agriculture.
Ac. . . . Annales de la Construction.
Acp. . . . Annales de Chimie et de Physique.
AM. . . . Annales des Mines.
Ap. . . . Journal d'Agriculture pratique.
APC. . . . Annales des Ponts et Chaussées.
At. . . . Annales télégraphiques.
Bam. . . . Bulletin technologique des anciens élèves des écoles des arts et métiers.
Btp. . . . Bulletin du ministère des Travaux publics (statistiques).
BMA . . . Bull. du ministère de l'Agriculture.
Ci. . . . . Chronique industrielle.
Co. . . . . Cosmos.
CN. . . . Chimical News (London).
Cs. . . . . Journal of the Society of Chemical Industry (London).
CR. . . . Comptes rendus de l'Académie des Sciences.
DoL. . . . Bulletin of the Department of Labor des États-Unis.
Dp. . . . Dingler's Polytechnisches Journal.
E. . . . . Engineering.
E'. . . . . The Engineer.
Eam. . . . Engineering and Mining Journal.
EE. . . . . Eclairage Électrique.
El. . . . . Electrician (London).
Elé. . . . L'Électricien.
Ef. . . . . Économiste français.
Es. . . . . Engineers and Shipbuilders in Scotland (Proceedings).
Fi . . . . Journal of the Franklin Institute (Philadelphie).
Gc. . . . . Génie civil.
Gm. . . . Revue du Génie militaire.
IC. . . . . Ingénieurs civils de France (Bull.).
Ie. . . . . Industrie électrique.
Im . . . . Industrie minérale de St-Étienne.
IME. . . . Institution of Mechanical Engineers (Proceedings).
IoB. . . . Institution of Brewing (Journal).
La . . . . La Locomotion automobile.
Ln. . . . . La Nature.
Ms. . . . . Moniteur scientifique.
N. . . . . Nature (anglais).
Pc. . . . Journal de Pharmacie et de Chimie.
Pm. . . . *Portefeuille* économ. des *machines*.
Rgc. . . . Revue générale des chemins de fer.
Rgds. . . . Revue générale des Sciences.
Ri . . . . Revue industrielle.
RM. . . . Revue de mécanique.
Rmc. . . . Revue maritime et coloniale.
Rs. . . . . Revue Scientifique.
Rso. . . . Réforme Sociale.
RSL. . . . Royal Society London (Proceedings).
Rt. . . . . Revue technique.
Ru. . . . . Revue universelle des mines et de la métallurgie.
SA. . . . Society of Arts (Journal of the).
ScP. . . . Société chimique de Paris (Bull.).
Sfp. . . . Société française de photographie (Bulletin).
Sg. . . . . Bulletin de la Société de géographie.
Sgc. . . . Bulletin de la Société de géographie commerciale.
Sie. . . . . Société internationale des Électriciens (Bulletin).
SiM. . . . Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse.
SiN. . . . Société industrielle du Nord de la France (Bulletin).
SL. . . . . Bull. de statistique et de législation.
SNA. . . . Société nationale d'agriculture de France (Bulletin).
SuE. . . . Stahl und Eisen.
USR. . . . Consular Reports to the United States Government.
VDI. . . . Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure.
ZOI. . . . Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieure und Architekten-Vereins.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

AGRICULTURE

Betteraves. Production des graines en France. *Ag.* 19 *Juin*, 978.

Beurre. Fabrication du *Ag.* 3 *Juillet*, 19.

Cacaoyer. Culture dans les colonies françaises, Lecomte. *Kgc.* 15 *Juin*, 468.

Électro-Germination des graines. *Elè.* 19 *Juin*, 390.

Engrais. La nitrogine. *Ap.* 17 *Juin*, 842, 8 *Juillet*, 46.

— Action des sels minéraux sur les graminées (Dassonville). *CR*, 21 *Juin*, 1467.

— Fumure à la chaux. *Ag.* 26 *Juin*, 1020.

Fourrages. Lupin des sols calcaires. *Ap.* 17 *Juin*, 840.

Fromages. Table automatique Hignette. *Ag.* 26 *Juin*, 1020.

Lait. Conservation par congélation. *Ap.* 8 *Juillet*, 44.

Machines agricoles. Labourage électrique Borsig. *E.* 18 *Juin*, 814.

— Presses à fourrages. Concours de Valence. *Ap.* 17 *Juin*, 849.

— Rouleau ondulé (Dubois). *Ap.* 24 *Juin*, 886.

— Distributeur Sargeant. *E.* 25 *Juin*, 867.

Pomme de terre alimentaire (La) (Coudron et Bussard). *CR.* 5 *Juillet*, 43.

Sauves (Destruction des). *Ag.* 26 *Juin*, 1014.

Vigne. Phylloxera et carbure de calcium. *Ap.* 17 *Juin*, 841.

Vins. Dosage de la crème de tartre dans les (Jay). *ScP.* 20 *Juin*, 626. Recherche des colorants jaunes de la houille dans les vins blancs contenant du caramel. *ScP.* 20 *Juin*, 629.

— Bouillie contre le Black Root (C. Lavigne). *CR.* 28 *Juin*, 1542.

— Vin rouge jeune et vin tourné d'un même cépage. Étude comparative (Muller). *Acp. Juillet*. 394.

— Viticulture en Sologne. *Ag.* 10 *Juillet*, 65.

CHEMINS DE FER

Chemins de fer de Lanarkshire-Dumbarton. *E* 18-25 *Juin*, 803-839.

— Madagascar. *Rs.* 19 *Juin*, 775.

— Monorail Behr. *E.* 18-25 *Juin*, 808-849.

— Afrique allemande. *Bull. de la Société d'Encouragement de Berlin. Mai*, 157.

— Assam-Bengal. *E'.* 18-25 *Juin*, 609-633. Australie du Sud. *E.* 9 *Juillet*, 49.

— Inde Anglaise, 1895-96. *Rgc. Juin*, 482.

— A voies étroites. *E'.* 9 *Juillet*, 35, normales et de 1 mètre, étude comparative. *Rt.* 25 *Juin*, 268, 10 *Juillet*, 291.

Électricité. Appareils de manutention du chemin de fer du Nord. *Rgc. Juin*, 429.

Locomotives Express. Expériences d'Adams. *Pm. Juin*, 89.

— à roues libres du Great Northern. *E'*, 25 *Juin*, 633.

— de l'État Belge à l'Exposition de Bruxelles. *Ic. Mai*, 670.

— 6 couplées. Midland Indien. *E'.* 18 *Juin*, 618. État japonais. *Rgc. Juin*, 495.

— Équilibre des masses des (Augier). *Rgc. Juin*, 482.

— Chaudière Perkins. *Rgc. Juin*, 497.

— Tiroir Watky. *E'.* 9 *Juillet*, 39.

Matériel roulant. Bogie Joughins. *E.* 18 *Juin*, 838.

— Appareils de chauffage Grand Central Belge. *Rgc. Juin*, 492. Suspension Annandale. *E.* 2 *Juillet*, 27.

— Éclairage électrique Moscowitz, *Ec.* 19 *Juin*, 124.

Plaque tournante. Dispositif en augmentant le diamètre. *Rgc. Juin*, 461.

Sonnerie Hattemer pour passages à niveau. *Pm. Juin*, 90.

— Signal automatique Pratt. *E'.* 3 *Juillet*, 17.

Rails continus. *E'.* 9 *Juillet*, 35. Étude microscopique de la fatigue des (Andrews). *E.* 25 *Juin*, 840.

— Soudure par coulée de fonte. Falk. *Ri. Juillet*, 269

TRANSPORTS DIVERS

Automobiles (Les) de l'avenir. *E'.* 18 *Juin*, 621, 625. Hospitalier. *Jic. Juin*, 360. Industrie de France. *E'.* 9 *Juillet*, 23.

— Concours de la Société royal d'agriculture. *E'.* 18 *Juin*, 611-621.

— A pétrole. Clubb. et Southey. *E.* 3 *Juillet*, 28. Peugeot. *La.* 8 *Juillet*, 310.

— Bicyclette. Gaus. *La.* 1er *Juillet*, 303.

A vapeur de la Lancashire Cº. *E.* 18 *Juin*, 816.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Électricité. Divers. *Ie*. 25 *Juin*, 255.
— Monorail Behr. *E*. 25 *Juin*, 849; 9 *Juillet*, 150.
Plate-forme roulante pour l'Exposition de 1900. *Gc*. 3 *Juillet*, 150.
Tramways. Prix de la traction en Angleterre. *Elé*. 19 *Juin*, 395.
— Avec accumulateurs. *EE*. 10 *Juillet*, 122.
— Par plots électromagnétiques Berrier. *Gc*. 19 *juin*, 113.
— A courants polyphasés de Lugnano. *Gc*. 10 *Juillet*, 161.
Funiculaires. Grip Decauville pour wagon de 700 litres. *Gc*. 10 *Juillet*, 167.
Vélocipèdes. Fabrication des pneumatiques. *La*. 24 *Juin*, 296.
Voitures sur routes. Résistance de roulement. *E'*. 18 *Juin*, 627.

CHIMIE ET PHYSIQUE

Acides borique et ses sels. *ScP*. 20 *Juin*, 825.
— carbonique liquide. Fabrication. *VdI*. 10 *Juillet*, 805.
Acoustique. Analyse des phonogrammes (Mac Kendrick). *N*. 1er *Juillet*, 209.
Alcool, production en 1895-1896. *SL*. *Juin*, 601.
Analyse spectrale. Lecoq de Boisbaudran. *CR*. 21 *Juin*.
— Électrolytique. Dosage du plomb. Arth. *EE*. 3 *Juillet*, 49.
Baromètres pour la marine (essais des). *E*. 18 *Juin*, 824.
Caféine (La). Tassilly. *ScP*. 20 *Mai*, 596.
Camphre (Le). Tiemann. *ScP*. 5 *Juillet*, 907.
Cellulose. Emplois industriels. (Cross). *SA*. 18, 25 *Juin*, 684, 703, 2 *Juillet*, 715.
Cadmium. Sels basiques de — (Tassilly). *ScP*. *Mai*, 588.
Chaux et ciments. A la mer (Kyle et Carey). *E*. 18 *Juin*, 833, 834 (Stutrer), *MS*. *Juillet*, 542.
— Dosage de la chaux dans les matières premières du ciment de Portland (Kluge). *MS*. *Juillet*, 541.
— Addition des scories nitrosiliciées de hauts fourneaux. *Eam*. 26 *Juin*, 631.
— Laboratoire de Philadelphie. *Le Ciment*. 25 *Juin*, 173.
Diamant (Le). Crookes. *CN*. 25 *Juin*, 301, 2 *Juillet*, 1.
Distillerie. Rectification industrielle des produits organiques (Barillot). *ScP*. 20 *Juin*.
Éthane. Synthèse de l' — (Sabatier et Sanderens). *CR*. 14 *Juin*, 1358.
Éther. Préparation (Prunier). *Pc*. 1er *Juillet*, 12.
Explosifs. Analyse du coton employé pour fulmi-coton. *MS*. *Juillet*, 524.
— Poudre russe au pyrocollodion. *MS*. *Juillet*, 510.
— Explosifs de sûreté et fabrication du nitrate d'ammoniaque (Fairly). *MS*. *Juillet*, 520.
— Compositions pour capsules. *MS*. *Juillet*, 526.
Fermentations en milieux composés de particules solides (Schlœsing), *CR*. 5 *Juillet*, 40.
Gaz d'éclairage. État actuel de l'Industrie. *E*. 25 *Juin*, 856.
— Compteurs Guillemet, de Billy, Giroud, Dupoy. *Ri*. 10 *Juillet*, 273, 274.
— Bec Deneyrouze. *Ri*. 3 *Juillet*, 265.
— Gazomètres spiraloïdes. Hunter, *E*. 9 *Juillet*, 55.
Acétylène. Action de l'azotate d'argent (Chavastelon). *CR*. 14 *Juin*, 1364.
— Applications à l'éclairage (Bullier). *ScP*, 5 *Juillet*, 646.
— Gazogènes Cuinat. *Ri*. 19 *Juin*, 241. Morley. *E*. 2 *Juillet*, 27.
— Éclairage des trains. *Ri*. 19 *Juin*, 247. *Gc*. 3 *Juillet*, 153.
— Action sur l'azotate d'argent (Arth). *CR*. 28 *Juin*, 1534.
Gutta-percha. Extraction Serullas. *Elé*. 10 *Juillet*, 17.
Huiles de maïs. (Dulière). *Pc*. 1er *Juillet*, 30.
Hydrates de carbone cristallisés, volume moléculaires à 0° (Pionchon). *CR*. 28 *Juin*, 1523.
— de gaz (Étude expérimentale des) (Villard). *AcP*. *Juillet*, 289.
Iodures de phosphores (Besson). *CR*. 14 *Juin*, 1346.
Laboratoires. Analyseur de gaz Ridder. *E'*. 18 *Juin*, 627.
Lithine. Borate de (Le Chatelier). *ScP*. 20 *Juin*, 585.
Molybdène. Réduction de l'anhydride molybdique par l'hydrogène. (Guichard). *CR*. 5 *Juillet*. 26.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Optique. Lumière jaune pour polarimètre Dupont. *ScP.* 20 *Juin*, 584.
— Indices de réfraction mesurés par la photographie (Lumière). *CR.* 21 *Juin*, 1438.
— Polarisation partielle des radiations lumineuses sous l'influence du champ magnétique. *CR.* 5 *Juillet*, 16.
— *Rayons X*. *El.* 26 *Juin*, 35; 5 *Juillet*, 17-19; *CN.* 2 *Juillet*, 4.

Oxydation de l'azote (Rayleigh) *ScP.* 20 *Juin*, 822; lentes, rôle des peroxydes. *Ms. Juillet*, 479.
— et chloruration, procédé Villiers. *CR.* 14 *Juin*, 1349.
— provoquée par la lactase, intervention du manganèse (Bertrand). *ScP.* 20 *Juin*, 618 (Livache); *Id.* 28 *Juin*, 1520.

Oxydases. (Action oxydante des sels manganeux et constitution des) (Bertrand.) *CR.* 14 *Juin*, 1355.

Oxygène dissous dans l'eau de mer. Dosage (Lévy et Marboutin). *ScP.* 20 *Juin*, 624.

Pegmatoïde (Le). *Industria*, 27 *Juin*, 405.

Percarbonate de potasse et sa fabrication. Rs. 10 *Juillet*, 277.

Pétrole. (Foyer portatif à) *Ln.* 3 juillet, 80.

Poids atomiques (des), 4e rapport annuel au Comité. *CN.* 18 *Juin*, 293.

Porcelaine d'amiante (Garros). *l'Électrométallurgie. Juin*, 86.

Résine. (Détermination de l'huile de) dans l'essence de térébenthine (Aignan). *CR.* 14 *Juin*, 1367.

Soude et chlore. État actuel de l'industrie (Buisine). *SaN.*, n° 98, 41.

Statique des fluides et loi des états correspondants (Amagat). *Actualités chimiques, Mai.*

Sulfo-antimonites de potassium et d'argent (Pouget). *CR.* 21-28 *Juin*, 1445, 1518.

Tannerie. Constitution de l'acide tannique (Schiep). *Ms. Juillet*, 505.

Teinturerie. Revue des matières colorantes nouvelles. (Reverdin). *Ms. Juillet*, 493 (Perkin).
— Les indoïnes d'Andiran. *SIM. Mai*, 245.
— Application des dissolvants organiques et impression (Gasmann). *Id.* 237.
— Teinture des matières colorantes sur 19 mordants métalliques (A. Sheures). *SIM. Mai* 161.
Teinturerie. Réduction des matières colorantes du type fuchsine et du vert malachite (Prud'homme). *Id.* 235.
— Carmin d'indigo (Le) (Bourquelot). *ScP.* 5 *Juillet*, 669.
— Alizarine (Méthode d'analyses employées dans la fabrication de l'). *Ms. Juillet*, 498.
Divers. *Id.* 508.

Tellure. Préparation à Schemnitz. *Gc.* 16 *Juin*, 125.
— Action des chlorures et fluorures telluriques sur les hydracides correspondants (Metzner). *CR. Juillet*, 23.

Thermochimie. Dynamique des réactions chimiques homogènes (Petrovitch). *CR.* 14 *Juin*, 1344.

Titane *et ses composés.* Traitement des minerais titanifères au haut fourneau *Gc.* 26 *Juin*, 133, 3-10 *Juillet*, 148, 164.

Zinc. Dosage volumétrique par le ferrocyanure de potassium. CN. 2 *Juillet*, 7.

COMMERCE ET ÉCONOMIE POLITIQUE

Angleterre. La vie ouvrière en. *Rso.* 16 *Juin*, 917.

Apprentissage. (Question de l'). *Ef.* 26 *Juin*, 890.

Caisse d'Epargne. Réforme des — devant le IXe Congrès du crédit populaire. *Musée social.* Circulaire n° 13.

Chine. Commerce avec l'Angleterre. *E.* 9 *Juillet*, 45.

Coopération. Le travail coopératif et les gouvernements. *E.* 18 *Juin*, 821.

Enseignement technique. Congrès de Londres. *SA.* 9 *Juillet*, 739.

Etalon d'or au Japon. *USR. Juin*, 253.

France. Dépopulation. *Rso.* 15 *Juin*, 966.

Houille (La) et son avenir. *Ef.* 3 *Juillet*, 7.

Japon. Commerce maritime au *E.* 18 *Juin*, 822. Situation industrielle. *Ef.* 10 *Juillet*, 40.

Journée de 8 heures expérimentale (Marvet). *Ru. Juin*, 297.

Liberté de tester (la). *Rso.* 15 *Juin*, 993.

Marseille. Commerce du port. *Ef.* 19 *Juin*, 849.

Montres suisses. Exportation aux États-Unis. *USR. Juin*, 217.

Métaux. Production et prix depuis 20 ans. Zinc, étain, nickel, aluminium. *Ef.* 19 *Juin*, 853.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Octrois (Réforme des). *Ef.* 19 *Juin*, 845.
Paraguay. *Ef.* 3 *Juillet*, 9.
Russie industrielle (La). *Gc.* 19 *Juin* 122.
— (Recensement de la). *Ef.* 3 *Juillet*, 11.
Syndicats agricoles en France. *Ef.* 26 *Juin*, 892.
Taxation locale en Prusse. *Ef.* 19 *Juin*, 850.
Transvaal. L'ouvrier Cafre dans les mines du. *Rso.* 1er *Juin*, 855.

CONSTRUCTIONS ET TRAVAUX PUBLICS

Canal de Chicago. *E.* 25 *Juin*, 848. 9 *Juillet*, 34.
Ciment armé. Procédé Hennebique. *Rt.* 25 *Juin*, 277.
Digue de Bouzey. (Rupture de la), devant le tribunal d'Épinal. *Gc.* 10 *Juillet*, 170.
Incendies (Protection contre les). en Europe. *E.* 18 *Juin*, 810, 9 *Juillet*, 31.
— Bois ininflammable (Ellis). *E.* 9 *Juillet*, 41.
Pont tournant de Bowling. *E.* 18 *Juin*, 803, de Calumet River, Chicago. *E.* 3 *Juillet*, 23.
— Alexandre à Paris. *Gc.* 26 *Juin* 129, de Redheugh. *E'.* 9 *Juillet*, 23.
— de la ligne de Paris au Havre. Reconstruction des *Rgc. Juin*, 450.
— suspendu de New-York. Brooklyn. *Gc.* 3 *Juillet*, 152.
Travaux hydrauliques par l'air comprimé. *Bam. Juin*, 593.

ÉLECTRICITÉ

Accumulateurs Jullien. *EE.* 26 *Juin*, 30. Marshner. (*Id.*).
— Polak. *EE.* 10 *Juillet*, 117.
— Fabrication des bacs Hawes. *EE.* 3 *Juillet*, 73.
— — des plaques Hulin, *EE.* 3 *Juillet*, 73.
— Thompson, *EE.* 10 *Juillet*, 119.
— Au carbone Cœhn. *EE.* 3 *Juillet*, 73.
Charbon graphitique Girard et Street. *L'Électrométallurgie. Juin*, 85.
Commutateur Willat. *EE.* 19 *Juin*, 589.
Condensateur Tesla. *EE.* 26 *Juin*,. 29. Électrolytique et redresseur de courants Pollack. *CR.* 21 *Juin*, 1403.
Coupe-circuit automatique Harrington. *EE.* 26 *Juin*, 30.
Couvre-joints Ivins. *EE.* 19 *Juin*, 89.
Constantes diélectriques des électrolytes à la température de l'eau liquide (Fleming et Dewar). *RsL.* 5 *Juillet*, 299, 316.
Dynamos Harison. *E.* 25 *Juin*, 867.
— Dittmar et Rochert pour distribution à 3 fils. *Ie.* 25 *Juin*, 251.
— Morday. *Ie.* 10 *Juille,t* 277.
— Decalage de phase par un polarisateur. *EE.* 26 *Juin*, 13; 10 *Juillet*, 110,
— Détermination du nombre des spires des inducteurs (Camichel). *EE.* 10 *Juillet*, 116.
— Rotation dans les champs magnétiques constants (Boltzmann). *EE.* 26 *Juin*, 34.
Éclairage divers. *E'.* 9 *Juillet*, 40.
Lampes à arc (Les). *EE.* 3 *Juillet*, 52.
— Bardon. *Elé.* 3 *Juillet*, 2.
— à courants alternatifs. Emploi des condensateurs. *Ie.* 25 *Juin*, 249.
— (Fonctionnement des). *SiE. Juin*, 331.
— à arc sous pression. *Ie.* 10 *Juillet*, 275.
Électro-chimie. Revue rétrospective, l'*Électro-chimie*, 10 *Juin*, 88.
— Divers. *Dp.* 25 *Juin*, 293.
— Four électrique Helbig. *EE.* 19 *Juin*, 590. Essais de Puteaux (H. Marsi), l'*Électro-chimie*, *Juin* 81.
— Application à la chimie organique. *Elé.* 19 *Juin*, 393.
— Electro-déposition des métaux et alliage phosphoreux Webb et Thoms. *EE.* 3 *Juillet*. 73.
Interrupteurs pour bobines Ruhmkorf (Les) (Margot). *EE.* 10 *Juillet*, 129. Ducretet. *CR.* 14 *Juin*, 1342.
— Tesla pour haute fréquences. *Elé.* 26 *Juin*, 401.
Magnétisme du fer et de l'acier, influence de la chaleur. *Ie.* 10 *Juillet*, 283.
Mesures des capacités (Armagnat). *EE.* 19 *Juin*, 582.
— des courants alternatifs (Lord Rayleigh). *EE.* 10 *Juillet*, 130.
— Voltmètre enregistreur de la Cie Edison. *EE.* 19 *Juin*, 587.
— Arnoux. *Sie. Juin*, 340.
— Électrostatique Kelly. *EE.* 26 *Juin*, 28.
— Perot et Fabry. *Sie. Juin*, 350.
— Boîte de prises de courants Forbes. *EE.* 19 *Juin*, 589.
— Chevilles de Rhéostat (Les). *EE.* 19 *Juin*, 602.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Mesures. Coefficient d'Induction (Armagnat). *EE.* 26 *Juin*, 19.
— Champs magnétiques et propriétés du fer (Armagnat). *EE.* 3 *Juillet*, 62.
— Changement des unités fondamentales (Bylinski). *EE.* 3 *Juillet*, 60.
— Compteur moteur Evershed et Vignoles. *EE.* 10 *Juillet* 118.
— Ampèremètre thermique à mercure Camichel, *CR.* 5 *Juillet*, 20.
Mercure. Résistance à différentes pressions (Palmer). *American Journal of Science.* 5 *Juillet*, 1.
Pile à grande surface Schrewsbury. *EE.* 3 *Juillet*, 71.
Parafoudre Thomson. *Elé.* 3 *Juillet*,. 8.
Plombs fusibles. Siemens. *EE.* 20 *Juin*, 29.
Résistance des conducteurs en courant variable (Bylinski). *EE.* 26 *Juin*. 3; 10 *Juillet*, 97.
Stations centrales. Production et prix de revient. *EE.* 19 *Juin*, 590.
— Mixtes pour éclairage et traction. *EE.* 19 *Juin* 594.
— Prix de l'Energie électrique en France. *EE.* 25 *Juin*, 44.
— de Rheinfelden. *Gc.* 3 *Juillet*, 145.
— Paris, rive gauche. *EE.* 10 *Juillet*, 141.
— de Lyon pour l'éclairage et le tout à l'égout. *IC. Mai*, 618.
Télégraphie sans fil. Marconi. *E.* 18 *Juin*, 830; *Ln.* 26 *Juin*, 50; *Ie.* 10 *Juillet*, 276.
— Sous-marine, enregistreur Ader. *CR. Juin*, 1440.
Téléphone. Transmetteur Guyomard et Rolland. *Elé.* 19 *Juin*, 385.

GUERRE

Canons rapide Canet. *Ln.* 26 *Juin*, 54.
— Batteries de côte (Historique). *Rgm.* 26 *Juin*, 515.
— à dynamite Maxim. *E'. Juillet*, 4.
Génie (Opérations du) à Madagascar. *Rgm. Juin*, 481.
Monte-projectiles A. Vavasseur, *E.* 18 *Juin*, 837.
Obus perforants (Perrisé). *Rgds.* 30 *Juin*, 491.
Places fortes (Rôle des). *Rgm. Juin*, 538.

HYDRAULIQUE

Accumulateur Wilkinson. E. 18 *Juin*, 838.
Ejecteur Arnold. E. 25 *Juin*, 868.
Fontaine intermittente Giraud. Rt. 25 *Juin*, 273.
Jaugeage des petits cours d'eau. Ac. Juin, 90.
Pompes. Lamplough. *E.* 3 *Juillet*, 27.
Roue Paul. *ZOI.* 18 *Juin*, 401.
Turbines (Les) (Ringelmann). *Ap.* 8 *Juillet*, 56.
— Voith. *VDI.* 10 *Juillet*, 792.

HYGIÈNE

Eaux des villes. (Masson). *CN.* 18 *Juin*, 289.
Égouts. Gadoues (Les). *E.* 3 *Juillet*, 19, destruction par l'électricité à Shoreditch. *E'.* 2 *Juillet*, 7.
Filtration. Stérilisation des bougies en porcelaine (Vincent). *Ri. Juin*, 246.
Habitations rurales (Les) et l'hygiène. *Ef.* 10 *Juillet*, 39.
Ventilation humide des filatures. Garland. Watson et Holden. *Ri.* 19 *Juin*, 245.

MARINE, NAVIGATION

Ancre House *E.* 18 *Juin*, 838.
Ascenseurs pour bateaux. Canal de Henrichenbourg. *Rt.* 25 *Juin*, 276.
Caboteurs, Pointer et Spaniel. E. 2 *Juillet*, 11.
Constructions navales. Divers. *Dp.* 8 *Juin*, 270; les — et la qualité des matériaux. *E.* 3 *Juillet*, 25.
— Évolution de la marine à vapeur. *Société d'Encouragement de Berlin, Mai*, 187.
Dérivation de la Scarpe autour de Douai. *Gc.* 19 *Juin*, 118.
Digues de l'Estuaire de la Mersey. Gc. 26 *Juin*, 138.
Hélice. Arbre en bronze forgé. *E'.* 18 *Juin*, 815.
Machines marines. Turbinia. *E.* 3 *Juillet*, 18.
— Progrès des (Durston). *E.* 9 *Juillet*, 52.
Marine de guerre. Anglaise. *Rmc. Juin*, 364 638. Revue de Spithead. *E'.* 18, 25 *Juin*, 615 635. Cuirassé *Prince Georges. E'.* 25 *Juin*, 638. Essais des tourelles du *Cæsar. Rn. Juin*, 611.
— Allemande. *Rmc. Juin*, 654.
— Italienne. *Rmc. Juin*, 629, 649.
— Plaques de blindage. (Les) (Bertin . *E.* 9 *Juillet*, 35; de Witkowitz. *E.* 18 *Juin*, 610. Krupp, minces. *E'.* 25 *Juin*, 634.
— Tir contre une tourelle aux États-Unis. *Rm. Juin*, 624.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Naufrages. Statistique des —, 1894. — *Rmc. Juin*, 504.
Port de Lencate. E'. 9 *Juillet*, 30.
Yachts. Le Mayflower. *E.* 18 *Juin*, 826.

MÉCANIQUE

Aérostation. Aérodrome Langley. *Co.* 19 *Juin*, 781.
— Aéroplane à vapeur. Richet. Expériences. *Rs.* 10 *Juillet*, 45.
Ascenseurs. Électriques Sprague. *EE.* 26 *Juin*, 48.
Briques. Machine à découper les —. *Pm. Juin*, 86.
Chaudières. Robson. *E.* 25 *Juin*, 868. Loquet (*id.*).
— tubulées à la mer (Sigaudy). *E.* 9 *Juillet*, 38.
— Alimentateur continu Sandillon. *RM. Juin*, 599. Sanguin. *Rmc. Juin*, 465. Dubian. *VDI.* 10 *Juillet*, 807.
— Grille à gradin Churchill. *RM. Juin*, 599.
— Injecteur Muller et Roger. *Ri.* 3 *Juillet*, 261. Pompe alimentaire Munford. *Ri*, 3 *Juillet*, 265.
— Surchauffe (La). (Sinigaglia). *RM. Juin*, 536.
Drague. Smulders. *VDI.* 3 *Juillet*, 757.
Engrenages moulés. E. 2 *Juillet*, 4.
Froid. Usine frigorifique de l'abattoir de Cologne. *Ac. Juin*, 82.
Gyroscope. Théorie du — (Duchesne). *Ru. Juin*, 249.
Levage. Chèvre de 90 tonnes Summers. *E.* 10 *Juin*, 625.
— Elévateur Scott. *E.* 2 *Juillet*, 3, 9.
— Grue roulantes de 25 tonnes Russell. *E.* 3 *Juillet*, 12.
— Treuil à vapeur Brown. *RM. Juin*, 600.
Machines-outils. Dresseuse Patrick, *E.* 18 *Juin*, 837.
— Cisaille hydraulique Kennedy. *RM. Juin*, 595.
— Clef Everard. *E. Juin*, 837.
— Chanfreineuses pour tôles Asquith. *E.* 9 *Juillet*, 37.
— Forêts graissés à l'huile. *Gc.* 19 *Juin*, 122.
— Fraiseuses raboteuses, Sweet, Greenwood, Beaman-Smith, Wilkinson. *RM. Juin*, 580.
— Perceuse électrique Fein. *Elé.* 26 *Juin*, 404.
— Presse découpeuse Oberlin Smith. *RM. Juin*, 597.
— Tours revolver. Divers. *VDI*, 26 juin, 733.
— Raboteuse universelle Hulse. *E.* 9 *Juillet*, 31.
Machine à écrire. Bar Lock. *Ri.* 3 *Juillet*, 262.
Moteurs à vapeur. Divers. *Dp.* 18, 25 *Juin*, 267-289.
— à l'Exposition de Chicago. (Canon). *Ru. Juin*, 273.
— *Condenseurs*, pompe à air Edwards. *E.* 18 *Juin*. 838.
— Diagramme entropique (Boulvin). *RM. Juin*, 521.
— Distribution. Cylindre équilibreur Joy. *E'.* 18 *Juin*, 619. Kay. *E.* 25 *Juin*. 868
— Équilibrage des pièces alternatives. Smith. *E.* 25 *Juin*, 868.
— *Régulateur* Ripley Nelson. *E.* 2 *Juillet*, 5.
— **à gaz.** Histoire des (Witz). *Rgds.* 15 *Juin*, 449. Diesel. *VDI.* 10 *Juillet*. 785.
— — de la Nationale, Gaz Eugine C°. *E.* 9 *Juillet*, 53.
— *à pétrole* Clayton. *E.* 18 *Juin*, 817. Daimler. *Pm. Juin*, 82.
— — Humphrye. *E'.* 25 *Juin*, 639, Blakstone. *E.* 3 *Juillet*, 10.
Planintégrimètre. Kohlmorgen. *Rt.* 10 *Juillet*, 301.
Poulies en fer Corscaden. *E'.* 25 *Juin*, 647.
Presse hydraulique pour cotons Rice. *E.* 25 *Juin*, 850.
Résistance des matériaux. Résistance des échelles. *Eam.* 12 *Juin*, 602; des rivures, *VDI.* 26 *Juin*, 739, 3 *Juillet*, 769.
— Déformations persistantes des métaux (Faurie). *CR.* 28 *Juin*, 510.
— Acier au nickel, déformation persistante (Guillaume). *CR.* 28 *Juin*, 1515.
Transmission de la force (La). *E'.* 3 *Juillet.*
Vélographe Raworth. *Ri.* 26 *Juin*, 253.
Ventilateurs électriques. (Essais de). *E'.* 25 *Juin*, 648; *E.* 9 *Juillet*, 55.

MÉTALLURGIE

Alliages. Bronzes et laiton Analyse électrolytique (Mollard). *CR.* 21 *Juin*, 1451.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Alliages Cothras. *Ln.* 3 *Juillet*, 69.
— de fer et d'acier (Hadfield). *E.* 9 *Juillet*, 59.
Fer et acier. Acier au nickel (Beardmore). *Gc.* 18 *Juin*, 120.
— Influence du refroidissement brusque sur le fer pur (Arnold). *E.* 9 *Juillet*, 49.
— Examen microscopique du fer et de l'acier. *Eam.* 26 *Juin*, 692.
— Cubilot Douglas. *Eam.* 26 *Juin*, 604.
— Phosphore, influence sur la résistance. *SuE. Juillet*, 524.
— Soufre. Détermination dans le fer (Campredon). *SuE.* 15 *Juin*, 487.
— Four Weardale. *E.* 25 *Juin*, 863.
Gazogènes. Siemens et Biederman, Harvey, *Gc.* 19 *Juin*, 115.
Micrométallurgie appareils de Stead. *E.* 25 *Juin*, 85.
Nickel fondu (Fluidité du). (Garnier.) *CR.* 21 *Juin* 1447.
— Raffinage, aux États-Unis. *Eam.* 3 *Juillet*.
Plombs argentifères. Traitement au haut fourneau. *Eam.* 19 *Juin*, 634; aux mines de la Cannette (Bernard). *AM. Juin*, 597.

MINES

Coupage des voies par coins (Collin). *Ru, Juin*. 263.
Diamants. Mines du Cap. *Ln*, 3 *Juillet*, 70.
Emploi de l'Électricité. *Rt*. 25 *Juin*, 265.
Houille, production des États-Unis en 1896. *Eam.* 19 *Juin*. 626.
Or russe et sibérien. *Ef.* 26 *Juin*, 889. Mine du Lake of the Woods. *Eam.* 3 *Juillet*, 5.
— Alluvions gelées de Sibérie. *Eam.* 12 *Juin*, 599.
— du Witwatersrand. *Eam.* 19, 26 *Juin*, 63, 659.
— Mines de Javapai (Arizona). *Eam.* 19 *Juin*, 633.
Rubis. Mines de Burma. *Eam.* 12 *Juin*, 601.

PHOTOGRAPHIE

Cinématographes (Les) et leur avenir. *Rt*, 25 *Juin*, 280.
Diamedorésorcine. Révélateur (Lumière et Seyewetz). *Sfp.* 15 *Juin*, 301.
Métaux. Action sur la plaque photographique Russell. *CR.* 25 *Juin*, 310.
Photrochronographie. Crehore et Squier. *Gc.* 26 *Juin*, 426.
Sel iodé, éliminateur des hyposulfites. *SfP.*, 15 *Juin*, 296.

Le Gérant : Gustave Richard.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

96e ANNÉE. Sixième Série, Tome II. AOUT 1897.

BULLETIN

DE

LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT

POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

NOTICE NÉCROLOGIQUE

Notice sur M. Paul Schutzenberger, membre du *Comité des Arts Chimiques*, par **M. Troost.**

Depuis notre dernière séance, le Comité des Arts Chimiques de la Société d'Encouragement a perdu l'un de ses membres les plus éminents.

M. Paul Schutzenberger, membre de l'Institut et de l'Académie de médecine, professeur au Collège de France et directeur de l'École municipale de physique et de chimie, membre du Conseil de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale depuis 1876, nous a été brusquement enlevé, le 26 juin dernier, après une courte maladie et au moment où on le croyait complètement hors de danger.

Il était né à Strasbourg le 23 décembre 1829. Son père, Frédéric Schutzenberger, avocat, ancien maire et député de Strasbourg, ancien professeur de droit administratif à la Faculté de droit de cette ville, favorisa les dispositions que son fils manifesta de bonne heure pour la chimie.

Après avoir été pendant deux ans (1850-1852) préparateur de chimie à la Faculté de médecine de Strasbourg, Paul Schutzenberger, s'adonnant plus spécialement aux applications de la science, vint à Paris préparer le cours de teinture du Conservatoire des Arts et Métiers, pour retourner ensuite en Alsace comme professeur à l'École de chimie industrielle de Mulhouse, où il devait commencer les importantes recherches qui le signalèrent comme un chimiste de grand avenir.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Appelé par ses fonctions à diriger dans son laboratoire les travaux pratiques d'un grand nombre d'élèves, il put, par sa curiosité toujours en éveil, constater qu'un grand nombre de faits d'ordres très divers étaient insuffisamment étudiés, et il ne résista pas à la tentation de les approfondir. De là, la grande variété des sujets qu'il a abordés et où, grâce à son esprit d'observation et à son incomparable capacité de travail, il a toujours réussi à réaliser de sérieux progrès.

C'est pendant ses dix années de séjour à Mulhouse, dans ce grand centre de l'industrie de la teinture et des toiles peintes, qu'il a commencé les remarquables recherches, continuées plus tard, sur les matières colorantes naturelles de la garance, de la cochenille, de la gaude, de la graine de Perse et de l'indigo.

C'est également de Mulhouse que datent ses premiers travaux sur les anhydrides mixtes, qu'il regarda comme résultant de la substitution des éléments électro-négatifs aux métaux dans les sels et qu'il fit connaître sous les noms d'acétate de chlore, d'acétate d'iode, d'acétate de cyanogène, etc.

En 1865, il fut appelé à Paris, qu'il ne devait plus quitter.

D'abord chef des travaux chimiques du laboratoire de Balard, au Collège de France, il passa en 1868, comme directeur adjoint, au laboratoire d'enseignement et de recherches d'Henri Sainte-Claire Deville à la Sorbonne. C'est là qu'il fit ses travaux sur les combinaisons du chlorure platineux avec l'oxyde de carbone et avec le chlorure phosphoreux, sur l'action de l'anhydride acétique, sur un grand nombre de matières organiques telles que la cellulose, l'amidon, le sucre, la mannite, la dulcite, les glucosides, etc. C'est dans ce laboratoire de la Sorbonne qu'il fit l'importante découverte d'un nouveau composé du soufre, l'acide hydrosulfureux, qui lui servait, dans le laboratoire, à doser l'oxygène contenu dans les mélanges gazeux, dissous dans les eaux superficielles, ou fixé sur l'hémoglobine du sang, et, dans l'industrie, à substituer les cuves à hydrosulfite de soude aux cuves à fermentation pour la teinture par l'indigo. En 1876, il succéda à Balard comme professeur au Collège de France. En 1882, il prit la direction de l'École municipale de physique et de chimie récemment fondée par le Conseil municipal de Paris et y forma d'habiles chimistes, très appréciés par nos grands établissements industriels. Mais la chimie industrielle, à laquelle Paul Schutzenberger a rendu de signalés services, n'absorbait cependant pas toute son activité.

Après avoir été préparateur à la Faculté de médecine de Strasbourg, il

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

s'y fit recevoir docteur, puis agrégé, et il ne s'est jamais désintéressé des questions les plus délicates de la chimie biologique.

De là ses études sur le pouvoir oxydant du sang, sur les combustions au sein de l'organisme, sur la respiration des végétaux aquatiques et des cellules de la levure de bière. De là enfin son magistral travail sur les matières albuminoïdes et sur les produits de leur dédoublement, travail qui, commencé au laboratoire de la Sorbonne, n'a cessé de le préoccuper depuis plus de vingt ans.

Ces travaux l'avaient fait élire membre de l'Académie de médecine en 1884, et il avait succédé à notre collègue H. Debray à l'Académie des sciences, en 1888.

Tout en ayant la pleine conscience de sa haute situation scientifique, P. Schutzenberger était resté la modestie même. Son esprit conciliant et sa bienveillance ne se sont jamais démentis. Sa justice et sa bonté l'ont fait aimer de tous ceux qui l'ont approché et qui ont pu apprécier l'aménité et la sûreté de ses relations.

L'extrême affluence des confrères, des collègues, des amis et des élèves qui ont tenu à l'accompagner à sa dernière demeure a montré quelle place il occupait et quel vide il laisse dans l'industrie, dans l'enseignement et dans la science (1).

Lu et approuvé en séance, le 9 juillet 1897.

(1) Travaux publiés dans le *Bulletin de la Société d'Ecouragement* par *M. Schutzenberger*.
Fabrication mécanique des filtres en papier *Laurent*, novembre 1877, 629.
Rapport sur un mémoire de *M. Vincent*, relatif à la fabrication du chlorure de méthyle, août 1878, 430.
Appareil continu *Lambert*, pour la torréfaction du cacao, août 1878, 463.
Recherche sur les différents états moléculaires des métaux, octobre 1878, 539.
Recherche sur les limites de combustibilité des gaz, septembre 1878, 480.
Rapport sur l'ouvrage de *M. Pierson*, intitulé *Conditionnement, titrage et décreusage de la soie*, mars 1879, 115.
Sur le moyen proposé par *M. Maistrasse*, pour déceler l'impureté de l'étain des étamages, mai 1881, p. 251.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS ÉCONOMIQUES

RAPPORT présenté par **M. Violle**, au nom du *Comité des Arts économiques*, sur la *Lampe à acétylène* de **M. Gossart.**

M. Em. Gossart, professeur à la Faculté des sciences de l'Université de Bordeaux, a présenté à la Société d'Encouragement une lampe portative et des gazogènes à acétylène qui méritent d'être signalés.

Dans ces gazogènes, comme dans tous les appareils similaires, l'acétylène est (fig. 1) produit par l'action de l'eau sur le carbure de calcium ; mais ils se

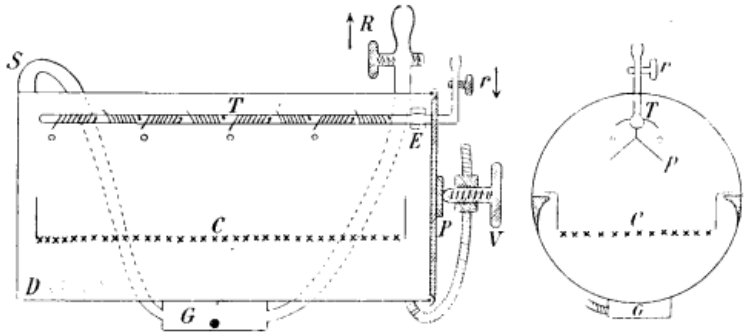


Fig. 1. — Coupes schématiques longitudinale et transversale d'un petit gazogène *Gossart* à autorégulation capillaire.

P, porte fermée par la griffe et la vis V ; C, panier à carbure, étalé sur grande surface et sur gros grillage ; D, poussière de chaux vive ; T, tube à robinet r amenant l'eau, pour 8 ou 10 tubes capillaires de 1 à 2 mètres de longueur ; p, toit ou parapluie pour la répartition des gouttes sur le carbure ; S, G, R, sortie du gaz, à travers le purgeur G, autour des parois du cylindre.

distinguent par la manière dont l'eau est amenée au contact du carbure. Guidé par ses travaux antérieurs sur la capillarité, et pensant qu'elle offrait le moyen d'éviter tout accident, M. Gossart fait arriver l'eau par des tubes capillaires qui en règlent automatiquement le débit. C'est par ces tubes que l'eau est amenée d'un réservoir supérieur dans un vase clos qui contient le carbure, et d'où l'acétylène produit sort par un conduit de dégagement. Les tubes étant capillaires, l'eau s'écoule goutte à goutte et l'acétylène se dégage régulièrement. Si l'on ferme simultanément les robinets d'arrivée d'eau et de sortie du gaz, l'appareil cesse de fonctionner. Si l'on arrête seulement l'arrivée de l'eau, le dégagement de gaz se ralentit aussitôt, pour cesser bientôt tout à fait. Si l'on ferme uniquement le robinet de sortie du gaz, l'écoule-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ment de l'eau s'arrête, la pression intérieure croissant, et, pour peu que celle-ci devienne un peu forte, l'eau est refoulée vers le réservoir et le gaz s'échappe par le tube capillaire fonctionnant à la façon d'une soupape de sûreté. La production du gaz est ainsi liée nécessairement et automatiquement à la dépense.

M. Gossart a construit par ce principe une lampe qui se règle d'elle-même. Le carbure est (fig. 2) mis dans un panier logé dans le pied de la lampe; ce panier porte un couvercle en treillis sur lequel on place quelques morceaux de carbure et sous lequel est déposé une sorte de parapluie servant à répartir le liquide à l'intérieur du panier. Avant de sortir de l'appareil, le gaz se dessèche au contact du carbure placé sur le treillis supérieur et se présente au bec dans de bonnes conditions. L'eau n'arrivant que par gouttes, et au fur et à mesure des besoins, la réaction porte toujours sur une masse très faible de matière; l'échauffement produit est faible, sans danger à une pression excédant très peu la pression atmosphérique.

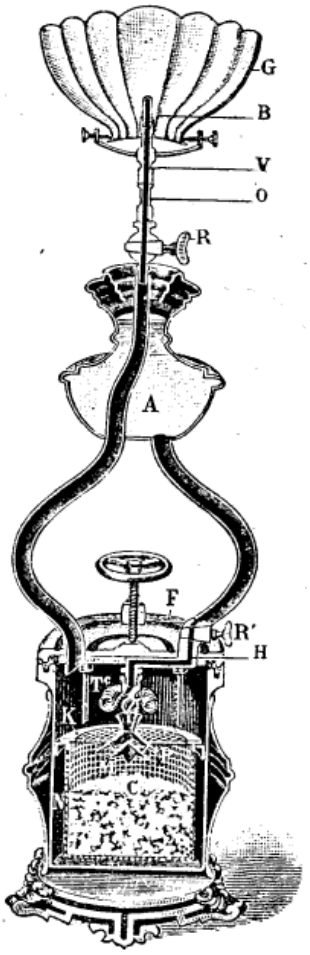


Fig. 2. — Lampe Gossart.

G, globe; R, robinet à gaz; A, réservoir d'eau; R', robinet d'eau; F, fermeture à grille; Tc, autorégulateur; K, crible du premier étage; P, parasable; M, parapluie; N, panier; C, carbure de calcium.

Sans doute, une lampe de ce genre peut paraître plutôt un appareil de laboratoire qu'un ustensile de ménage, mais on y trouve un dispositif ingénieux; et, en ce moment où une réaction certainement exagérée se produit contre l'acétylène, la Société d'Encouragement estimera sans doute qu'un appareil propre à répandre l'usage d'un gaz si précieux mérite d'être encouragé.

Votre Comité des Arts économiques vous demande donc de vouloir bien remercier M. Gossart de son intéressante communication et ordonner l'insertion du présent rapport, avec les figures nécessaires, dans le *Bulletin* de la Société.

Signé : VIOLLE, *rapporteur.*

Lu et approuvé en séance, le 11 juin 1897.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS MÉCANIQUES

RAPPORT fait par **M. L. Sauvage** au nom du *Comité des Arts mécaniques* sur le *système de distribution* de **M. P. Guédon.**

M. P. Guédon soumet à la Société un système de distribution dont l'effet est de réduire les périodes d'échappement anticipé et de compression dans les distributions par tiroir cylindrique. Sur les lumières et sur le tiroir cylindrique, les bords qui correspondent à l'échappement sont tracés suivant des hélices parallèles, au lieu de cercles normaux à l'axe de la tige, de sorte que, en faisant tourner le tiroir d'un certain angle autour de cet axe, de part et d'autre de sa position moyenne, on en déplace à la fois les deux bords d'échappement d'un côté ou d'un autre par rapport à leur position normale.

Dans les portions de sa course où le tiroir ferme à l'échappement une des lumières et ouvre l'autre, faisant ainsi commencer les périodes de compression et d'échappement anticipé, ces rotations doivent être telles que le tiroir soit toujours en retard sur sa position normale : le début des phases de compression et d'échappement anticipé se trouvera retardé.

M. Guédon a prévu l'application de ce système sur une locomotive munie de la distribution Walschaert : la rotation de la tige du tiroir est produite par une bielle, avec articulations sphériques aux deux extrémités, qui relie un petit levier calé sur la tige du tiroir à un point pris vers l'extrémité inférieure du grand *levier d'avance*, conduit par la tige du piston.

La disposition proposée par M. Guédon est ingénieuse : elle réalise bien ce que cet inventeur s'est proposé. Elle présente une analogie générale avec la distribution Rider, mais avec deux importantes différences, qui l'en séparent nettement : elle agit sur l'échappement et non sur l'admission, et la rotation se produit à chaque coup de piston, tandis que le tiroir intérieur de Rider ne tourne que lorsque le degré d'admission doit varier.

Les organes supplémentaires exigés par cette disposition ne sont pas très nombreux ; la construction des articulations sphériques est un peu délicate, mais n'est pas très difficile.

En ce qui concerne l'application aux locomotives, elle est limitée à celles qui portent des tiroirs cylindriques ; quand à l'opportunité de cette application, l'ingénieur doit apprécier, dans chaque cas, jusqu'à quel point il

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

convient de compliquer, si peu que ce soit, le mécanisme de la locomotive pour obtenir une certaine amélioration de la distribution.

Votre Comité vous propose de remercier M. Guédon de sa communication et d'insérer le présent rapport au *Bulletin*.

Signé : E. SAUVAGE, *rapporteur*.

Lu et approuvé en séance le 23 juillet 1897.

RAPPORT présenté, au nom du *Comité des Arts mécaniques*, par **M. E. Diligeon**, sur un système d'*étau à serrage différentiel complémentaire* de **M. L. Simon**, ingénieur.

Les étaux en usage dans l'industrie sont, pour la plupart, du type bien connu, dans lequel l'approche des mors a lieu par l'action d'un écrou et d'une vis mise en mouvement par un levier ou manivelle; ce système est rustique, mais il laisse à désirer généralement sous le rapport de la puissance du serrage, qui dépend du pas adopté dans la confection de la vis.

Si l'on augmente la force du filet en même temps que les dimensions de l'étau, on arrive à cette anomalie que, plus l'étau est robuste, plus son serrage est faible.

Le perfectionnement présenté par M. L. Simon paraît apporter une solution à cet inconvénient.

La disposition qu'il emploie peut s'appliquer aux étaux existants.

En voici la description :

La tête de la vis possède à sa base (fig. 1 à 6) un plan incliné hélicoïde *d*, reposant en partie sur un autre de même pas, appartenant à un organe spécial A, que l'inventeur nomme écrou différentiel à butée. Cette pièce se trouve entre la tête de la vis, et les rondelles B, *c*. Le pas de ces plans inclinés est plus faible que celui du filetage de la vis et l'écrou différentiel possède une saillie *a*, en dessous de laquelle peut passer le bouton *b* de la manivelle.

Cette manivelle, dans ce cas, n'entraîne pas l'écrou différentiel.

Au contraire, si on ramène la manivelle en la rendant saillante du côté de la butée *a*, l'écrou différentiel se trouve entraîné par sa rotation.

L'écrou différentiel peut donc être entraîné ou non.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

S'il est entraîné, le serrage de l'étau est ordinaire, c'est-à-dire correspond au pas de la vis; au contraire, si l'écrou différentiel reste immo-

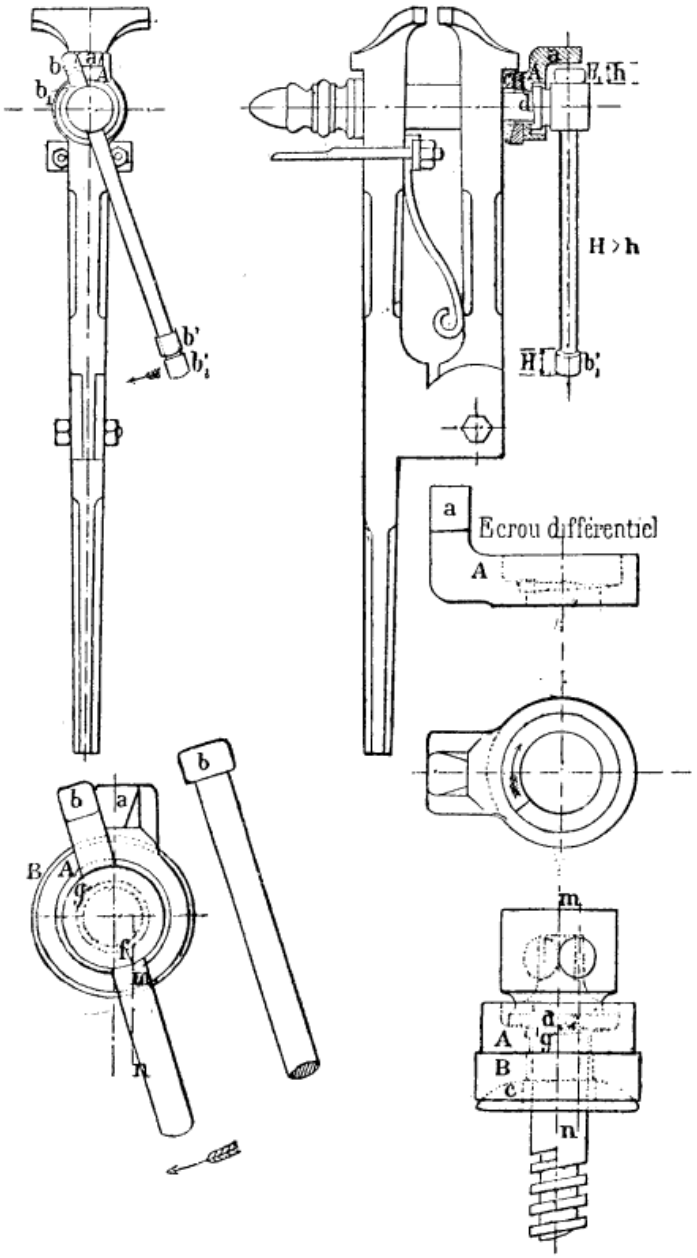


Fig. 1 à 6. — Étau à serrage différentiel *Simon*. Ensemble et détail de l'écrou différentiel.

Fonctionnement. — La pièce à serrer étant en place, disposer d'abord l'extrémité *b* de la manivelle H (bouton ovale), contre la butée *a*, puis agir sur *b'* de manière à obtenir un premier serrage d'intensité ordinaire. Laisser alors glisser la manivelle jusqu'à ce que *b* repose sur la tête de la vis (position b_1), donner ensuite le serrage complémentaire en agissant sur *b'* venu en b'_1.

bile, le rapprochement des mors a lieu en raison de la différence du pas de la vis et de celui du plan incliné.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ainsi, si nous supposons que le pas de la vis est de 10 millimètres et celui du plan incliné de 17 millimètres, le serrage sera celui que l'on obtiendrait avec une vis de 3 millimètres. Pour un même effort moteur, on aura donc un serrage triple.

Le serrage différentiel ne peut fonctionner que pendant la dernière partie de la course sous un angle d'un peu moins d'un demi-tour.

La limite n'est jamais atteinte quand le serrage préliminaire est exercé avec une bonne intensité moyenne.

Le desserrage ne présente aucune particularité. Le nouvel étau peut fonctionner de la manière ordinaire si on le juge utile. Il suffit, pour cela, de ne pas donner le serrage différentiel complémentaire.

Le serrage différentiel permet, pour la vis, l'emploi de pas allongés, c'est-à-dire robustes, ce qui est un avantage. La fabrication en est simple et son prix est celui des bons étaux de fabrication courante.

Nous pensons que cet outil est susceptible de donner satisfaction.

Le Comité à l'honneur de vous proposer d'adresser des remerciements à M. L. Simon pour son intéressante communication et de décider l'insertion au *Bulletin* du présent rapport, accompagné des figures et légendes explicatives.

Signé : E. DILIGEON, *rapporteur.*

Lu et approuvé en séance, le 23 *juillet* 1897.

RAPPORT présenté, au nom du *Comité des Arts mécaniques*, par **M. E. Diligeon**, sur un *système de scie mobile sur coulisseaux cylindriques destinée à couper les métaux à chaud*, de **M. J. Vinsonneau**, ingénieur.

Cette scie mobile sur coulisseaux cylindriques a pour but le fractionnement des barres chaudes sortant du laminoir. En voici la description.

Un bâti robuste A (fig. 1 et 2) est fixé au moyen de boulons sur un massif de maçonnerie.

Il porte deux coulisseaux cylindriques BB, en acier, serrés par de longues brides CC.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Sur ces coulisseaux, glissent deux paliers DD, à graissage continu, portant l'arbre L de la scie K.

Une fourche E relie ces deux paliers à un piston hydraulique F, ou à tout

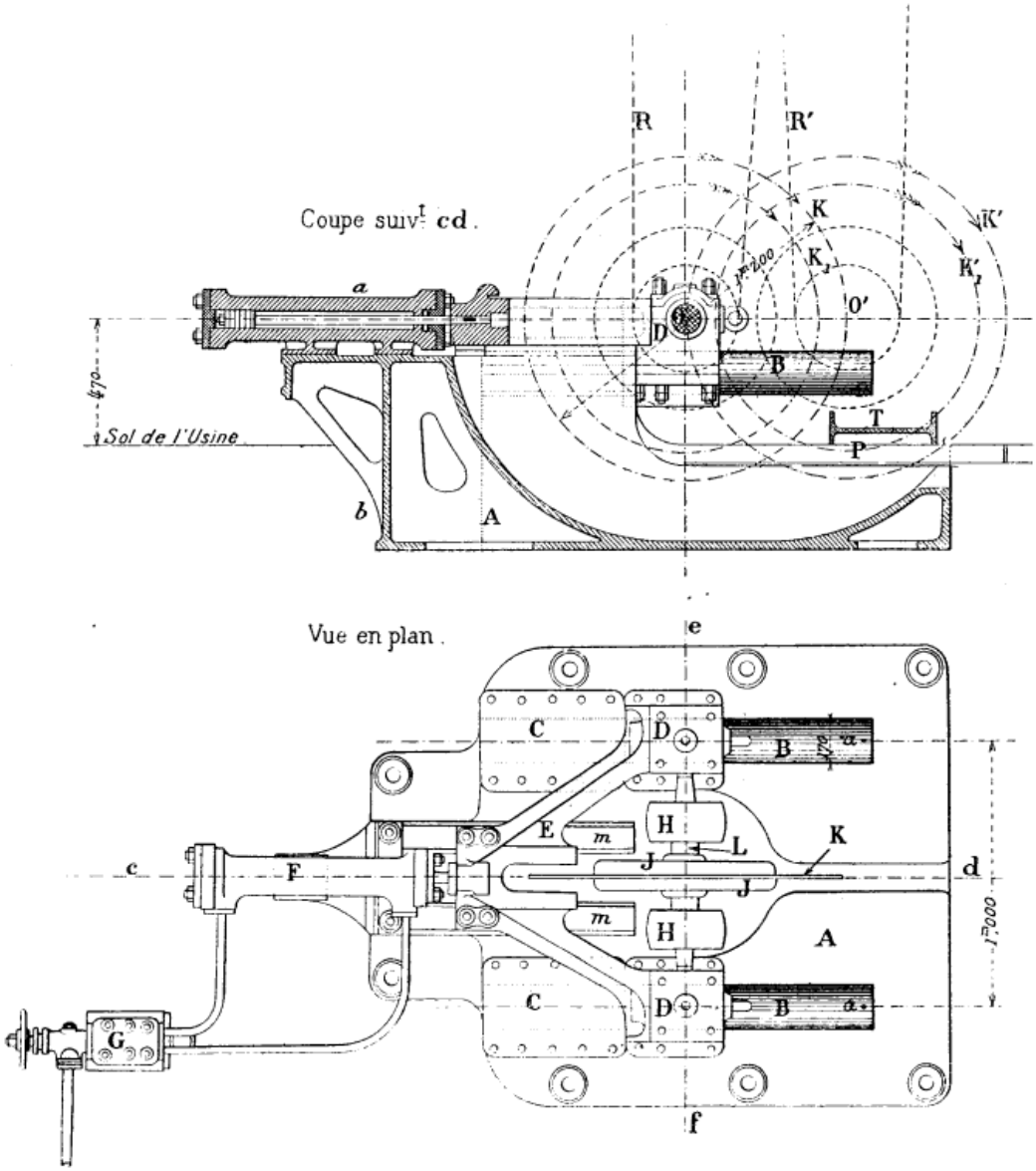


Fig. 1 et 2. — Scie de *M. Vinsonneau.*

autre procédé de commande. Ce piston hydraulique est à double effet; il est commandé par un distributeur G, dont le tiroir est manœuvré par l'ouvrier chargé de la conduite de la scie.

Sur l'arbre L, sont fixées deux joues JJ', qui maintiennent la scie, ainsi que deux poulies de commande H, H.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La scie est renfermée dans un caisson en tôle boulonné sur la fourche E; ce caisson a pour but d'empêcher les étincelles de jaillir au loin.

Le mouvement circulaire est donné à l'arbre de la scie au moyen de deux courroies R, actionnées par une transmission supérieure. Cette transmission supérieure est mue par un moteur spécial à eau ou par dynamo.

La barre T, sortant chaude du laminoir, est amenée en P, devant la scie, où elle se trouve arrêtée par un taquet. Le piston hydraulique agissant alors sur la fourche E, à glissières M, M, pousse les paliers DD, et, par suite, la lame de scie vers la barre à scier, comme de K en K'.

On remarque que, lorsque la lame de scie se trouve dans sa position de repos, les courroies sont légèrement tendues, cette tension s'augmente par le déplacement de l'arbre de la scie et devient plus grande au fur et à mesure que la scie a besoin de plus de force et qu'elle s'engage dans la barre.

Lorsque le sciage est terminé, le piston hydraulique ramène la scie dans sa position de repos K.

Une scie d'un diamètre de $1^m,20$ et d'une course de $0^m,60$ suffit, même après usure et réduction du diamètre à 1 mètre, comme en K_1, à fractionner des barres de fer du profil à double T de 400 millimètres de hauteur.

Le bâti de la scie peut être d'une seule pièce ou formé de deux parties glissant l'une sur l'autre autour d'un centre, pour permettre la déviation de la scie.

Dans ce cas, l'arbre de la scie est mis en mouvement par des câbles.

Lorsqu'il s'agit de coupes biaises, la commande est obtenue plus aisément par l'action directe d'une dynamo.

De cet ensemble, ressort la possibilité d'un entretien facile et peu onéreux. La visite, le démontage et le remontage d'une pièce quelconque se font rapidement: la scie et l'arbre sont surtout très accessibles.

Les paliers, par leur forme cylindrique, sont d'un ajustage facile.

La construction en est simple, et nous pensons que les dispositions pratiques de cet outil lui assignent un emploi utile dans l'industrie métallurgique.

Le Comité a l'honneur de vous proposer d'adresser des remerciements à M. J. Vinsonneau pour son intéressante communication, et de décider l'insertion au *Bulletin* du présent rapport, accompagné des figures nécessaires.

Signé : E. Diligeon, *rapporteur.*

Lu et approuvé en séance le 23 juillet 1897.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS MÉCANIQUES

LES TRANSPORTS PAR CABLES AÉRIENS, par **M. Thierry,** *professeur à l'École nationale forestière de Nancy* (1).

Les câbles transporteurs aériens, qui ont reçu de nombreuses et importantes applications à l'étranger, en Angleterre, en Allemagne, en Autriche, en Espagne, et aussi en Amérique, se sont peu répandus en France. Il semble que l'on ait été un peu timoré à cet égard. Dans un grand nombre de cas, en effet, ces transports sont plus économiques que les transports sur essieux, notamment lorsqu'ils permettent de raccourcir les distances. D'autre part, dans nos régions montagneuses, des mines, des carrières, des forêts restent inexploitées faute de moyens de transport. A cet égard encore, les câbles aériens peuvent rendre de très grands services à l'agriculture et à l'industrie.

Mais pour qu'un industriel, un agriculteur, un forestier puisse juger de l'opportunité de l'application de ce genre de transport, il faut qu'il fasse lui-même son avant-projet, compare efficacement les offres faites par différents constructeurs, apprécie les avantages et les inconvénients de tel ou tel système.

Et, tout d'abord, aura-t-il avantage à employer un *câble à mouvement continu* ou un *câble dormant?*

Le système dormant comporte généralement (fig. 1) deux câbles *porteurs*, parallèles, fixes, sur lesquels cheminent les charges, et un câble *moteur* ou *tracteur*, qui relie les charges et les entraîne dans un même mouvement.

L'installation est plus compliquée que celle du câble à mouvement continu (fig. 2), qui ne comporte qu'un fil, à la fois porteur et tracteur, auquel sont reliées directement et invariablement les charges.

Il en résulte que les frais d'établissement du premier système sont plus élevés que ceux du second. Mais si le câble dormant coûte plus cher, il présente sur son rival certains avantages très appréciables.

Quand la voie est en pente, et que les charges utiles sont capables de remonter le poids mort qui les a soutenues pendant la descente, l'une des poulies autour desquelles s'enroule le câble d'attelage (tracteur dans le système dormant et monocâble dans l'autre système) est généralement actionnée par un frein destiné à ralentir la vitesse de la marche; dans tout autre cas, cette poulie est actionnée par une machine.

(1) Communication faite en séance le 9 avril 1897.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Or, toutes choses égales d'ailleurs, le tracteur, qui n'est destiné qu'à transmettre le mouvement aux fardeaux, aura une tension plus faible que le monocâble, qui doit aussi les porter; la perte de force due à l'incurvation et aux résistances passives qui dépendent de cette tension sera plus faible. S'il faut

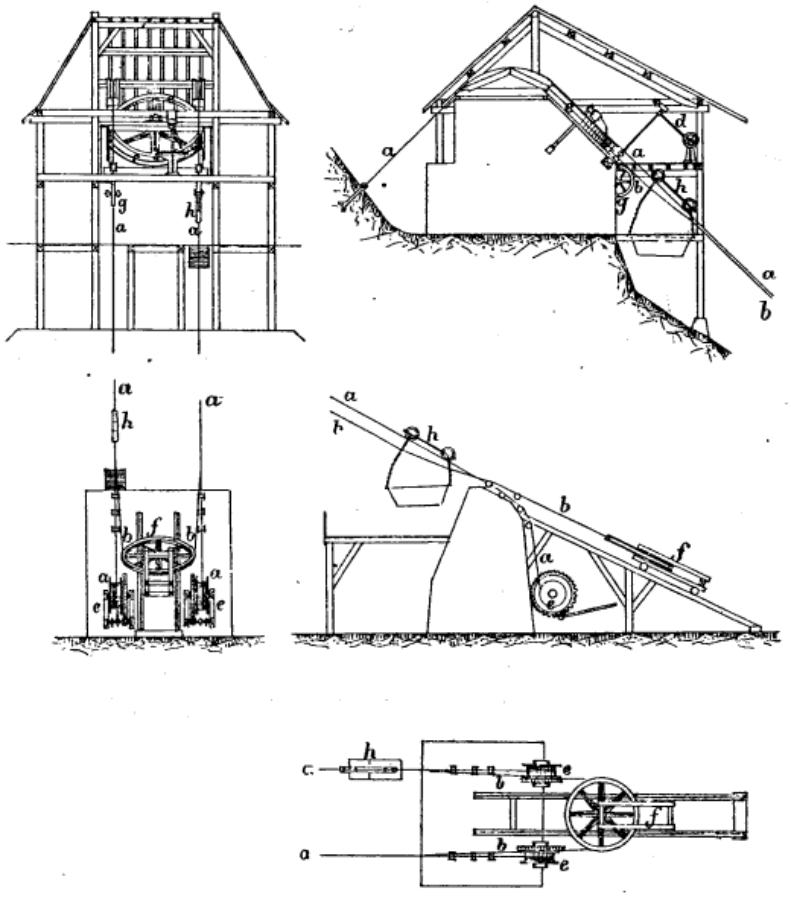


Fig. 1. — *Câble dormant* de la porte de France (Grenoble). Stations de départ et d'arrivée des câbles.

a, *a*, câbles porteurs de 45 millimètres, amarrés en haut au rocher et tendus au bas par des treuils *e'*; *b*, câble moteur entraînant les caisses *h*, roulant sur *a* et passant sur les poulies *e* et *f*, cette dernière formant tendeur.

une machine, on la prendra moins puissante; si, au contraire, il y a un excès de travail et qu'on veuille l'utiliser, il sera plus considérable.

En second lieu, dans le genre dormant, les porteurs s'usent lentement; s'il y a un câble à remplacer, c'est le tracteur, qui a généralement un faible diamètre.

Enfin, la vitesse peut être plus grande et le tonnage plus important.

En ne se plaçant qu'au point de vue économique, on voit donc aisément que, si les frais d'installation du monocâble sont moins considérables, le rendement est aussi plus faible, et l'usure plus grande.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

C'est une balance à établir, et il est important que cette balance soit faite par le propriétaire, qui est le principal intéressé.

Cette question primordiale résolue, il en est une autre qui présente aussi son intérêt. *Comment tendra-t-on les câbles?* Il y encore là deux méthodes : la première consiste dans l'emploi d'un contrepoids, qui se présente quelquefois sous la forme d'un chariot plus ou moins chargé roulant sur un plan incliné; la deuxième, dans l'emploi d'un treuil ou d'une vis. Or, comme nous le verrons tout à l'heure par un exemple, il n'est pas indifférent d'employer tel ou tel mode de tension.

C'est en étudiant un projet de câble transporteur avec mon ami M. Demonet,

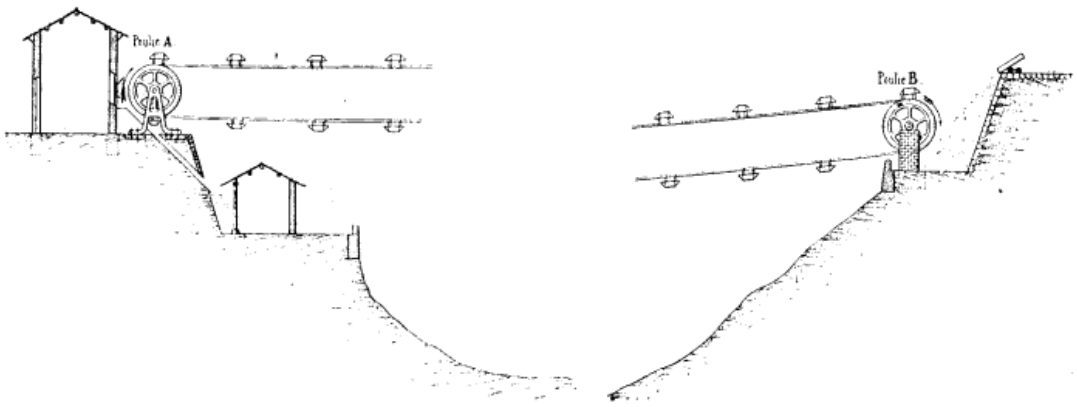


Fig. 2. — Câble à mouvement continu du *Thail*. Portée : 474 mètres.

ingénieur des arts et manufactures à Nancy, que nous avons été amenés à chercher la solution de toutes les questions qui concernent l'établissement de ces appareils; nous croyons les avoir résolues d'une façon simple et pratique dans une brochure dont nous avons l'honneur de faire hommage à la Société (1).

Nous avons pris comme point de départ de nos calculs la grandeur maximum que l'on peut, eu égard au profil du sol, laisser prendre à la flèche, c'est-à-dire à la verticale qui sépare, au milieu de la portée, le câble de la ligne droite qui réunit les points d'appui.

Plus on pourra laisser pendre le câble, plus sa tension sera faible, et plus seront avantageuses les conditions d'établissement.

Mais la grandeur de cette flèche est limitée par une foule de circonstances : les obstacles naturels du sol, le passage d'une route, d'un canal, d'un chemin de fer, etc.

(1) *Les transports par câbles aériens*, par MM. E. Thierry et Ch. Demonet, 1 vol. in-8°, 112 p., 13 pl. Nancy, imprimerie Nicolle.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La première partie de cet ouvrage a été consacrée à l'étude de l'équilibre d'un fil tendu.

Le problème est assez facile à résoudre pour le cas de la noria, qui reste toujours semblable à elle-même quelle que soit la position occupée par l'un quelconque de ses points.

Il n'en était pas de même pour le câble dormant, dont les inflexions varient à chaque instant par suite du déplacement des fardeaux. La difficulté qui se présentait a été vaincue par l'introduction des facteurs des tensions et des coefficients de position, dont les valeurs sont données dans des tables numériques, et qui permettent de connaître les tensions et les flèches à une période quelconque du mouvement.

D'autres tables ont été dressées pour la détermination des poids et des longueurs des fils. Enfin, l'on indique à chaque pas le moyen de construire des épures qui dispensent de tout calcul.

Dans la dernière partie, nous entrons au cœur de la question. Nous avons examiné les différents cas qui peuvent se présenter dans la pratique, quelle que soit la position des câbles (horizontaux ou inclinés), quel que soit le nombre des charges et des appuis, quel que soit le mode de tension adopté (treuil, contrepoids au point le plus bas ou au point le plus élevé). Passant ensuite à l'équilibre dynamique, nous indiquons le moyen de trouver la force que l'on doit demander à une machine pour produire le mouvement, ou bien l'excès de travail moteur fourni par la pesanteur, quand les câbles sont fortement inclinés.

Les descriptions détaillées de nombreuses installations-types, accompagnées de treize grandes planches, et à la suite desquelles figurent tous les calculs qui y sont relatifs et l'étude des conditions d'établissement, tiennent une place importante dans cet ouvrage.

Des tableaux résument les formules de l'équilibre statique et de l'équilibre dynamique. Ces formules ont été contrôlées par de nombreuses expériences, que nous avons faites à l'École nationale forestière à Nancy.

Voici, entre beaucoup d'autres, un exemple des résultats que nous avons obtenus dans les calculs d'établissement relatifs au câble installé à Grenoble, près de la porte de France, par la maison Bernier.

Ce câble (fig. 3) est destiné à conduire à des usines fort importantes des pierres à ciment, qu'il eût été impossible de transporter autrement.

La portée est de 475 mètres, et le travail se fait à la descente sur une pente de 74 p. 100.

Il n'y a, à la fois, sur le gros câble porteur, qu'une seule benne pesant 1 200 kilos, et le transport journalier peut atteindre 120 tonnes.

Les câbles porteurs sont enroulés sur des treuils, et le tracteur est tendu par un chariot roulant sur un plan incliné.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La ligne est double.

En prenant comme bases la flèche et le coefficient de sécurité adoptés par le

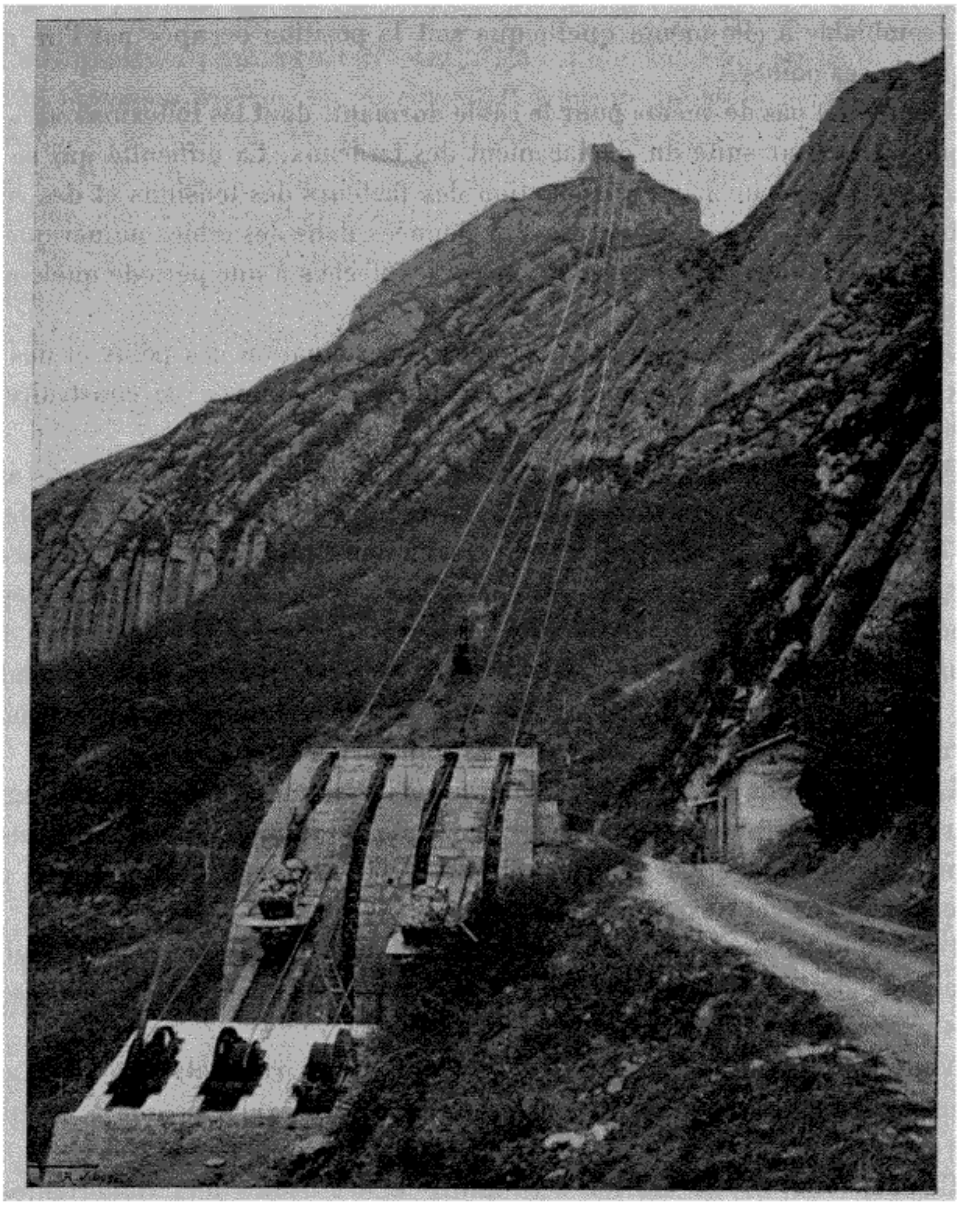


Fig. 3. — Câble de la *Porte de France*. Gare d'arrivée.

constructeur, nous avons pensé que le câble porteur des bennes chargées devait peser $5^{kg},820$ par mètre courant. Le poids réel est de $5^{kg},500$.

En tendant le câble par un contrepoids situé en bas de la portée, on aurait pu réduire le poids à $5^{kg},120$, et faire ainsi, sur le poids total, une économie de 12 p. 100.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En plaçant le contrepoids en haut, le poids se trouvait réduit à $4^{kg},696$, soit une économie de 19 à 20 p. 100.

Enfin, en remplaçant, dans le cas du contrepoids en bas, la charge unique de 1 200 kilos par deux charges de 600 kilos cheminant à une distance égale à la moitié de la portée, il suffirait que le poids du câble par mètre courant fût de $3^{kg},690$.

On aurait ainsi, en adoptant cette disposition, pu réaliser une économie de 33 p. 100 sur le poids total du câble.

Ces chiffres ne sont-ils pas éloquents, et ne montrent-ils pas suffisamment l'intérêt majeur que peut avoir l'industriel ou l'agriculteur à faire lui-même son avant-projet?

Lorsqu'on est obligé d'employer des appuis intermédiaires, le problème de l'établissement d'un câble demande un peu plus de travail, mais n'est pas plus compliqué.

A ce propos, il y a, pour les câbles dormants, deux systèmes en présence.

Dans le premier système, qui est le plus ancien et le plus généralement répandu, on donne au câble un diamètre constant, celui qui répond à la tension maximum; dans le deuxième système, qui a été imaginé par M. Heusschen, et qui porte le nom de système *Brunot-Heusschen*, la voie aérienne est composée d'une série de câbles indépendants, dont les diamètres sont différents à chaque partie (1).

La figure 4 représente le support d'un câble du premier genre. Les fils porteurs passent sur des coussinets convexes, fixés au chapeau *b* du pylône, qui est en saillie pour faciliter le passage des fardeaux; ils s'emboîtent dans ces coussinets sans y être fixés et, par conséquent, conservent toute leur liberté. Ils sont fortement ancrés à l'une de leurs extrémités et tendus à l'autre. A deux mètres environ au-dessous du chapeau, se trouvent des rouleaux protecteurs *i* et *i'*, en fonte, ayant pour mission de soutenir le tracteur quand il n'est plus porté par une benne ou pendant l'arrêt des trains.

Dans le système Brunot-Heusschen (fig. 5), le support *mm'* est double et surmonté de deux chapeaux *c* et *c'*, qui font saillie de chaque côté, et aux extrémités desquels sont fixés des coussinets en U.

D'un côté du double support, est ancré fortement en terre un pieu d'attache *p;* de l'autre côté, sont également ancrés deux pieux *p'*, traversés par des vis-vérins.

Les câbles porteurs étant posés sur leurs coussinets, on leur fait faire la boucle autour du premier pieu; à l'extrémité de la partie adjacente, les bouts des câbles sont attachés chacun en tête d'une vis-vérin, qui permet de régler la tension.

(1) Voir le numéro de novembre 1894 de la *Revue universelle des mines, de la métallurgie, des sciences et des arts appliqués à l'industrie.*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En répétant les mêmes dispositions pour toutes les portées, on obtient une ligne aérienne formée de sections indépendantes que l'on réunit en reliant les deux coussinets opposés des chapeaux, par un fer en U de même dimension.

Ce système, qui fonctionne en Algérie et n'a pas encore reçu, croyons-nous, d'application en France, nous paraît présenter un certain nombre d'avantages.

1° Il se présentera des cas où l'on pourra sûrement diminuer le poids total des câbles porteurs, malgré l'excès de longueur résultant des attaches aux extrémités de chaque portée, parce que l'on ne sera plus tenu de donner à ces fils un diamètre constant répondant au maximum de toutes les tensions; 2° la pose,

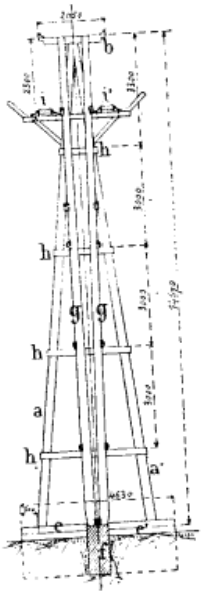


Fig. 4.

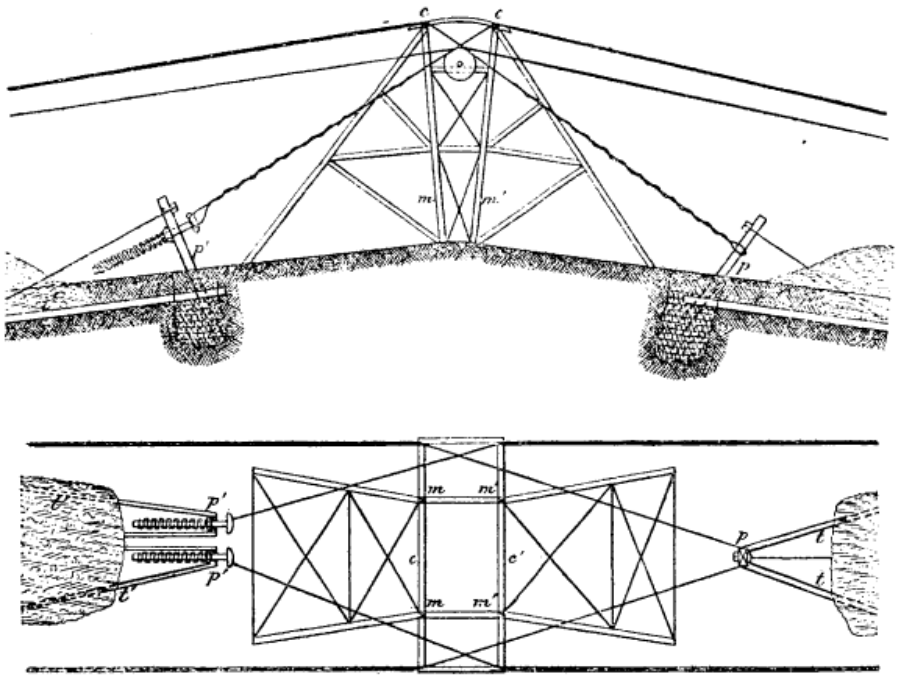


Fig. 5. — Câble *Bruno Heusschen*.

qui est ici un facteur important, sera simplifiée; 3° les effets de pivotement et de renversement produits sur les supports par les variations continuelles des tensions des câbles seront considérablement diminués.

Il est vrai que, dans le premier système, on peut atténuer ces effets par différents procédés. M. Lévy-Lambert, dans son ouvrage sur les funiculaires et les transports aériens, en cite un certain nombre. Tantôt (fig. 6) on fait passer le câble sur un galet fixé au chapeau, ou sur un chariot mobile; tantôt on le fait supporter par l'extrémité d'un balancier pouvant pivoter autour de l'extrémité du chapeau.

Le premier procédé est simple; en transformant le frottement de glissement en frottement de roulement, il diminue l'effet du pivotement; mais la surface

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'appui sur la gorge du galet est si faible que l'usure est très rapide en ce point. Les autres procédés constituent une complication. La maison Teste, Moret et Pichat de Lyon a construit, pendant quelques années, des supports oscillant sur leurs bases; elle y a renoncé à cause des difficultés de la construction.

L'installation des pylônes est souvent fort difficile. Je citerai comme exemple celle qui a été exécutée à la Chambre, en Savoie, par la maison que nous venons de nommer.

Depuis fort longtemps déjà, dans la région, on avait eu connaissance de

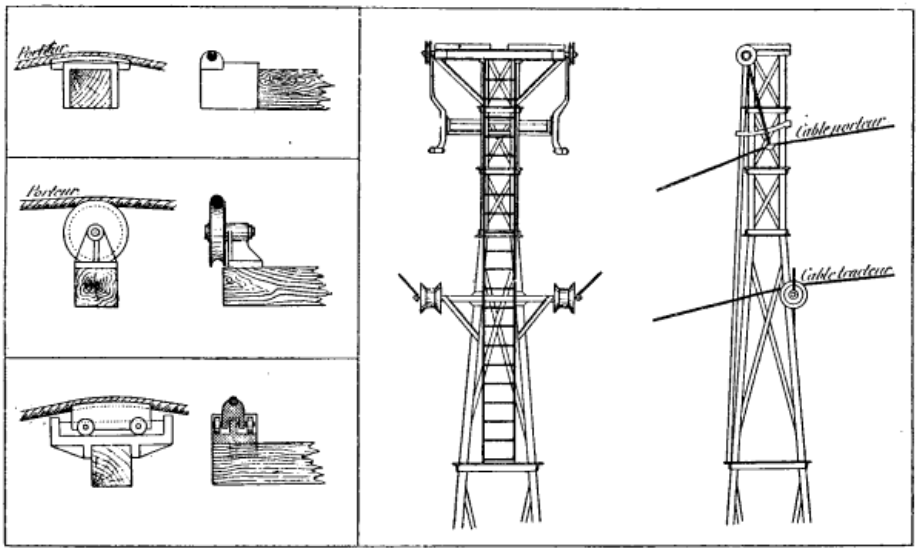


Fig. 6. — Dispositifs de guidage des câbles et de pylône.

magnifiques gisements de gypse, malheureusement situés à une altitude trop grande pour pouvoir être transportés économiquement.

Le problème vient d'être résolu par l'établissement d'un câble aérien reliant directement la carrière avec les fours à plâtre (fig. 7).

La grande difficulté de l'installation consistait dans le choix de l'emplacement des supports, au milieu de rochers escarpés et d'éboulis considérables. La longueur de la ligne est d'environ 1 400 mètres, et la pente atteint 100 p. 100 dans la partie supérieure. L'une des parties a jusqu'à 800 mètres de longueur; les pylônes des extrémités ont 30 mètres de hauteur et sont haubanés avec des câbles qui leur assurent la rigidité la plus complète dans toute leur hauteur.

Voilà un bel exemple de l'utilisation des câbles transporteurs aériens; en voici un second, conçu dans un autre ordre d'idées.

L'administration des forges de Pont-à-Mousson a fait établir près de Nancy, entre Custines et Marbache, un câble dormant de 680 mètres de longueur, pour

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

transporter des minerais de fer; ce câble passe au-dessus de la Moselle et de la ligne de chemin de fer de Nancy à Metz.

Les frais d'exploitation sont de 0 fr. 39 par tonne. Avant l'établissement du câble, le transport était fait sur essieux et coûtait 1 fr. 10, parce qu'il fallait faire un grand détour pour traverser la Moselle.

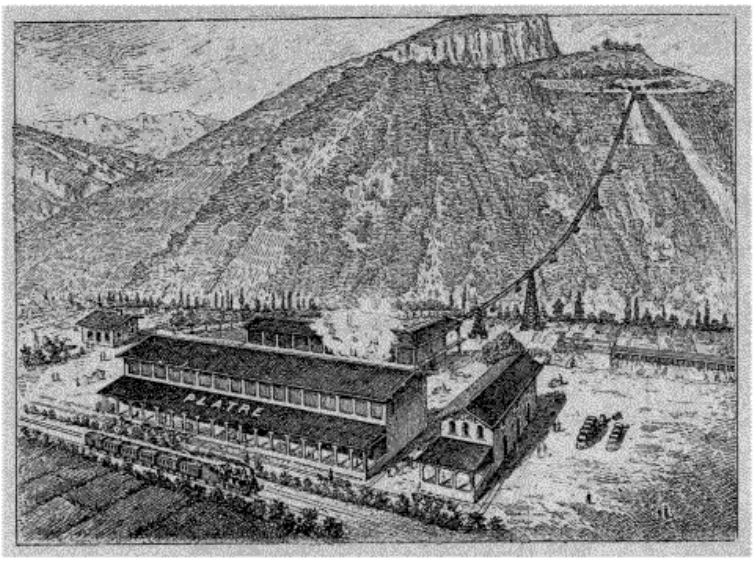


Fig. 7. — Câble de la Chambre.

On transporte annuellement 40 000 tonnes de minerais, ce qui produit une économie d'environ 28 000 francs. L'installation ayant coûté 85 000 francs, il a fallu moins de quatre ans pour amortir les dépenses.

Ces chiffres nous ont été communiqués par M. Rogé, administrateur des forges.

Dans le système dormant, les appareils qui supportent les charges ont tous un dispositif commun, c'est le *rouage* ou *chariot* de *roulement* BC (fig. 8), porté par deux galets à gorges profondes pouvant rouler sur les câbles porteurs.

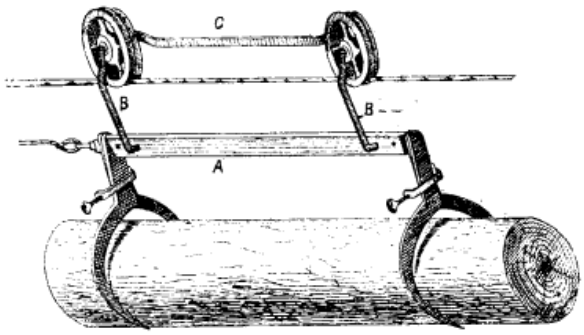


Fig. 8. — Chariot à bois autrichien.

Les charges sont suspendues à ce rouage par l'intermédiaire de tiges recourbées dans le sens perpendiculaire au plan vertical passant par le câble, afin que leur centre de gravité soit dans ce plan, condition essentielle pour l'équilibre. Cette forme en col de cygne a aussi pour but de favoriser le passage sur les supports, passage déjà facilité par la saillie des chapeaux. Le tout constitue une sorte de chariot dont les roues occupent la partie supérieure.

Quant à la partie inférieure, elle prend différentes formes suivant la nature et les dimensions des matériaux à transporter : pour les pierres, les terres, les sables, les minerais, les betteraves, etc., on emploie des caissons; pour les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

caisses, les sacs, les barils, on se sert de plate-formes ou de chaînes suspendues à des crochets; pour les bois (fig. 8), on emploie des pinces ou des chaînes.

On se sert en Autriche (fig. 9 et 10) de pinces dont les deux mâchoires AE, et D cintrées sont taillées en dents de scie sur une partie de leur pourtour interne et

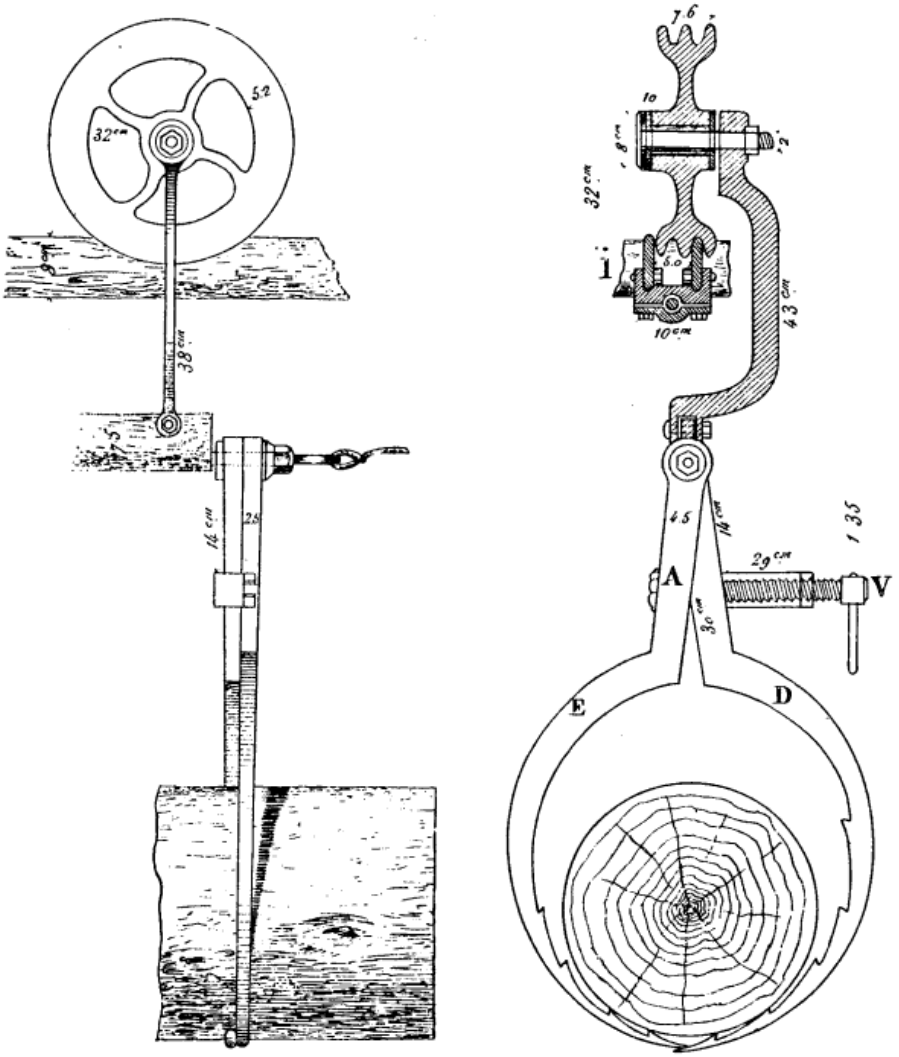


Fig. 9 et 10. — Chariot à bois autrichien; détail d'une pince.

peuvent, au moyen d'une vis V, être maintenues serrées en enveloppant la pièce de bois.

Dans le cas particulier de bennes pour matériaux grossiers, celles-ci sont disposées de façon à pouvoir tourner autour d'un axe et à culbuter leur contenu à la gare d'arrivée. Le déchargement s'opère assez rapidement et sans difficulté. Un taquet de sûreté assure la fixité de la caisse pendant son parcours sur la ligne.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Une question qui a aussi son importance réside dans le choix de l'*appareil d'attelage* des chariots. Prendra-t-on un embrayage à griffes ou un embrayage à friction?

Dans le premier système, l'appareil retient à volonté des boutons d'entraînement espacés sur le câble; ces boutons sont en deux pièces et s'assemblent en queue d'aronde, ce qui permet de les mettre en place en un endroit quelconque sans couper le câble.

Voici le système à griffes de la maison *Bleichert* (fig. 11). Les deux griffes M, qui sont destinées à emprisonner les bagues, sont portées par un coulisseau L, pouvant se mouvoir verticalement; l'une d'elles peut se déplacer de bas en

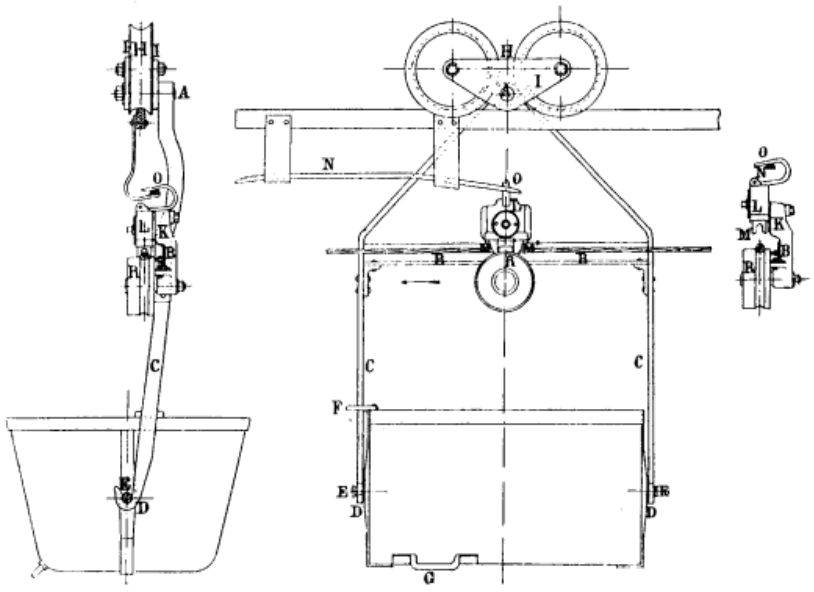


Fig. 11. — Attelage *Bleichert*.

haut, mais elle est toujours ramenée dans sa position inférieure par un ressort à boudin. Immédiatement au-dessous des deux fourches, se trouve une poulie R, qui porte le câble.

Quand le chariot est amené au point de départ, l'ouvrier, au moyen d'une pression, pousse le coulisseau dans sa position inférieure. Aussitôt que la première bague rencontre l'appareil, elle soulève la griffe mobile, se place entre les deux fourches et se trouve emprisonnée, grâce au ressort à boudin. Le chariot suit alors le mouvement du câble tracteur.

A l'arrivée, un crochet *o*, fixé au coulisseau, glisse sur un plan incliné formé d'un rail en fer N. Le coulisseau est suffisamment soulevé pour que la bague puisse sortir de sa prison, et le chariot devient libre.

L'appareil d'embrayage à friction qui nous a paru le plus simple, tout en présentant une grande sécurité, est celui de la maison Teste, Pichat et Moret.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le câble est (fig. 12) pressé entre deux mors en acier pouvant osciller *excentriquement* autour de deux points d'articulation, grâce à deux secteurs en fonte Le secteur inférieur renferme un ressort puissant, faisant pression sur le mors du bas pendant le serrage, et il est actionné par un levier excentrique à main, muni d'une languette de sûreté, afin d'empêcher le débrayage de l'appareil en cours de route.

Au repos, le levier est vertical et tourné vers le sol; lorsqu'on veut embrayer, on lui fait exécuter une révolution de 180°; le secteur inférieur monte et soulève le mors correspondant, qui se rapproche de l'autre; le câble tracteur se trouve emprisonné.

Le débrayage s'opère automatiquement. En arrivant à la station, le levier

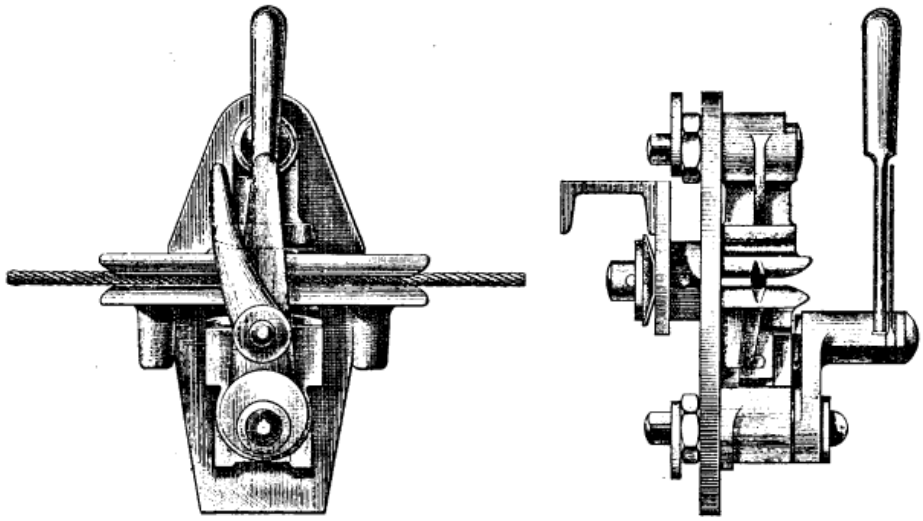


Fig. 12. — Attelage *Teste, Pichat et Moret.*

vient buter contre un taquet de forme spéciale, et il se renverse, de sorte que les mâchoires se séparent et que le chariot devient libre.

L'originalité de cette disposition consiste en ce que l'on peut employer cet embrayage sur toutes les pentes. En effet, d'après la disposition même de l'appareil, on voit très bien que, plus la tension du câble sera considérable, plus il y aura tendance de rapprochement entre les deux mors. Ces derniers sont eux-mêmes d'une grande portée, et leur action destructive sur le câble tracteur est presque nulle.

Les appareils d'embrayage sont portés par une traverse horizontale qui réunit les deux tiges de suspension.

Dans le genre monocâble, les bennes sont suspendues par deux tiges, entre deux bagues qui les empêchent de glisser et leur permettent seulement d'osciller transversalement.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Voici la disposition admise à Saint-Ismier (Isère) pour le transport de pierres à ciment.

Les bennes chargées sont accrochées au brin inférieur et reviennent par le brin supérieur.

A son arrivée à la station de décharge (fig. 13), le bord de la benne vient frotter contre un rail fixe d', qui, par une courbe, se raccorde à la poulie c'. La courbe force le panier à se relever de façon que les tiges de suspension prennent

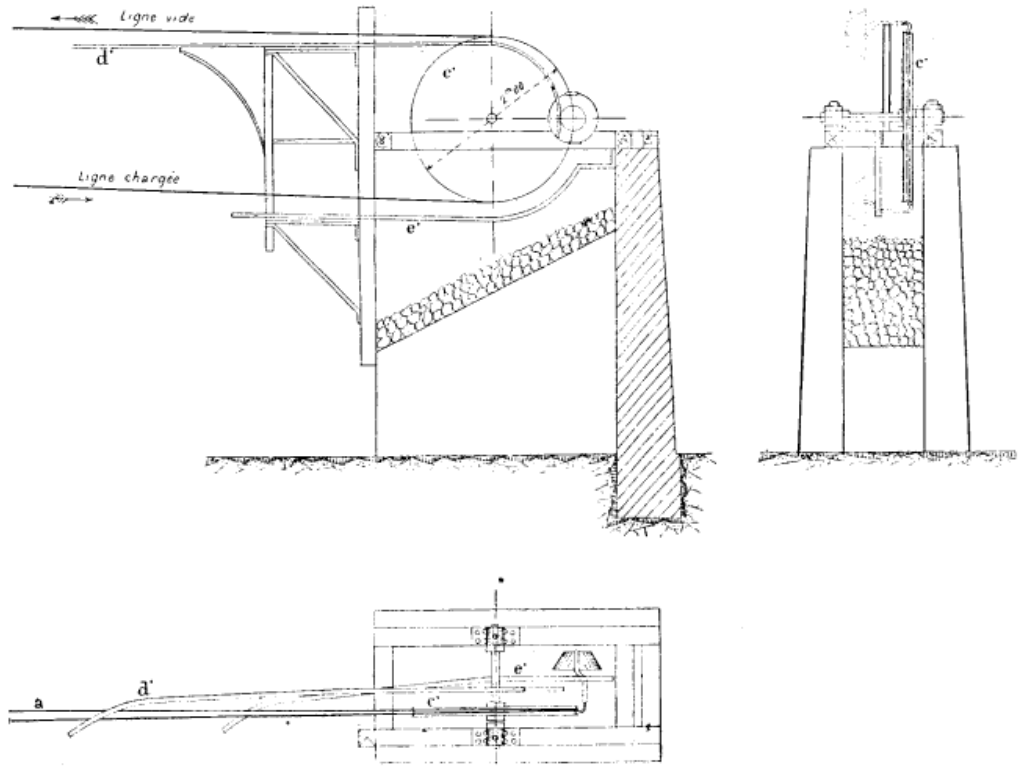


Fig. 13. — Câble aérien de *Saint-Ismier*. Recette inférieure.

une position sensiblement perpendiculaire au plan de la poulie. La benne se vide alors automatiquement et reprend ensuite sa position normale.

A la station de charge (fig. 14), un dispositif analogue permet le passage de la benne sur la poulie sans qu'on soit obligé de la décrocher. Elle est ramenée dans sa position verticale par un rail incliné e, et reçoit son chargement en passant dans une trémie i.

Ce système a été perfectionné par la maison Brenier et Negret de Grenoble.

Les brins du câble ne sont plus l'un au-dessus de l'autre, mais à la même hauteur.

La suspension brevetée (fig. 15) se compose d'un sabot de friction c, à galets de roulement f, f, et d'une tige en col de cygne. Le câble, sous la pression

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de la charge, s'engage comme un coin dans la gorge biseautée du sabot, et l'entraînement se produit sans glissement.

A la station de décharge, un rail horizontal *e* (fig. 16), disposé au niveau des

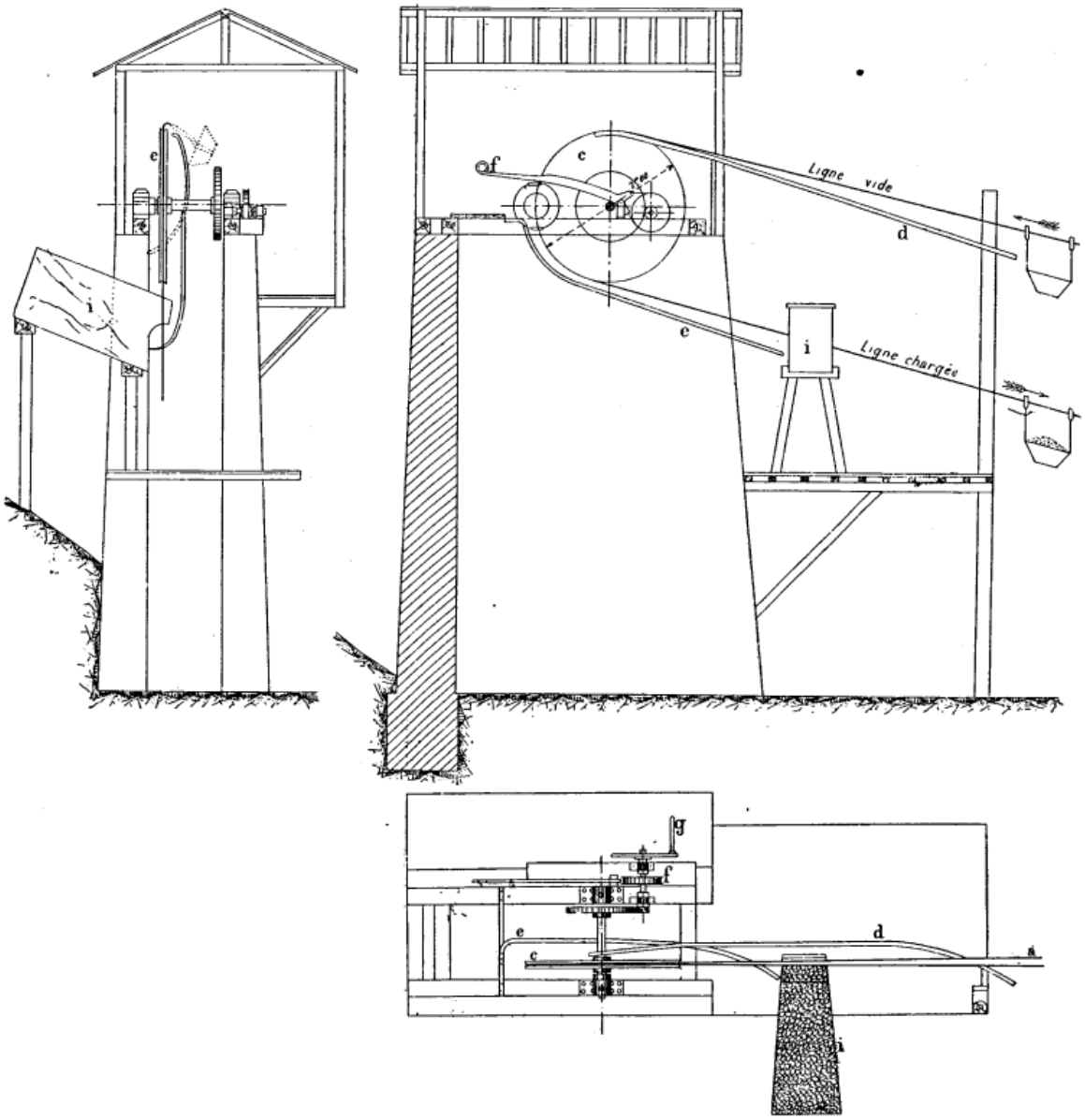


Fig. 14. — Câble aérien de *Saint-Ismier*. Recette supérieure.

brins à leur passage sur les poulies croupières *p*, décrit une courbe en forme de fer à cheval autour de la poulie d'enroulement *h*, et se termine, tout près des poulies croupières, par deux aiguilles de bifurcation.

A l'arrivée, le galet de roulement vient passer sur une aiguille qui maintient

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la benne à la même hauteur, tandis que le câble, continuant à descendre, se détache du sabot ; la benne roule ensuite sur le rail, qui l'éloigne ainsi du câble.

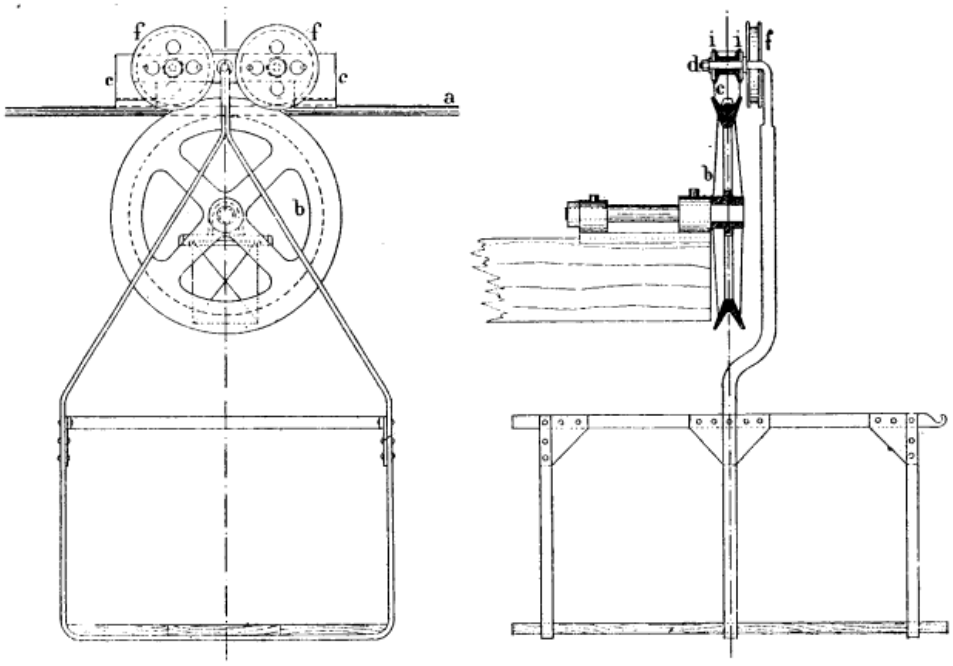


Fig. 15. — Suspension *Brenier et Negret*.

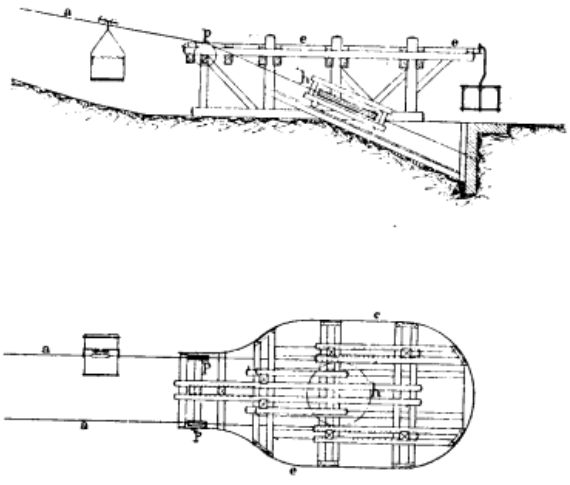


Fig. 16. — Câble des mines de *Pierre-Châtel*. Stations de charge.

Quand elle est déchargée, on la pousse près de l'autre poulie-croupière, et le câble l'accroche au passage.

La poulie d'enroulement est sur un chariot tendeur.

En réalité, chaque benne est suspendue par une paire de sabots placés l'un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

devant l'autre, de façon qu'il y en ait toujours un en prise sur le câble, quand l'autre, un peu soulevé au passage des poulies, s'en dégage momentanément.

Au départ (fig. 17), la benne, par un mouvement inverse, passe du rail sur le câble qui monte. Grâce à ce perfectionnement, on peut transporter de gros matériaux par le monocâble.

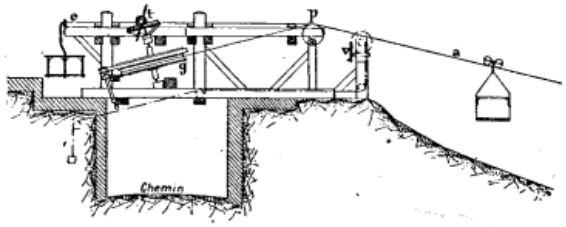


Fig. 17. — Câble de *Pierre-Châtel*. Station de décharge.

M. Heusschen a imaginé, dans le système dormant, un dispositif analogue, mais peut-être plus ingénieux encore.

La tige de suspension (fig. 18), munie d'un crochet, porte une chape *c*, terminée par un boulon vertical V, autour duquel peut osciller l'appareil d'attelage du câble tracteur. Cet appareil est extrêmement simple, il se compose tout simplement de deux mâchoires juxtaposées et réunies par une frette permettant d'enfermer librement un bouton tracteur fixé au câble.

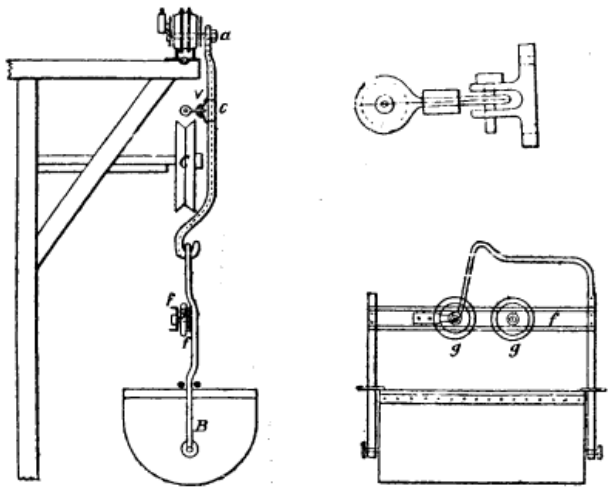


Fig. 18 et 19. — Suspension *Heusschen*.
Ensemble et détail du bouton V.

L'attelage indissoluble du wagonnet sur le câble tracteur et le bouillonnement de la benne autour de son crochet de suspension permettent de circuler sur une rampe quelconque avec sécurité, la benne étant toujours maintenue horizontalement,

Les deux branches de l'anse de la benne sont reliées par deux plaques *f f*, portant des galets *g g* (fig. 19).

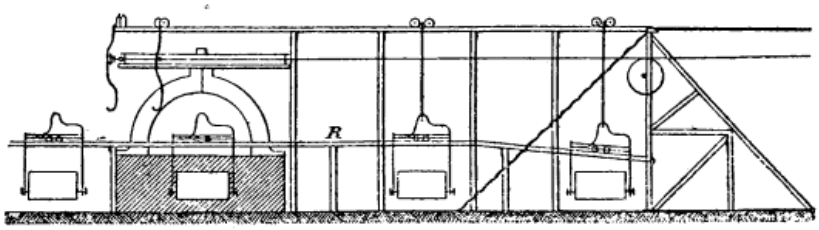


Fig. 20. — Suspension *Heusschen*.

A l'arrivée d'une station (fig. 20), ces galets sont dirigés sur une voie fixe R, disposée en plan incliné. La benne, en gravissant ce plan incliné, s'élève tandis

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

que le rouage continue sa course de niveau. Il arrive, par conséquent, un moment où le crochet se sépare de la benne, qui poursuit son chemin en ligne droite sur la voie fixe.

Après avoir décrit une circonférence autour de la poulie d'émeulement, le crochet rencontre une benne qui l'attend sur une voie diamétralement opposée en tête d'un plan incliné ; il la pousse devant lui et finit par l'accrocher.

Voici comment se pratiquent en Suisse le chargement et le déchargement des grands bois.

Les pièces sont amenées, à l'aide de leviers, sur des plans inclinés, puis

Fig. 21. — Câble suisse pour bois. Station de charge.

accrochées au rouage au moyen de chaînes terminées par le crochet mobile bien connu sous le nom de *sauterelle* (fig. 24).

La figure 21 montre les poulies d'enroulement de la station de charge, l'une étant munie d'un frein actionné par un ouvrier : elles sont placées à quelques mètres en avant de la gare.

A l'arrivée (fig. 22), les pièces viennent buter contre un obstacle fixe ; le décrochage se fait instantanément, grâce à la sauterelle, et les pièces tombent sur des chevalets portés par un plan incliné.

Ces procédés de chargement et de déchargement sont très simples ; mais ils nécessitent un grand nombre d'ouvriers.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans tous les cas où il sera possible d'établir un bout de voie ferrée à chaque gare, rien n'empêcherait d'employer le procédé suivant.

Au départ, la voie ferrée serait en pente au lieu de chargement (fig. 23); une fois que les pièces de bois, amenées sur un wagonnet à plate-forme très surbaissée, seraient accrochées au double rouage, on donnerait une impulsion à l'ensemble du système, et le wagonnet, en descendant sur le plan incliné, se séparerait de lui-même des bois en mouvement pour aller en chercher d'autres.

Fig. 22. — Câble suisse pour bois. Arrivée.

Par ce procédé, la main-d'œuvre coûterait certainement moins cher.

Pour effectuer le déchargement, on ferait monter le wagonnet sur une rampe semblable à celle de la gare de chargement, jusqu'à ce que la plate-forme ait pris contact avec les pièces de bois suspendues au câble.

La figure 24 représente un appareil destiné à transporter des perches ou des bûches ; cet appareil est muni d'une sauterelle. Il suffit de donner un coup de marteau, de haut en bas, sur l'anneau d'arrêt de la pointe du crochet, et les bois se détachent de la chaîne.

La figure 25 montre la disposition d'une gare de chargement établie avec les seuls éléments dont on dispose en forêt. La pièce de bois est représentée au moment où elle quitte le wagonnet qui l'a amenée.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nous ne voulons pas abandonner cette question de chargement et de déchargement sans dire quelques mots d'un appareil employé depuis quelque temps

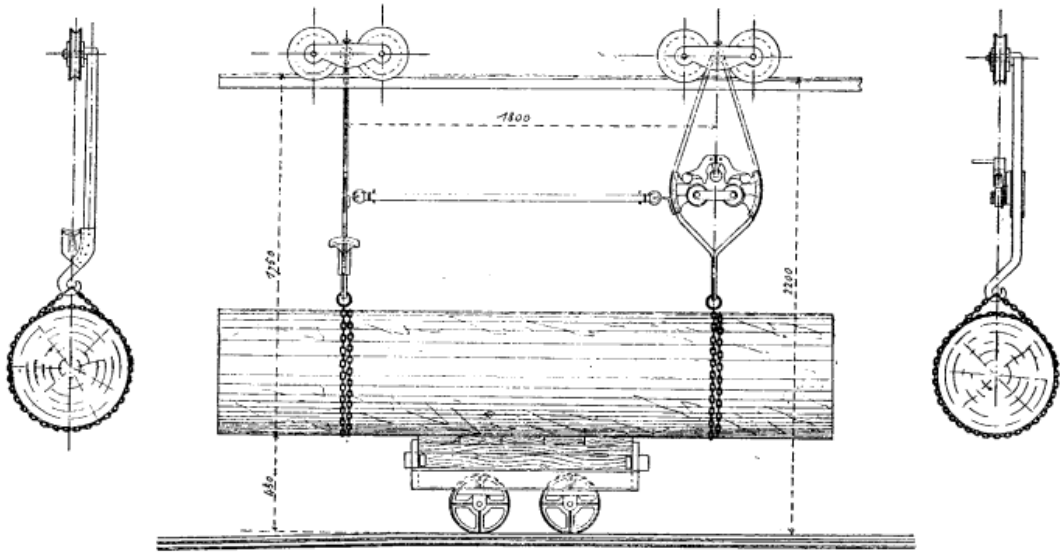


Fig. 23. — Wagonnet auto-déchargeur pour pièces de bois.

déjà en Amérique, et qui vient de faire son apparition en France. Nous voulons parler des *déchargeurs américains*.

Nous avons vu fonctionner cet appareil à la soudière de la Société Solway et Cie, à Dombasle, près Nancy; il est utilisé pour décharger du charbon amené par des bateaux.

La benne, qui est suspendue au rouage par l'intermédiaire d'une poulie-moufle, est susceptible de trois mouvements : hissage, descente et culbutage. Aux lieux de chargement et de déchargement, le rouage peut être accroché à un appareil de choc.

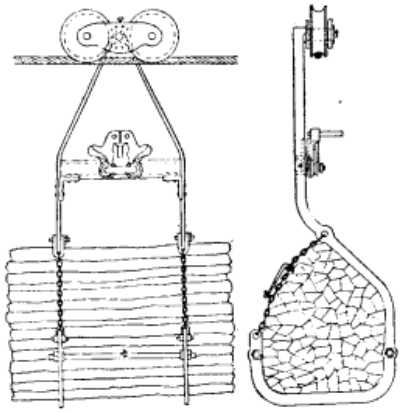


Fig. 24. — Benne à perches avec sauterelle.

La benne étant supposée descendue dans le bateau (fig. 26), et le rouage étant rendu fixe par son accrochage au tenon de l'appareil de choc, on fait le chargement. Celui-ci terminé, on fait mouvoir le câble tracteur, qui agissant sur la poulie-moufle, fait monter la benne ; pendant le mouvement, les extrémités des tourillons de la poulie s'engagent (fig. 27) dans un levier vertical fourchu, qu'elles enlèvent; ce dernier, en s'élevant, fait baisser l'extrémité d'un levier horizontal terminé par une fourche à crochet ; le tenon de l'appareil de choc se dégage, et le rouage, rendu libre, se déplace le long du câble.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En même temps que le tenon est dégagé, un verrou de sûreté est amené sous

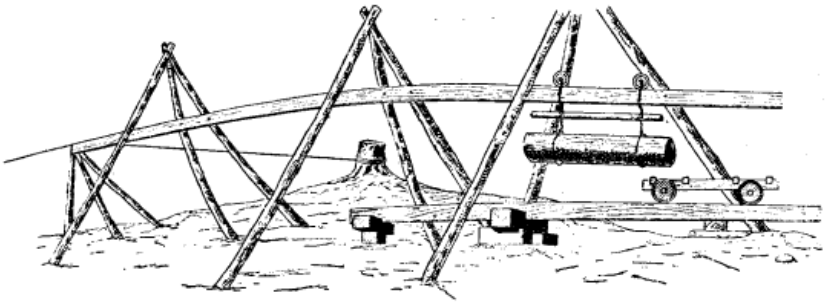


Fig. 25. — Gare de chargement en forêt avec wagonnet du type fig. 23.

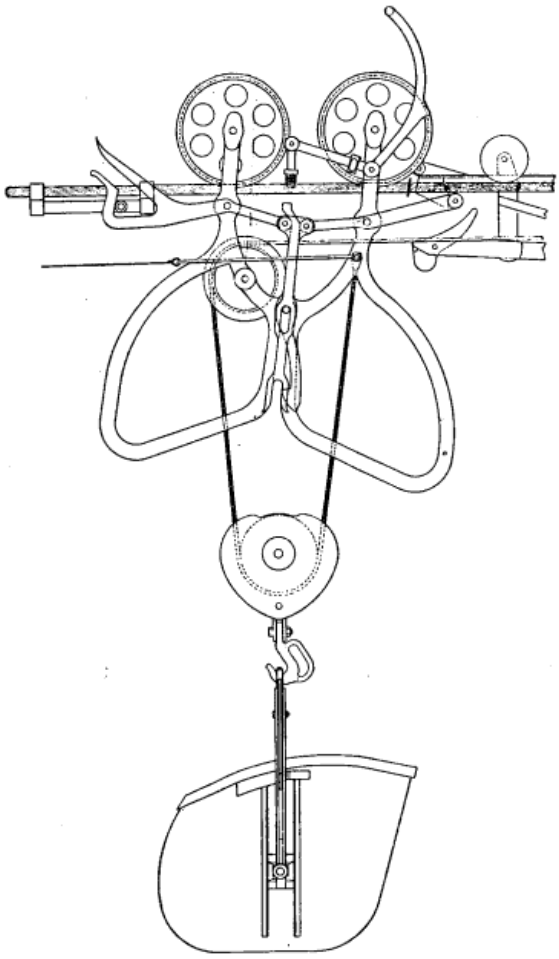


Fig. 26. — *Auto-déchargeur américain.* Benne descendue.

les extrémités des tourillons de la poulie, et, par suite, toute chute de la benne est rendue impossible en cas de rupture de la corde.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Lorsque le rouage arrive au point où doit s'opérer le déchargement, les tenons du levier horizontal viennent buter contre les cames mobiles de l'appareil de choc, s'élèvent sur le plan incliné formé par ces cames, et, par un mouvement inverse de celui que nous venons d'expliquer, accrochent le rouage et dégagent le levier de sûreté. La benne, ainsi rendue libre, peut être descendue au point voulu (fig. 27).

Pour réaliser le culbutage automatique, il suffit que les tourillons de la benne

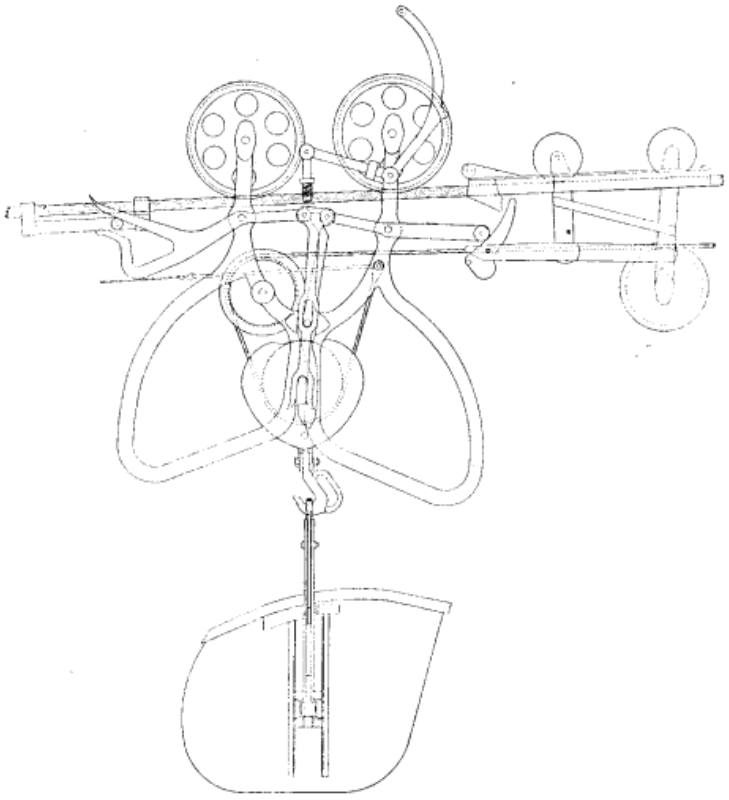


Fig. 27. — *Auto-déchargeur américain.* Benne levée à la station de déchargement.

soient situés au-dessous du centre de gravité. Pour l'empêcher de culbuter pendant la marche, on la rend solidaire de l'anse porteuse au moyen de deux leviers en cames formant un enclenchement par leurs extrémités.

Au point voulu, le levier coudé, représenté par la figure 28 et disposé spécialement pour cette manœuvre, vient buter contre deux galets de l'appareil de choc ; en se soulevant, il agit sur deux leviers articulés qui viennent appuyer sur les branches supérieures des leviers d'enclenchement et dégagent la benne.

On a déjà signalé, dans ce *Bulletin* (novembre 1894, p. 830), des résultats merveilleux obtenus par la combinaison (fig. 29) d'un câble aérien avec le déchargeur américain.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La figure 29 montre le cas de l'établissement d'un remblai; la figure 30, celui de la construction d'une écluse, sans interruption de la circulation fluviale et sans encombrement des rives.

On peut voir sur la figure 31 l'installation d'un appareil aérien pour la construction d'un barrage destiné au service d'alimentation d'une ville américaine.

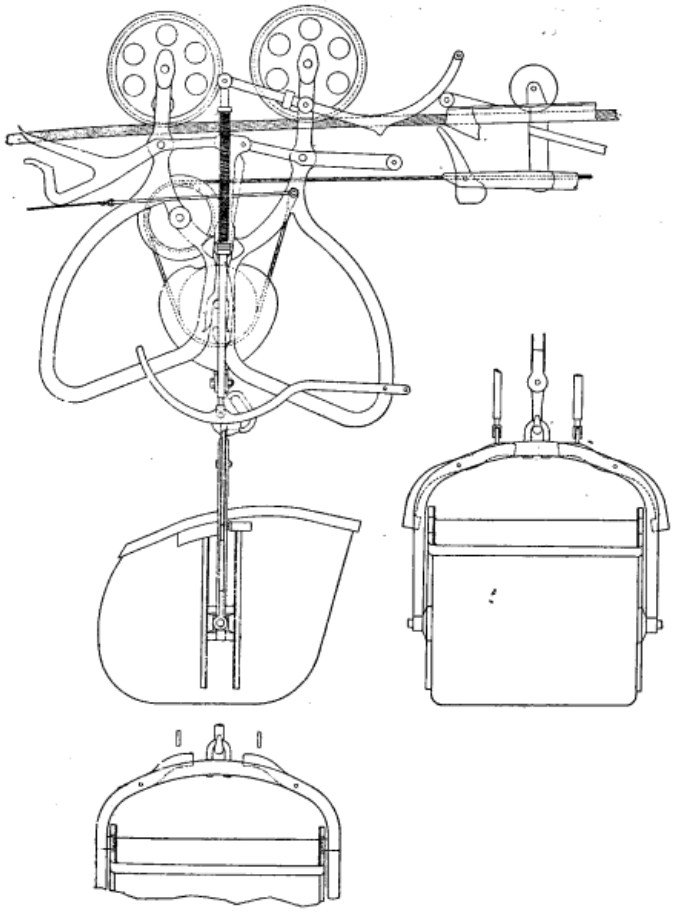


Fig.28.— *Auto-déchargeur américain.* Déclenchement de la benne.

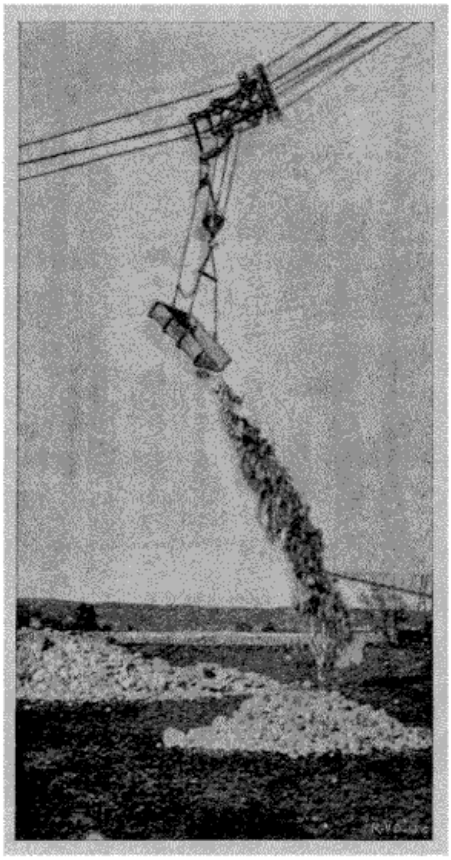


Fig. 29. — Déchargeur *Lidgerwood*.

Les pierres furent taillées dans la carrière même et mises en place, sans transbordement sur la crête de la maçonnerie.

La gare de Baltimore offre un autre exemple très curieux. Il s'agissait de construire une grande arche en pierre pour supporter un pont destiné à la circulation au-dessus de deux lignes ferrées très actives. On installa un câble de 224 mètres, le long duquel coururent et descendirent, mathématiquement à leur place, les pierres des assises et des voussoirs. Pendant toute la durée du travail, les trains continuèrent à rouler sans que l'on eût à déplorer le moindre accident (1).

(1) G. Richard, *La Mécanique générale à l'Exposition de Chigaco*, p. 579.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pour la construction des piles de ponts, le transporteur rend les échafaudages inutiles; et l'on peut juger combien cela peut être avantageux pour la navigation pendant l'exécution des ouvrages. A l'approche des travaux importants qui vont se faire prochainement à Paris, au moment où les entrepreneurs vont chercher, par tous les moyens, à perfectionner leur outillage, ne semble-t-il pas qu'il puisse y avoir place pour les transporteurs aériens, qui rendent de si grands

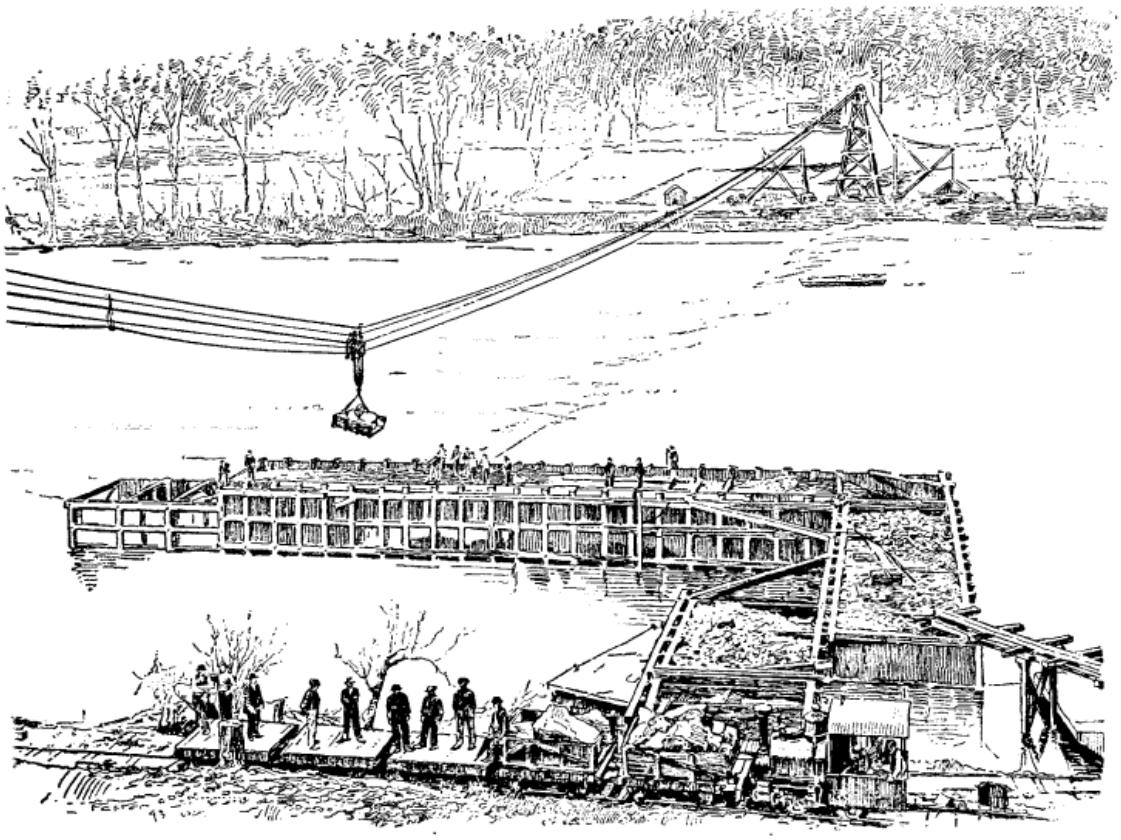


Fig. 30. — Emploi des cableways *Lidgerwood* au barrage de Coosa.

services en Amérique pour toutes les constructions tant publiques que privées?

Je vous demanderai la permission, Messieurs, de fixer un instant votre attention sur le *câble de Châtenois* (Alsace), parce qu'il présente certaines particularités que nous n'avons pas rencontrées ailleurs.

Ce câble (fig. 32) sert à transporter dans la vallée les pierres provenant d'une carrière située à flanc de coteau et à monter toutes sortes de produits à l'hôtel de Hanhenberg, situé sur une éminence, d'où l'on a une vue splendide sur le Rhin, sur la Forêt-Noire, sur les ruines des anciens châteaux construits pendant la féodalité sur ce versant des Vosges, et notamment sur le Hoh-Kœnigsbourg,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le roi des châteaux et le château des rois, qui fut brûlé, dit-on, par les Suédois, et dont les ruines, consistant en de fortes murailles flanquées de tours colossales, sont parfaitement entretenues par la ville de Schlestadt.

L'installation comprend deux lignes se coupant sous un angle très ouvert.

Sur la ligne principale, le câble A, sur lequel roulent les bennes chargées, est ancré en B, au moyen de boulons, sur un beffroi en charpentes ; après avoir

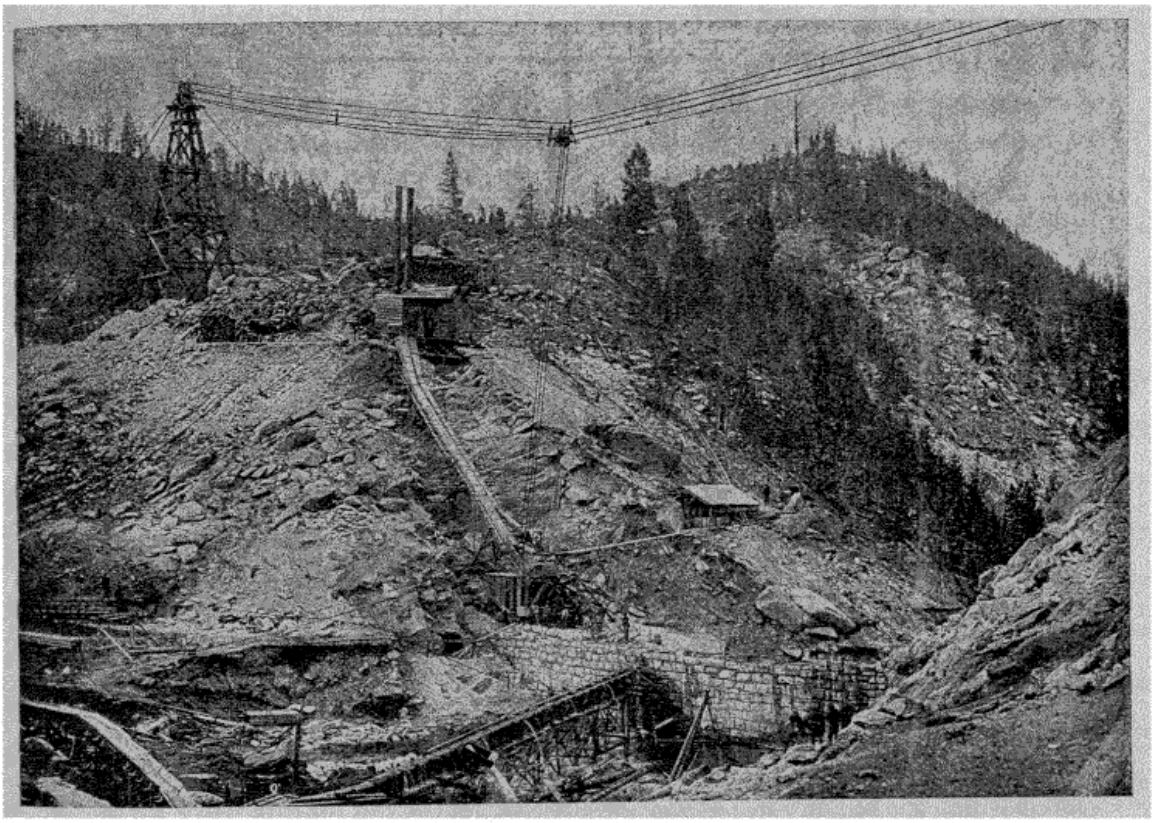


Fig. 31. — Application du cableway *Lidgerwood* à la construction du barrage de *Buke City*.

passé sur une poulie de guidage a, il vient s'attacher en b à la chaîne du contrepoids C, dont la section est rectangulaire. De même le câble A′ des bennes vides est ancré en B′, et, après avoir passé sur la poulie de guidage a', il s'accroche en b' à la chaîne des contrepoids C′.

A la station de charge, le câble tracteur EE′ s'ameule dans la gorge O d'une poulie, munie d'un frein à vis T. Cette poulie actionne, par un mécanisme qui n'est pas figuré, des appareils destinés à concasser les pierres dans la carrière même.

A la station de décharge, le tracteur s'ameule d'abord dans la gorge supérieure d'une poulie F, passe ensuite autour d'une seconde poulie G, d'un diamètre un peu moindre, revient dans une deuxième gorge de la poulie F, puis,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

après s'être enroulé autour d'une troisième poulie H, repasse dans une troisième gorge de la poulie F.

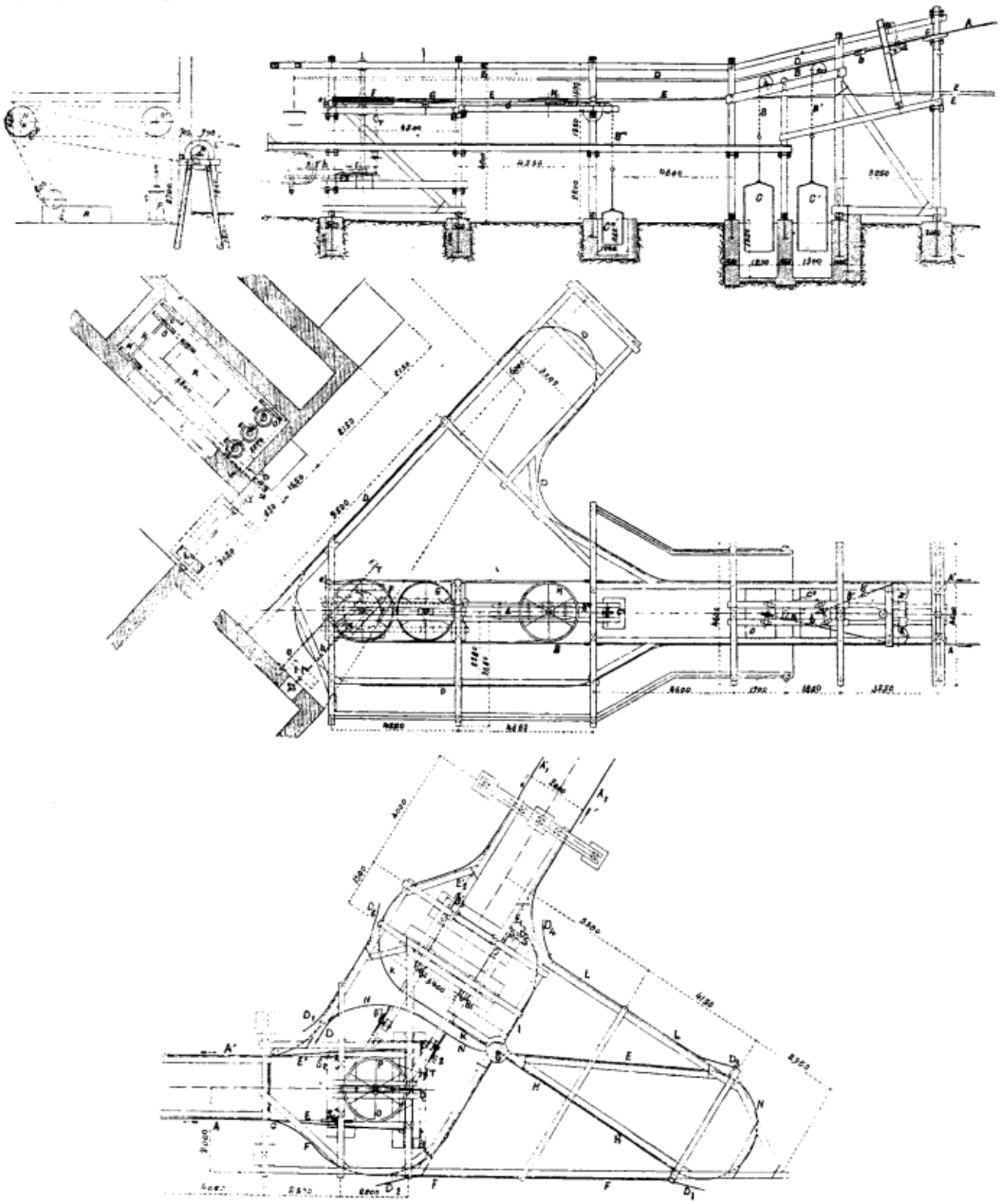


Fig. 32 à 36. — Câble pour le transport des pierres à *Châtenois* (*Alsace*). Stations de décharge et de charge.

L'axe de la poulie H est muni à sa partie inférieure d'un coulisseau pouvant se mouvoir dans une glissière horizontale d ; cet axe est relié par une chaîne B'' à un contrepoids C''.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La poulie F est munie d'un frein à vis *e* ; son axe est prolongé à sa partie inférieure, et se termine par une roue d'engrenage conique *f*, actionnant un pignon monté sur un arbre horizontal *h*, qui porte deux poulies folles et fixes I et I'.

Cette poulie double est reliée par une courroie à un tambour I qui communique son mouvement à un arbre *i* portant à son autre extrémité une poulie M. Celle-ci transmet le mouvement de l'arbre *i* à un autre arbre K, qui actionne trois pompes P, P' et P'', par l'intermédiaire des tambours O et O' d'un arbre triplement coudé et de trois bielles. Dans le cas où le câble ne fonctionne pas, une machine à vapeur R met en mouvement la transmission K à l'aide d'une poulie S. Le débrayage de la courroie passant sur les poulies I est I' est assuré au moyen d'un levier T et d'un triangle à griffes V.

A la station de charge, le câble tracteur de la voie secondaire s'enroule autour d'une poulie P, portée par l'axe de la poulie O, et qu'on peut enclencher ou déclencher à volonté au moyen d'un levier Q, suivant que l'on veut produire ou arrêter le mouvement des bennes sur cette voie.

Pour faciliter la manœuvre, il n'y a pas moins de dix aiguilles avec une plaque tournante.

Voilà donc un câble qui casse des pierres et qui peut faire manœuvrer des pompes élévatoires.

On comprend, dès lors, l'intérêt que l'on peut avoir à calculer l'excès de travail dont on peut disposer dans certains cas, aussi bien que celui qu'exige la traction sur une voie peu inclinée, horizontale ou en rampe. Ce calcul présente certaines difficultés parce qu'on n'a pas de données bien certaines sur la valeur du coefficient de roulement, pas plus que sur la résistance due à la raideur des câbles métalliques. Il serait très désirable que des expériences concluantes fussent faites à cet égard ; et je ne pouvais me dispenser de formuler ce désir devant les membres d'une société qui est toujours au premier rang quand il s'agit d'encourager l'industrie nationale.

En attendant, nous avons admis comme coefficient de roulement le chiffre de 0,006, résultat moyen des expériences que j'ai faites au sujet des petits chemins de fer. Je reconnais que ce n'est pas tout à fait le même cas, mais c'est celui qui me semble se rapprocher le plus de celui qui nous occupe.

En ce qui concerne l'incurvation, nous avons pris pour bases de nos calculs les expériences faites par M. Murgue, ingénieur à la Compagnie minière de Bessèges, et qui ont été relatées dans les *Annales des Ponts et Chaussées;* nous n'en connaissons pas d'autres.

C'est ainsi que nous avons trouvé 9 chevaux-vapeur environ pour le travail en excès à Châtenois.

Sur le câble de la Chambre, dont nous avons parlé précédemment, il y a un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

excédent de 16 à 17 chevaux, que l'on utilisera plus tard pour le percement et pour l'éclairage des galeries d'extraction.

J'ai eu la curiosité de chercher si, dans certains cas, l'on ne pouvait pas, pour faire marcher une scierie, utiliser le travail en excès produit par un câble descendant des bois. Voici un exemple :

Supposons une pièce de bois de 4 mètres de longueur et de $0^m,60$ de diamètre, dont le poids est de 900 kilos environ. Cette tronce développe, sur un câble

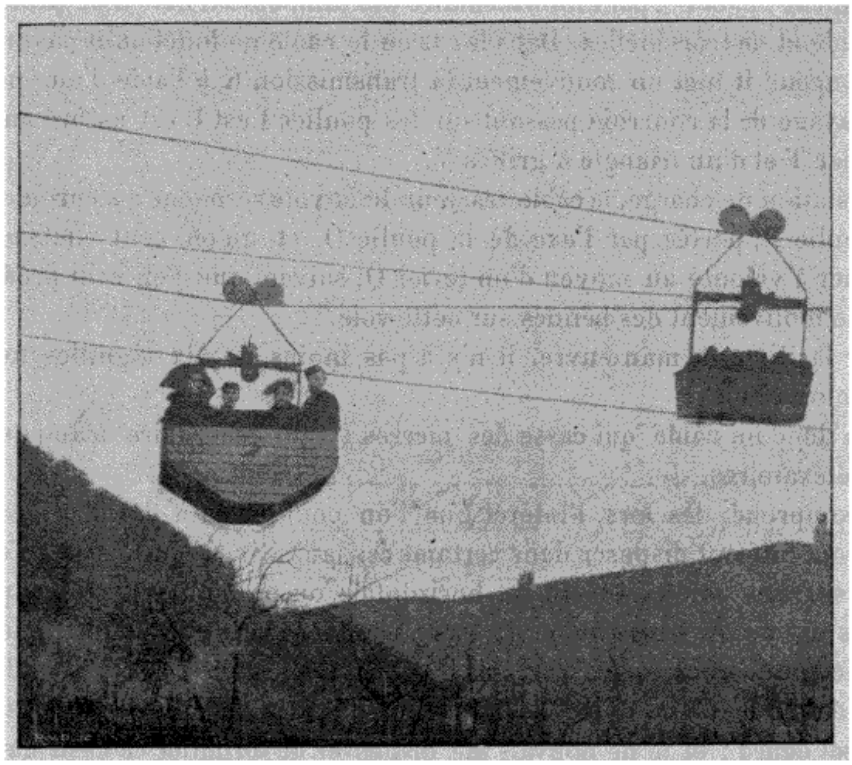


Fig. 37. — Câble de *Hahnenberg*.

dont la pente est de $0^m,25$, la vitesse étant réglée à 1 mètre par seconde, un travail égal à 900 kilos $\times$ $0^m,25 = 225$ kilos, ou de 3 chevaux-vapeur. De ce chiffre, il faut retrancher 20 p. 100 pour toutes les résistances passives; c'est le chiffre moyen qui résulte des calculs auxquels nous nous sommes livré; reste 2,40 chevaux-vapeur.

Pour *déballer* cette tronce, c'est-à-dire pour la transformer en un plateau de $0^m,33$, il faudra faire dix traits de scie d'une surface totale de 15 mètres carrés.

Or, pour débiter 15 mètres carrés avec la force dont nous disposons sur une scie à ruban (on emploie couramment aujourd'hui cette scie pour le déballage), il faudra, d'après les formules connues, en supposant une vitesse de 10 mètres à la la lame, un diamètre de $0^m,68$ aux poulies, 2 millimètres à la largeur de la voie, la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

hauteur moyenne du trait de scie étant de 0m,38, un peu moins d'une demi-heure.

Si le câble a 900 mètres de longueur, le temps de la descente sera de 15 minutes.

On en conclut que le câble pourra déballer toutes les tronces destinées à l'industrie si ces produits forment à peu près la moitié du volume total de l'exploitation.

Le sciage sera arrêté pendant le chargement et le déchargement ; mais qu'importe ? Il n'y aura pas de travail perdu. Dans notre pensée, deux scies fonctionneraient alternativement; et quand un trait de scie serait terminé pendant la

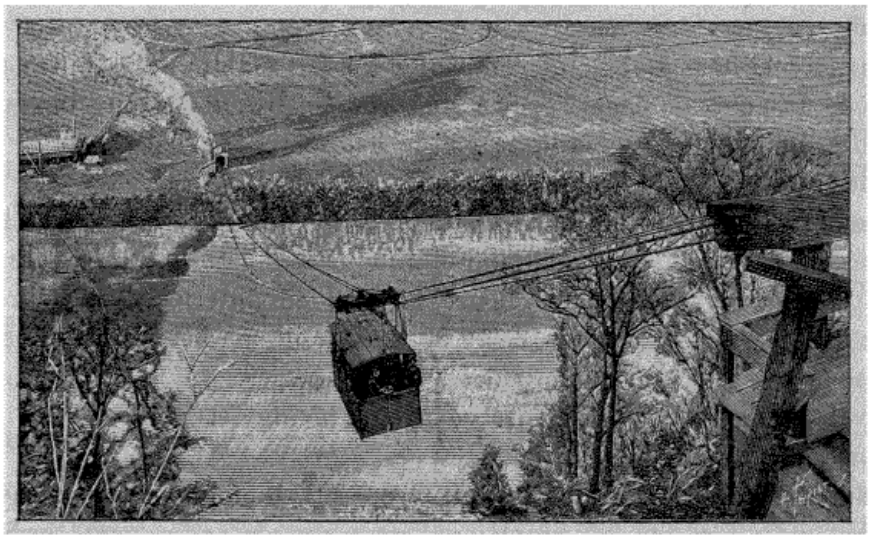


Fig. 38. — Bac aérien de *Knoxville*.

marche du câble tracteur, on mettrait immédiatement en mouvement l'autre scie.

Le détenteur du câble de Châtenois, qui est en même temps propriétaire de l'hôtel du Hahnenberg, à le projet d'utiliser le câble pour le transport des voyageurs.

Dès que l'hôtel sera terminé, l'ascension de la montagne se fera comme le montre la figure 37. Deux jeunes filles alsaciennes, la tête ornée du papillon traditionnel, sont représentées ayant déjà accompli une partie du chemin, remorquées par wagonnets chargés de pierres.

Quand elles descendront, elles contribueront à faire monter d'autres voyageurs.

Le correspondant de la revue américaine des tramways signalait dernièrement une ligne aérienne fonctionnant au Mexique pour le transport des voyageurs.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Cette ligne passe au-dessus de gorges profondes de plusieurs centaines de mètres, et l'établissement d'un pont eût été très coûteux.

Le tramway aérien a donné pleine satisfaction ; la caisse peut contenir deux voyageurs à la fois.

Le procédé de suspension est le même que celui que l'on emploie pour le transport des marchandises. Il n'y a donc là rien d'étonnant, mais voici jusqu'où l'on a poussé la hardiesse dans l'Amérique du Nord.

Non loin de Knoxville, s'élevant presque à pic au bord de la rivière de Tenneosac, se trouve une colline haute de 150 mètres, qui a reçu le nom de Longstreet Heights, en souvenir du général américain qui y avait établi son quartier général. Le site est très remarquable, et le coup d'œil sur les environs est splendide.

Pour en faciliter l'accès, une compagnie y a fait établir un tramway aérien. On accède à la gare de départ par un tramway électrique qui part du centre de Knoxville. La longueur de la ligne est de 325 mètres et la pente de 33 p. 100. Le câble tracteur est mû par une machine de 20 chevaux (fig. 38).

La montée dure trois minutes et demie ; la descente, qui se fait sous l'action de la pesanteur, ne dure qu'une demi-minute, c'est-à-dire que la vitesse, en ce moment, est de 40 kilomètres à l'heure. La longueur intérieure du coffre de la voiture est de $4^m,25$, sa largeur, de $1^m,80$ et sa hauteur, de 2 mètres ; une plateforme se trouve à l'avant et une autre à l'arrière.

Ce véhicule peut contenir seize voyageurs ; vingt et plus ont été parfois transportés.

L'inventeur, M. Gagnier, de Détroit, propose l'emploi de ces tramways pour la traversée des torrents, ou simplement pour remplacer les ponts ordinaires, dont la construction serait trop coûteuse. Il propose d'en construire un pour la traversée des chutes du Niagara.

Sans aller si loin, il est certain que ce mode de transports pourrait recevoir des applications plus modestes, dans les pays de montagnes, où il rendrait des services, en même temps qu'il constituerait une attraction.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CONSTRUCTIONS

LES EAUX DE ROME

SOURCES. — AQUEDUCS. — FONTAINES, par **M. Ronna**, *Membre du Conseil.*

1. — Rome ancienne.

Les aqueducs. — Tout a été dit sur la magnificence des ouvrages qui amenaient et distribuaient les eaux dans l'ancienne Rome.

« Telle était l'abondance des eaux conduites par les aqueducs, écrivait Strabon, sous Tibère, qu'on aurait dit autant de fleuves coulant par la ville. »

« De tous les peuples anciens et modernes, remarque de Prony (1), les Romains sont ceux qui ont exécuté les plus grands travaux pour la conduite des eaux destinées aux usages publics et privés. Leur premier grand aqueduc fut construit vers le milieu du v^e^ siècle de la fondation de Rome, et, sous le règne de Trajan, il en existait neuf, qui devaient fournir en vingt-quatre heures environ 785000 mètres cubes d'eau (2). A cet immense produit, s'est réuni postérieurement celui de cinq autres aqueducs; de manière, qu'au commencement du second siècle de notre ère, quatorze aqueducs amenaient à Rome le tribut de leurs eaux. Jamais ville n'en fut aussi abondamment pourvue... »

De Tournon, qui fut préfet du département de Rome pendant le premier Empire français, après avoir décrit les différents aqueducs, ajoute : « Tels furent les monuments élevés pour fournir aux Romains des eaux potables et pour remplir d'eaux abondantes leurs thermes, leurs naumachies et les viviers de leurs jardins... »

« Si on calcule les dimensions d'un conduit unique qui aurait amené les eaux, on reconnaît qu'il aurait dû avoir 10 mètres de largeur sur 2 mètres de profondeur, avec une pente de 2 millimètres par mètre, et par conséquent une vitesse de 0^m^,812 par seconde, vitesse de la Seine dans ses eaux moyennes : par conséquent, une telle rivière porterait les plus grands bateaux.....

« Lorsqu'on cherche à calculer la dépense de ces constructions de conduits en maçonnerie, recouverts d'enduit imperméable, d'arcades sur lesquelles les eaux coulaient quelquefois à 36 mètres de hauteur, de percements faits dans le rocher et à de grandes profondeurs; lorsqu'on y ajoute les innombrables conduits dans l'intérieur de la ville, les châteaux d'eau et les fontaines ornées de colonnes, de pilastres, de statues, etc., on s'arrête devant l'énormité des chiffres qui s'offrent à la pensée... (3) »

(1) De Prony, *Description hydrographique, etc., des Marais Pontins*, 437.

(2) Cette évaluation personnelle a été justifiée par de Prony dans un de ses mémoires publiés par l'*Académie roy. des Sciences de Paris*, II, 1817.

(3) L'architecte Petit-Radel a fait ce calcul d'après les données fournies par les anciens auteurs. « Les neuf aqueducs de Frontin auraient coûté environ 133326000 livres de notre monnaie, sans compter le prix des matériaux et de la grosse main-d'œuvre fournie par les esclaves. » (*Notice historique sur les aqueducs des anciens*, etc., 1803).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

« C'est en considérant de tels ouvrages d'une telle utilité qu'on peut appeler Rome, avec Frontin : *Terrarum Dea, cui par nihil et nihil secundum* (1). »

Les aqueducs franchissaient les vallées, sans recours aux siphons, les uns, sur des arcades en pierres de plusieurs nuances, avec une hauteur de 9m,20, comme pour l'eau *Marcia* (fig. 1), ou en pierres de taille, sur 20m,65 de hauteur, comme pour l'eau *Claudia* (fig. 2); les autres, sur des arcades en briques d'un seul étage de 21m,50, tels que la dérivation *Neronia* de l'*Anio novus* (fig. 3) dans l'enceinte de Rome. Parfois, ils se superposaient en se rencontrant, afin de ne rien perdre de leurs niveaux respectifs (fig. 4), et cheminaient sur les mêmes arcades. Ils aboutissaient tous, sauf pour les eaux Virgo et Alsietina, près de la Porte Majeure, à laquelle conduisaient les voies Labicana et Prenestina, après avoir épuré leurs eaux par le repos dans de grands réservoirs situés en dehors de la ville. Du point d'accès dans Rome, les arcades portaient les eaux de colline en colline, de quartier en quartier; les distributions les plus élevées atteignaient 52 et 61 mètres au-dessus du niveau de la mer, et les plus basses, 42 mètres.

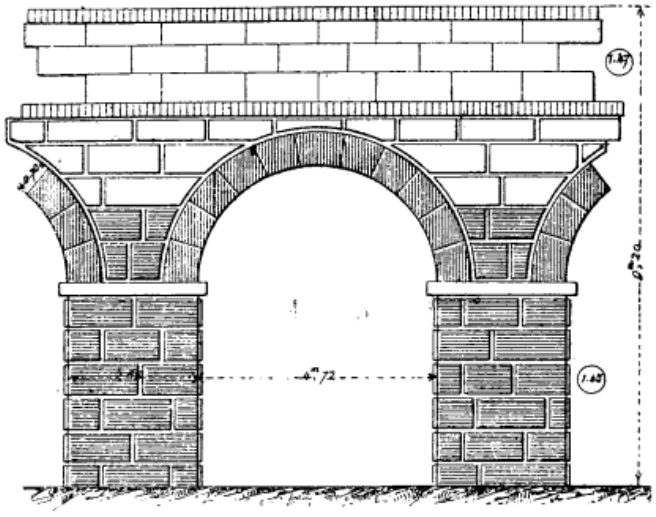


Fig. 1. — Aqueduc *Marcia*.

La longueur des aqueducs variait de 23 à 91 kilomètres; leur développement total représentait 418 kilomètres, dont plus de 364 en souterrains, 4 et demi en remblais, et 49 environ sur voûtes (2).

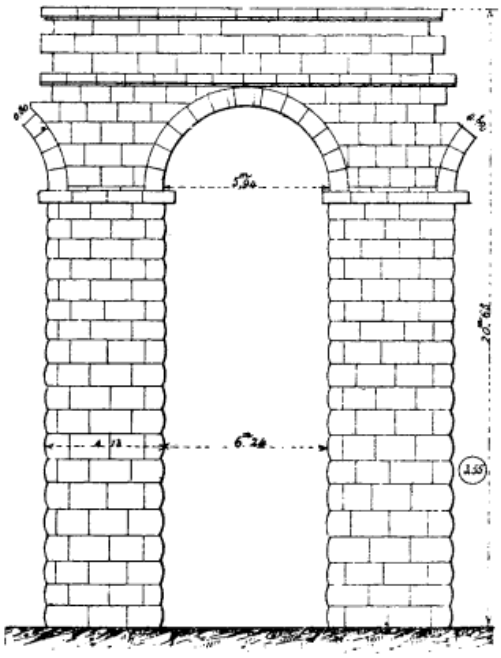


Fig. 2. — Aqueduc *Claudia*.

Frontinus (Sextus Julius), préteur, trois fois consul à Rome, puis proconsul en Bretagne où il déploya des talents militaires remarquables, nous a laissé sur les aque-

(1) De Tournon, *Etudes statistiques sur Rome*, II, pp. 215-218.

(2) *Second mémoire du Préfet de la Seine sur les Eaux de Paris*, 1858, p. 6.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ducs de la capitale, leur histoire, et la législation des eaux, un livre qu'il écrivit vers l'an 101, après avoir été nommé curateur, ou administrateur des eaux sous Nerva, sans doute dans le but de se mettre en état de mieux remplir sa charge (1).

Des neuf dérivations qui desservaient les quartiers de la ville à des niveaux différents, six appelées *Appia*, *Anio vetus*, *Marcia*, *Virgo*, *Claudia*, avaient leurs prises d'eau dans la vallée de l'Anio; deux autres, *Tepula* et *Julia*, détournaient les sources de petits affluents de la rive gauche du Tibre; enfin, la dernière sortait du lac Alsietinus sur la rive droite, au nord-ouest de Rome, et se nommait *Alsietina*.

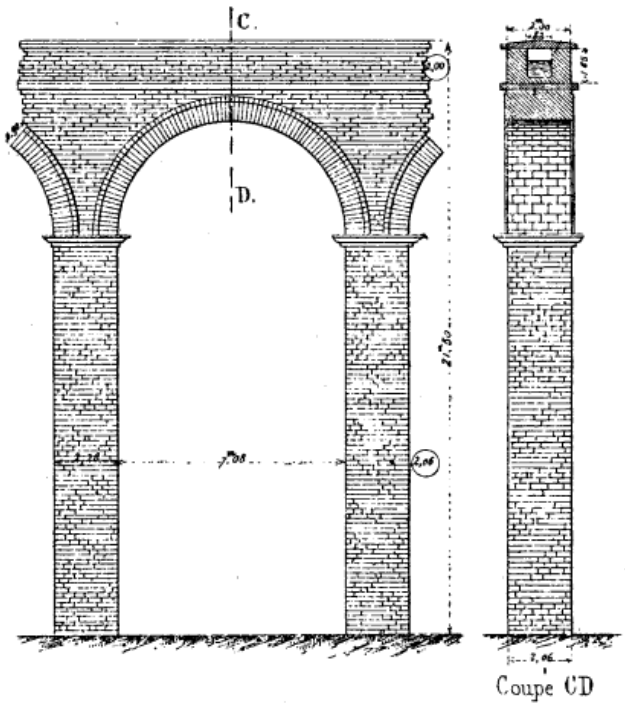


Fig. 3. — Aqueduc *Neronia*. Élévation et coupe.

En ajoutant à ces dérivations celle de l'eau *Augusta*, que l'empereur Auguste tira des sources de la voie Prenestina, pour la déverser dans l'aqueduc Marcia en cas de sécheresse, on comptait effectivement dix aqueducs du temps de Frontinus.

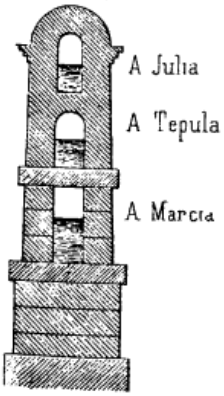


Fig. 4. — Superposition des aqueducs.

Aussi bien leur longueur, avec l'indication des parties sous terre, en substruction et sur arcades, leur système de construction, leur pente avec la hauteur moyenne de l'arrivée des eaux dans la ville, etc., que les quantités d'eau captées et amenées, le mode de distribution, les usages des diverses eaux d'après leur quantité et leur qualité, les instructions pour l'entretien des ouvrages, etc., font l'objet du *Commentaire*, et nous initient aux détails de ce splendide service hydraulique qui ne fut jamais dépassé. C'est dans Frontinus que l'on trouve les preuves de l'importance énorme attachée par les Romains à l'approvisionnement d'eaux pures et constamment limpides pour les usages domestiques,

(1) Retrouvé au commencement du xv^e^ siècle dans la Bibliothèque du Mont-Cassin, par Poggio Bracciolini, le manuscrit de Frontinus : *De aquæductibus urbis Romæ Commentarius*, fut publié d'abord en Italie, par l'érudit mathématicien Poleni, en 1722; puis, traduit en français, avec une introduction et des additions considérables, par l'architecte Jean Rondelet (1820), dont quelques interprétations du texte furent reconnues inexactes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et à la conduite de flots d'eau pour purifier l'air et entraîner les immondices dans les cloaques, de même que pour entretenir les bassins et les fontaines jaillissantes qui formaient le plus bel ornement de leur capitale.

Dans son ensemble, l'alimentation d'eau fournie par les aqueducs s'élevait, d'après Frontinus, à 24 805 *quinaires* (modules unitaires); mais les registres de distribution ne laissaient figurer qu'un débit total de 14 018 *quinaires*; c'est-à-dire que plus de 10 000 *quinaires* étaient détournés, tant par les fontainiers qui livraient les eaux à des particuliers n'y ayant pas droit, que par certains propriétaires riverains qui perçaient les canaux frauduleusement. Frontinus se donna pour mission de faire cesser ces abus; « et alors, dit-il, il y eut abondance, et les bassins reçurent deux cours d'eau, afin que si, par accident, l'un des deux était arrêté, le service ne fût pas interrompu. »

Jaugeage du quinaire. — Le seul point demeuré jusqu'à présent controversé et indécis, pour l'appréciation exacte de la portée des anciens aqueducs, est celui de la détermination mathématique du *quinaire*, c'est-à-dire du module servant d'unité de distribution.

De Prony l'a défini comme étant le produit d'un orifice circulaire de 5 quarts de doigt de diamètre, soit $0^m,023$, placé à l'extrémité d'un ajutage horizontal de 12 doigts, soit $0^m,221$. La charge d'eau sur le centre n'ayant point été énoncée par Frontinus, demeure absolument conjecturale; « mais il est extrêmement probable, ajoute-t-il, qu'elle était (comme pour l'once d'eau romaine moderne) égale à la longueur de l'ajutage », et, dans cette hypothèse, le produit du quinaire serait d'environ 0,563 litres par seconde, ou de 56 mètres cubes en vingt-quatre heures (1).

Rondelet, se basant sur la hauteur de charge des modules actuels, soit 0,2792, a estimé que le quinaire équivalait à 60 mètres cubes en vingt-quatre heures; Cavalieri di Sant Bertolo, qui fut administrateur des eaux de Rome, à 63 mètres cubes; mais l'ingénieur Rozat de Mandres, dans son résumé du *Commentaire*, maintient, d'après Rondelet, le chiffre de 60 mètres cubes, correspondant à un débit total de 1 488 300 mètres cubes en vingt-quatre heures pour tous les aqueducs (2).

C'est au premier directeur de l'aqueduc Marcia actuel, Blumenstihl, que l'on est redevable d'une méthode de jaugeage moins arbitraire. Après avoir mesuré, sur les ruines encore debout, la section des canaux, les pentes et les niveaux accusés par les incrustations, il a calculé que, pour une hauteur maxima de 1 mètre, une surface de $1^m,50$ et une pente de $0^m,46$ sur 800 mètres de longueur, la vitesse maxima, d'après la formule de Darcy, était de $0^m,987$, ou de 1 mètre environ par seconde. Le produit de cette vitesse par la surface donne.

(1) De Prony, *loc. cit.*, 439.

(2) Rozat de Mandres, *Ann. des ponts et chaussées*, 1858, 2e semestre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

comme débit maximum par seconde, 1 480 litres; c'est-à-dire que, pour subvenir au débit total de 4 690 quinaires, indiqué pour cet aqueduc par Frontinus, le quinaire correspond effectivement à $0^{lit},315$ par seconde, ou à 27216 mètres cubes en vingt-quatre heures, sous une charge de $0^{m},051$ (1).

Lanciani adopte cette jauge, à la condition qu'elle se vérifie pour les autres aqueducs existants (2).

Enfin, l'inspecteur général Belgrand, s'appuyant sur ce que le quinaire n'était pas un orifice de jaugeage, mais bien de prise d'eau, suppose que le débit devait se régler de lui-même, suivant l'abondance de l'eau, dans les réservoirs de distribution (3).

D'après les variations observées dans le jaugeage d'une des sources les plus importantes du bassin de Paris, l'Armentière, Belgrand réduit ainsi la hauteur d'eau, pour les deux aqueducs Marcia et Claudia, à $0^{m},85$; conserve le débit actuel de l'aqueduc Virgo, et, pour les autres, rétablit le calcul, en prenant pour bases les sections mouillées, « quoique trop grandes », citées par Frontinus, la pente admise par Rondelet et la largeur des cuvettes mesurées par Fabio Gori.

Le tableau suivant reproduit le débit moyen en quinaires, convertis en mètres cubes par vingt-quatre heures, dans les châteaux d'eau, tel que Belgrand l'a calculé.

NOMS DES AQUEDUCS	NOMBRE de QUINAIRES	DÉBIT MOYEN en 24 heures	
		par quinaire (mèt. cub.)	par aqueduc (mèt. cub.)
Anio vetus	4 398	61	268 000
Appia	1 825	36	65 000
Marcia	4 690	22	101 000
Giulia	1 206	41	50 000
Virgo	2 504	24	61 000
Alsietina	392	60	24 000
Claudia	4 607	22	101 000
Anio novus	4 738	60	283 000
Tepula	445	»	»

Il résulte du tableau précédent que, pour 24 360 *quinaires* mentionnés par Frontinus comme étant le débit total journalier de huit aqueducs, le volume était de 953000 mètres cubes. Quant à l'eau Tepula, qui entrait dans l'aqueduc Julia avant

(1) *Brevi Notizie sull'acqua Pia (antica Marcia)*; Roma, 1872, p. 127.
(2) Lanciani, *I Comentari di Frontino*, 361.
(3) Belgrand, *Travaux souterrains de Paris; les Eaux, Introduction*, chap. V.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'arrivée à Rome des eaux Marcia et Anio vieux, on manque des données nécessaires au calcul. Pour expliquer les portées si différentes des divers aqueducs, Belgrand fait remarquer que les ingénieurs romains ne prétendaient pas donner aux usagers par leurs ajutages (*calices*) un volume d'eau fixé *a priori*, mais un débit moyen, à l'aide d'orifices de même diamètre, percés dans les réservoirs (*castella*). D'ailleurs, les ajutages étant disposés horizontalement, suivant les règlements en vigueur, toute diminution d'eau frappait avant tous autres les orifices de plus grands diamètres (du sextaire jusqu'au vingtenaire, et au delà), et par conséquent, les plus forts consommateurs.

Quoi qu'il en soit, les 14000 quinaires d'eau (1) réellement distribués d'après les registres, et évalués par Rondelet à 840000 mètres cubes, se répartissaient comme il suit (2) :

Mètres cubes.	
243780	hors la ville.
102420	au nom de César (jardins, théâtres, palais, etc.)
230820	aux particuliers, dont les taxes s'élevaient à 250 000 sesterces environ, ou 67 500 francs.
264060	aux services publics, à savoir :

		Mètres cubes.
19	camps.	16,740
95	établissements publics	144,060
39	spectacles.	23,160
591	pièces d'eau.	80,100

Une autre statistique (3) indique l'existence, au siècle de l'empereur Auguste, de

130	châteaux d'eau (*dividicula* ; plus tard *castella*).
700	bassins (*lacus*) et piscines (*piscinæ*).
1352	fontaines des rues.
500	fontaines jaillissantes.
12	nymphées, en plus des bains publics et privés.

Population. — Si le débit total des aqueducs demeure encore incertain à ce jour, à moins d'adopter l'évaluation de Belgrand comme définitive, le chiffre exact de la population de la ville de Rome à l'époque impériale ne l'est pas moins. Le nombre et la différence des modes d'interprétation, appliqués aux recensements qui ont eu lieu depuis l'an 186 de la fondation de Rome jusqu'à l'an 822, n'ont fait que contribuer à la confusion des statisticiens, en présence des renseignements incomplets fournis par la tradition, les fastes consulaires et les récits des historiens.

(1) Marchetti, *Sulle acque di Roma*, 1887, p. 64.
(2) Rozat de Mandres, *loc. cit.*
(3) Pierer, *Konversations Lexikon*, 1892, X, 1461.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Denys d'Halicarnasse, contemporain d'Auguste, dit, il est vrai :

« Toutes les régions qui environnent la ville sont habitées. Si quelqu'un prétend se rendre compte de la grandeur de Rome, il se méprendra, ne pouvant reconnaître à aucun indice assuré où la ville finit et où elle commence. Les faubourgs adhèrent, tellement annexés qu'ils donnent à ceux qui les parcourent l'idée d'une ville étendue jusqu'à l'infini. »

Pline, en moraliste sévère, observe que *exspatiantia tecta multas addidere urbes* (1).

« La ville descend (écrivait, sous les Antonins, le rhéteur touriste Aristide de Smyrne) et se prolonge jusqu'à la mer, marché commun et magasin de toutes les productions terrestres. Si vaste est cette Rome, qu'en quelque endroit que l'on s'arrête, rien n'empêche de se croire au milieu de la ville (2). »

Cassiodore, ministre et conseiller du roi Théodoric au VI^e^ siècle, ne craint pas de donner comme chiffre de la population, deux siècles auparavant, 5 880 000 habitants, alors que, sous l'Empereur Claude, il aurait été de 6 944 000 *citoyens.* Parlant des aqueducs, « sources de la santé, du bien-être et de la vie à Rome », il ajoute :

« Ils ne sont pas moins remarquables par leur admirable structure que par la salubrité de leurs eaux. Les fleuves qui coulent sur ces montagnes artificielles semblent avoir un lit creusé naturellement dans les plus durs rochers, puisqu'il résiste depuis tant de siècles à l'impétuosité du courant. Les flancs des monts s'écroulent; le lit des torrents s'efface; mais les ouvrages de nos anciens ne périront pas, tant qu'un peu d'industrie et de vigilance sera employé à leur conservation (3). »

Pour contrôler ces assertions enthousiastes des écrivains du Bas Empire, il n'est plus resté, à défaut d'historiens, que des chroniqueurs sur la topographie édilitaire de Rome, tels que Sextus Rufus, très incomplet, Publius Victor, auteur de l'*Epilogue*, et l'auteur anonyme de la *Notice de l'Empire* (4); ces documents sont plus ou moins sujets à caution au point de vue de l'authenticité et de la véracité.

Aussi, n'est-il guère surprenant que certains auteurs, bien des siècles plus tard, aient hasardé des conjectures invraisemblables : de 6 à 7 millions, suivant Lipsius, de 14 millions, selon Vossius (5), tandis que Paul Manuce (6) et Onuphre Panvinio (7) réduisent à moins d'un million le chiffre d'habitants compris dans Rome.

L'érudition moderne, malgré ses patientes recherches, n'a pas abouti à des

(1) Pline, *Hist. nat.*, lib. III.
(2) Francis Wey, *Rome ; description et souvenirs*, 1879, p. 410.
(3) Cassiod. *Varior.*, VII, 6.
(4) *Curiosum : Notitia dignitatum utriusque imperii.*
(5) Vossius, *De magnitudine Romæ veteris* (1567-1647), cap. VI.
(6) P. Manutii, *De civitate Romana*, 1585.
(7) O. Panvinius, *Antiq. urbis imago*, 1558.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

résultats plus concordants. Ainsi, l'historien anglais Gibbon évalue la population à 1 200 000 âmes (1); Moreau de Jonnès admet ce même chiffre (2), et Desobry l'augmente de 100 000, soit à 1 300 000, en y comprenant les habitants des faubourgs, au commencement de notre ère (3).

D'autre part, Dureau de la Malle, discutant la question avec le plus grand soin, conclut à une population de 562 000 personnes seulement, soldats sédentaires et étrangers inclus (4), et de Tournon, à une population de 400 000 âmes, dont 270 à 300 000 dans l'ancienne ville (*urbs* ou *pomœrium*), et le reste dans les faubourgs (5). Enfin, dans son remarquable ouvrage sur les *Édifices de Rome* (1840-1855), l'architecte Letarouilly augmente l'évaluation jusqu'à 820 000 sous Aurélien, à la suite des calculs qu'il base sur l'aire de la cité impériale (1 396 hectares avec un périmètre muraillé de 18 800 mètres), sur le nombre des habitations et les distributions annonaires (6).

Le Docteur P. Castiglioni, dans la Monographie publiée à l'occasion de l'Exposition universelle de 1878 par la Direction générale de la statistique au Ministère de l'Intérieur (7), a traité à fond le sujet si débattu de la population de Rome, depuis l'âge le plus reculé jusques de nos temps. De ce travail minutieux, ordonné, dont l'auteur s'est laissé guider uniquement par l'esprit de critique le plus rigoureux, il résulte, qu'en l'an 270 de notre ère, sous le 32e empereur, Aurélien Claude, le nombre des censitaires, soit 400 000, contrôlé par les écrivains ecclésiastiques, correspondait à une population de 1 169 400 habitants, non compris les personnes de passage, et se répartissait de la manière suivante :

Censitaires (hommes, femmes et enfants libres)	400000
Non censitaires, mais également reconnus libres	519400
Étrangers et esclaves domiciliés, mais non reconnus libres. . .	250 000
Total.	1169400

Ce chiffre est inférieur à celui de 1 337 000, résultant du dénombrement opéré sous Auguste, en l'an 725 de Rome, par le censeur Vipsanius Agrippa, avec 450 000 censitaires. Aussi, n'est-ce pas parce que la population s'était doublée, mais bien pour des raisons d'édilité et surtout de défense, qu'Aurélien avait agrandi l'enceinte, en doublant son périmètre.

Les anciens aqueducs, pour une portée totale de 1 488 000 mètres cubes,

(1) Gibbon, *Décad. de l'Emp. Rom.*, VI, 43.
(2) Moreau de Jonnès, *Statistique des peuples anciens*, 117.
(3) Desobry, *Rome au siècle d'Auguste*, III, 176.
(4) Dureau de la Malle, *Économie politique des Romains*, I, 403.
(5) De Tournon, *loc. cit.*, I, 268.
(6) Letarouilly, *Les Édifices de Rome*, p. 117.
(7) Castiglioni, *Della popolazione di Roma dalle origini ai nostri tempi* (*Monografia della città di Roma*, 1878, II, 317).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

suivant les estimations généralement admises, fournissaient ainsi aux habitants de la ville, 1240 litres par tête dans l'hypothèse de la population la plus considérable, 1815 litres selon l'estimation moyenne, et 2648 litres dans la supputation la plus restreinte (1).

Eaux des thermes. — Depuis Trajan toutefois, le débit des eaux avait été notablement accru par les empereurs désireux d'affirmer leur puissance ou d'augmenter leur popularité, en prodiguant les eaux pour les objets de réjouissance

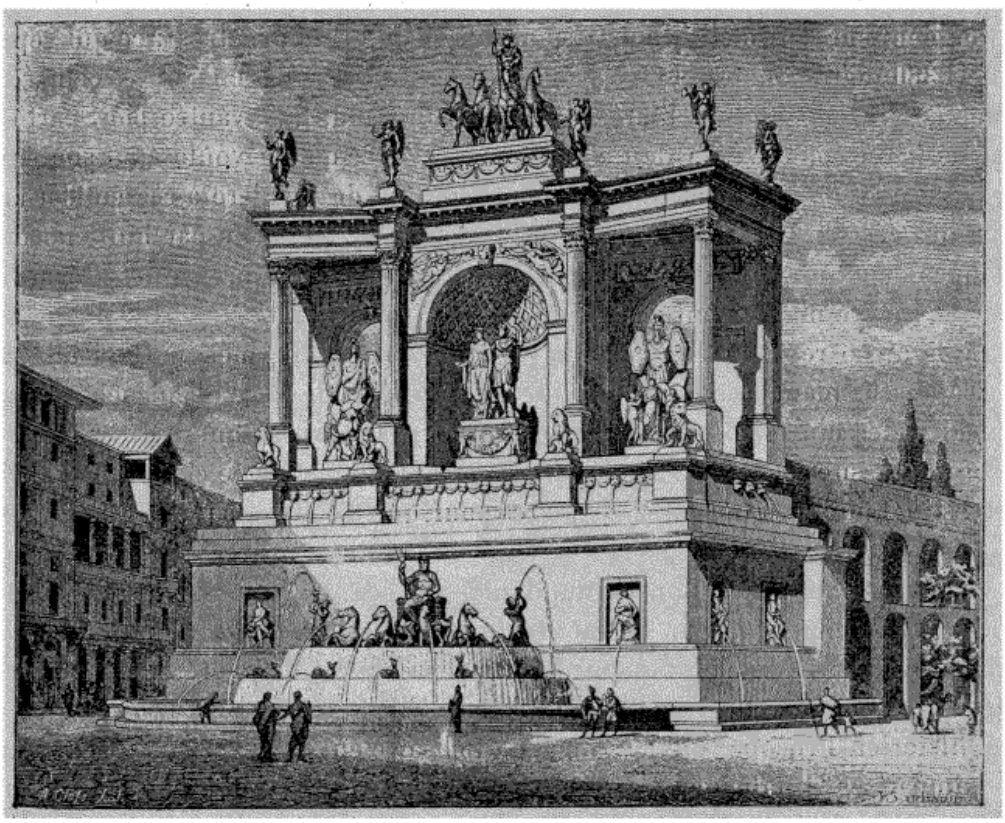


Fig. 5. — Fontaine des Thermes d'Alexandre Sévère.

publique. C'est ainsi que Trajan lui-même construisit l'aqueduc qui porte son nom (109-110 après J.-C.) afin de desservir, sur la rive droite du Tibre, la région du Transtévère, qu'Auguste avait dotée de l'eau peu salubre, *Alsietina*, dérivée du lac Martignano. Alexandre Sévère, à son tour (222-225), établit l'aqueduc qui amenait l'eau Alexandrine. La fontaine à laquelle il aboutissait dans le Champ de Mars était (fig. 5) un des plus beaux ornements des thermes qu'il bâtit pour remplacer ceux de Néron, comme annexes des thermes d'Agrippa (superficie 31 350 mètres).

(1) *Second mémoire sur les Eaux de Paris, loc. cit.*, p. 8.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Encore faut-il mentionner les eaux conduites pour alimenter les thermes prodigieux, où abondaient les marbres les plus rares, le granit, le porphyre et les plus belles statues, les uns élevés par Caracalla (211-217) au pied de l'Aventin, vers le Célius, les autres par Dioclétien à l'ouest (284-305), et, par Constantin, à l'est du Quirinal (323-337).

Les thermes de Caracalla (*Thermæ Antonianæ*) pour lesquels l'empereur fit dériver des sources spéciales, pouvaient accommoder 16 000 baigneurs. Le plan du quadrilatère comprenant un édifice central à deux étages, mesurait 350 mètres de longueur sur 340 mètres de largeur (superficie 119 000 mètres); ce qui représente 1 380 mètres de tour (1). Parmi les salles immenses de l'édifice, celle consacrée au *frigidarium*, ou lieu destiné au bain froid, tant vantée par Spartien, était désignée sous le nom de *Cella solearis*, « parce que la voûte était soutenue par des barres de cuivre et de bronze entrelacées, de manière à ressembler aux courroies des sandales ». La voûte était supportée, en outre, par huit énormes colonnes de granit dont une, transportée au XVI^e^ siècle à Florence par Cosme de Médicis, s'élève maintenant devant le pont de Santa-Trinità.

La figure 6 reproduit l'aspect du *frigidarium* des thermes de Caracalla (2).

D'après le plan dressé par Serlio, des Thermes de Dioclétien, achevés par Maximien, les dimensions étaient encore plus grandes : 370 mètres sur 340 mètres, soit une superficie de 125 800 mètres, ou 1 420 mètres de circuit. Olympiodore estime qu'il y avait assez de places pour que 3 200 personnes puissent s'y baigner.

Quant aux thermes de Constantin, dont les ruines plus récemment découvertes sont trop incomplètes pour permettre de fixer les proportions exactement, ils auraient surpassé comme grandeur et magnificence les deux précédents, d'après le témoignage de Sextus Aurelius (3).

L'historien Procope, qui accompagna Bélisaire en qualité de secrétaire dans ses campagnes d'Italie contre les Goths, et assista à la défense comme aux prises de Rome (535-547), parle de 14 aqueducs en service, alimentant 845 bains publics et privés, 1 352 fontaines et bassins, 15 nymphées, 6 naumachies, etc. (4). La *Notice de l'Empire* en signale 19, et Publius Victor, dans son *Epilogue*, de 20 à 24. Il est plus que probable qu'en dehors des dérivations particulières telles

(1) Rondelet, dans l'*Art de bâtir*, pl. 83, indique des dimensions plus réduites, qui ont été, rectifiées sur le plan de Rome (Note de Lombardini, *Guida allo studio dell' Idraulica*, 1870, p. 186). — Nibby indique 1348 mètres de tour, et pour l'édifice central, 221^m^,40 × 144^m^,25 (*Itinéraire de Rome*, 1895, p. 250).

(2) Cette figure 6, de même que la figure précédente, toutes deux extraites de l'Atlas d'architecture. (Pierer *Konversations Lexikon*, t. I), doit être considérée comme un essai de reconstitution des monuments d'après les données architectoniques qui nous ont été léguées.

(3) Nardini, *Roma antica*, II, 82.

(4) *Acad. roy. des Inscr. et Belles-Lettres*, XVI, 120.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

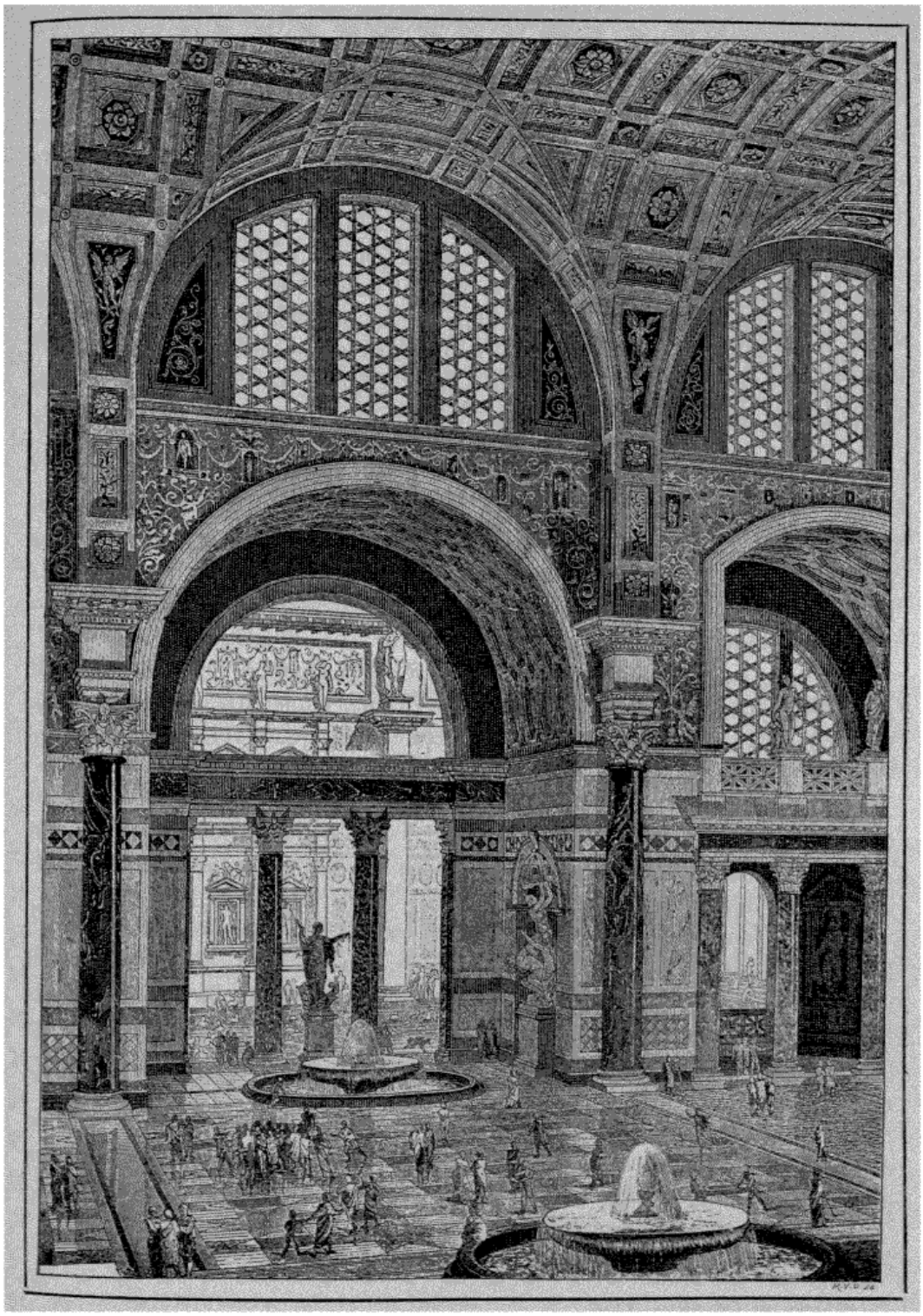


Fig. 6. — Les Thermes de Caracalla. Salle du *Frigidarium*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

que *Neronia, Curtia, Septimiana, Aurelia*, etc., des siècles antérieurs, des sources nouvelles que l'on a cru pouvoir désigner sous les noms de *Ciminia, Cabra* et *Algenziana*, approvisionnaient des branchements d'aqueducs; ou bien, leurs eaux se confondaient dans les mêmes canaux. Depuis Frontinus, l'eau *Augusta* avait été, en effet, ainsi branchée sur l'aqueduc *Appia*; l'eau *Ottaviana* sur celui de l'*Anio vetus*, et l'eau *Antoniana* sur l'aqueduc Marcia (1).

Quoi qu'il en soit, si l'on admet avec l'ingénieur Lombardini que les cinq aqueducs supplémentaires de Procope eussent une portée égale à un tiers seulement de celle des neuf anciens, on obtient, comme débit total des quatorze dérivations, 2 100 000 mètres cubes par jour, ou 23 mètres cubes par seconde (2); soit, pour une population évaluée par Castiglioni à 1 169 400 habitants, 1 800 litres environ par tête, en vingt-quatre heures.

2. — Rome après l'Empire.

Après que Constantin eut décidé la translation de la résidence impériale à Byzance, en 330, Rome n'eut plus qu'une importance secondaire. Non seulement rien de nouveau n'y fut créé, mais l'œuvre de destruction allait commencer pour durer près d'un millier d'années.

Saccagée successivement par Alaric, roi des Visigoths (409); par Genséric roi des Vandales (455); par Ricimer, au service des empereurs d'Occident (472), Rome finit par être déshéritée de son rang de capitale quand Odoacre, renversant l'Empire, fixa sa résidence, comme roi d'Italie, à Ravenne (476).

Théodoric, roi des Ostrogoths, ayant défait les armées d'Odoacre sur l'Isonzo, à Vérone et sur l'Adda (489-490), réussit à s'emparer de Rome après deux années de siège. Sous son administration éclairée, les aqueducs furent, pour la dernière fois, l'objet d'un entretien régulier.

Après la mort de Théodoric, Bélisaire chassa les Goths de Rome que Vitigès, leur roi, assiégea à son tour pendant près de deux ans (538); Totila la reprit et la livra au pillage (546); Bélisaire l'occupa de nouveau; Totila y rentra (549); Narsès, autre général de l'empereur Justinien, la lui enleva, et, dès lors, les Goths furent définitivement repoussés du territoire (552). Deux aqueducs seulement restaient en service, ceux des eaux Trajane et Vierge.

Cependant Rome, gouvernée comme chef-lieu d'un duché relevant de l'exarque de Ravenne, n'était pas au bout des épreuves dont l'historique, jusqu'au temps de Charlemagne, demeure enveloppé dans la plus grande obscurité.

Pour faire cesser les exactions des lieutenants impériaux et défendre la ville contre les invasions des Lombards, les Pontifes lui accordèrent leur patronage,

1) Lanciani, *loc. cit.*, p. 185.
2) Lombardini, *Guida allo studio dell' Idraulica*, *loc. cit.*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

si bien que peuple et Sénat, secouant le joug tyrannique de l'empire, se donnèrent au pape Grégoire II, en l'an 730.

La soumission aux pontifes ne devait pas empêcher le cruel siège de Rome par Astolphe, roi des Lombards (755), ni les sévices des Sarrasins dévastant la campagne jusque sous les murs, ni les horreurs des dissensions civiles, excitées au xe siècle par les convoitises des grandes familles romaines ou italiennes, les Crescentius, les comtes de Tusculum, les Orsini et les Colonna, Guelfes et Gibelins, alliés ou ennemis des papes et des Allemands, de la république ou de la tyrannie; ni enfin, le siège mis par l'empereur Henri IV en 1081. Accourues au secours de la malheureuse cité, les troupes du duc normand, Robert Guiscard, y allumaient un incendie qui causa les plus horribles ravages qu'elle eût jamais soufferts.

Tant est, après un nouveau siège subi en 1167; après la prise de la ville par les troupes de l'empereur Frédéric Ier Barberousse et le triomphe du pape Alexandre III, acclamé par les villes lombardes comme défenseur des libertés italiennes, que la population de Rome, sous le pape Innocent III, en 1198, comptait seulement 47 000 habitants. Lorsque, au xive siècle, après soixante-dix ans d'exil de la papauté à Avignon, Grégoire IX replaça le siège pontifical à Rome, il n'y trouva que 35 000 habitants (1).

L'aire bâtie de la cité impériale, couvrant plus d'un millier d'hectares, avec ses 47 000 édifices, palais, villas, maisons, forums et jardins, s'était réduite à quelques centaines d'hectares, qu'occupaient des habitations en ruine et des masures malsaines.

L'*Agro Romano*, naguère couvert de riantes et fertiles campagnes, abandonné depuis le départ des esclaves pour l'Orient, n'offrait plus que le spectacle désolant d'une lande déserte et pestilentielle (2).

« Les aqueducs dont on suivait de l'œil, alors comme aujourd'hui, les longues lignes brisées par la barbarie, donnaient aux larges ondulations de la campagne romaine, par leurs nobles débris, à côté des tombeaux, cet aspect sérieux, ce caractère grave et mélancolique qui remplit le désert d'une poésie, charme des esprits méditatifs (3) (fig. 7). »

Moyen âge. — Si les aqueducs des eaux Virgo et Trajane avaient été épargnés, c'est qu'ils étaient en grande partie enfouis dans le sol; mais, faute d'entretien, leur portée était devenue à peu près nulle.

(1) Ce fut seulement sous Léon X, grâce aux efforts de ce zélé pontife, que la population, portée de 40000 en 1513, à 60 000 en 1523, reprit son mouvement ascensionnel jusqu'à atteindre en 1870 le chiffre de 226 000 habitants.

(2) Castiglioni, *loc. cit.*, p. 341.

(3) De Tournon, *loc. cit.*, II, 219.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le pape Adrien Ier (786) entreprit la restauration du premier de ces aqueducs et la fontaine de Trevi (*fons Trivii*) à laquelle il aboutissait, laissa de nouveau couler l'eau en abondance (1). En 795, le pape Léon III fit réparer le second avec non moins de succès.

Malgré cela, pendant tout le moyen âge, les habitants furent obligés, pour la

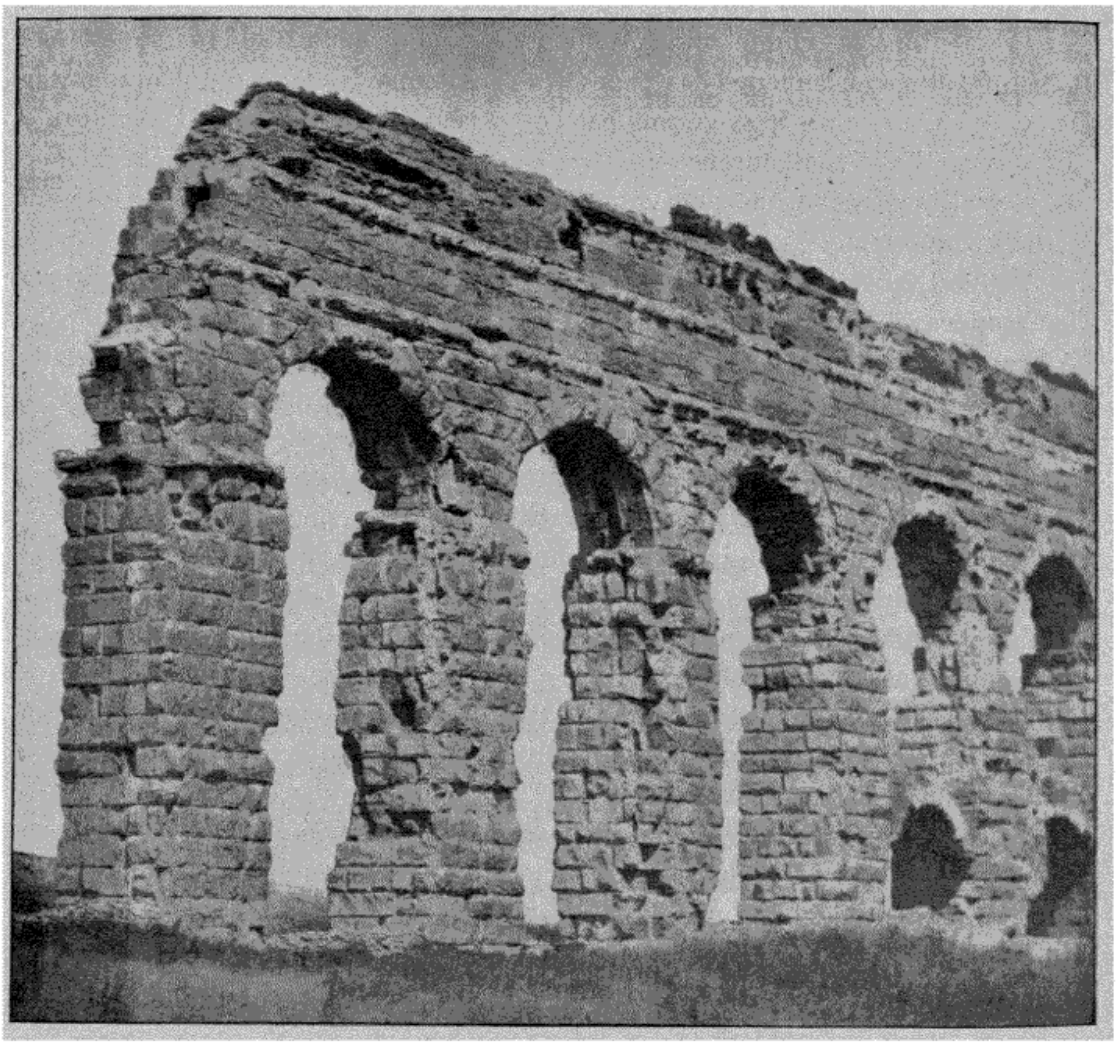


Fig. 7. — Ruines de l'aqueduc de Claude, le long de la voie Appienne.

plupart, comme au temps des rois, de s'approvisionner en puisant l'eau aux puits, aux sources locales et dans le Tibre. L'eau se débitait à domicile dans des tonneaux transportés à dos d'âne. Le célèbre tribun, devenu maître de Rome (1347), Cola di Rienzi, était fils d'un porteur d'eau, et lorsque l'hôpital Saint-Jean, fondé

(1) « *Et tantam abundantiam aquarum effudit, ut pene totam civitatem satiavit.* » (Fea, *Storia delle acque*, § 47.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

avec les deniers de la corporation, célébrait la fête de son anniversaire, on portait en procession une bannière sur laquelle figurait l'âne chargé de ses tonneaux.

3. — Rome moderne.

EAU VIERGE

L'eau Vierge actuelle est-elle la même que celle conduite en l'an 732 par les soins du curateur Marc Agrippa, qui avait déjà doté Rome de l'eau Julia? La tradition attribue son nom à l'indication des sources donnée aux soldats par une jeune fille. Ces sources sourdaient au huitième mille de la voie Collatine, au milieu d'un marais situé à gauche du ruisseau du mont di Nona, près de Salone, à une altitude de 24 mètres.

Ancien aqueduc. — L'aqueduc construit par Agrippa mesurait 14 105 pas (21 kilom.), dont 12 865 (19 114 mèt.) sous terre, et seulement 1 240 (1 856 mèt.) au-dessus du sol. Son tracé le faisait passer près du pont Nomentana, et traverser les voies Nomentana et Salaria jusqu'au mont Pincio. Jaugée au septième mille, la portée était, selon Frontinus, de 2 504 quinaires; la cote d'accès dans Rome était à 18^{m},46 au-dessus du niveau de la mer.

Des pentes moyennes, de 1^{m},520 à 2^{m},278, bien supérieures à celle de 0^{m},005 par mètre que Vitruve recommande, assuraient à la conduite son débit considérable, avec une vitesse très grande (1).

Les arcades, au nombre de 700, étaient ornées de 400 colonnes et de 300 statues.

Les eaux étaient souvent troubles ou limoneuses; c'est d'elles que Pline dit : *Quantum Virgo tactu, tantum præstat Marcia haustu* (2). Aussi, quand elles n'étaient pas employées pour les bains, étaient-elles épurées soigneusement dans des bassins. La *piscina limaria* de l'eau Vierge, retrouvée sur le mont Pincio, atteste avec quelles précautions les Romains clarifiaient les eaux destinées aux usages domestiques. Elle comprenait quatre chambres voûtées, superposées deux à deux (fig. 8). L'eau pénétrait dans l'une des chambres supérieures, descendait par des regards dans la chambre inférieure correspondante, passait par des regards dans la quatrième chambre au-dessus, d'où elle s'écoulait dans le réservoir de distribution.

Dans ces quatre changements de direction à angle droit, sous l'influence d'une très faible vitesse, les limons se déposaient et pouvaient être rejetés dans les égouts, au moyen de chasses par des orifices pratiqués dans les murs inférieurs (3).

(1) Alfred Léger, *les Travaux publics aux temps des Romains*, 1875, p. 564.
(2) Pline, *Hist. nat.*, XXXIV, 25.
(3) A. Léger, *loc. cit.*, p. 587.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les murs de la piscine étaient en béton; les radiers dallés offraient des contre-pentes pour amener les limons aux orifices de nettoyage.

Aqueduc restauré. — Réparé par ordre du pape Adrien Ier en 786 et entretenu par les magistrats des pontifes jusqu'au xie siècle, l'aqueduc Virgo passa aux mains du peuple romain, qui avait fini par avoir, au Capitole, un sénat et une représentation communale indépendante des pontifes. D'ailleurs « le peuple n'avait jamais cessé d'être une puissance, par la part qu'il prenait dans l'élection des pontifes, et par le *veto* qu'il opposait souvent au couronnement des Empereurs » (1). Le nouveau statut qu'il s'octroya vers l'an 1363 lui donna le droit de désigner les commissaires chargés de l'administration de l'eau du Trivio, comme on l'appelait. Ces commissaires étaient tenus de rendre compte annuellement de leur gestion; mais les ressources de la commune et les recettes des usagers ne tardèrent pas à être insuffisantes *ad actandum et reparandum* l'aqueduc Aussi, le pape Nicolas V (1453) dut-il le faire réparer à ses frais (2), et comme les travaux avaient été probablement fort incomplets, vingt ans plus tard, Sixte IV (1471-1484) entreprit la reconstruction de la section comprise entre le mont Pincio et le château d'eau en ville.

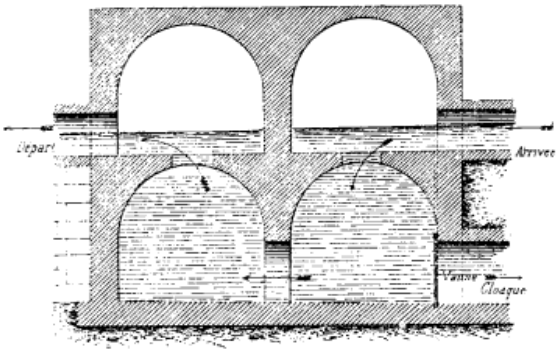


Fig. 8. — Piscine d'épuration des eaux de l'ancien aqueduc *Virgo*.

Quoique le pape Léon X (1513) eût rendu à la commune le droit de percevoir les taxes sur le vin, pour l'entretien des édifices, de l'enceinte, des aqueducs, etc., l'eau de Trevi vint à manquer totalement en 1559.

Il fallut que Pie V, après une délibération de la curie du Capitole sur les voies et moyens à employer pour restaurer l'aqueduc à partir des sources, nommât, par un *motu proprio* (19 septembre 1570), une commission spéciale formée de deux cardinaux, de deux conservateurs de la commune et de trois nobles élus par le peuple, pour la direction des travaux et la gestion des eaux publiques. (Voir la carte, fig. 23, pour le tracé.)

Dès lors, les travaux étant exécutés, les titres des anciens usagers furent revisés et la distribution devint plus régulière.

Pour une longueur d'environ 16 kilomètres., une section de $1^{m},20$ de largeur, une pente très faible de $0^{m},0005$, l'aqueduc débitait à la cote de $22^{m},40$, suivant un ancien jaugeage de l'ingénieur Vici, environ 66 000 mètres cubes en vingt-

(1) Cibrario, *Économie politique du moyen âge*, I, p. 52.

(2) « *Ductum aquæ Virginis vetustate collapsum sua impensa in splendidiorem cultum restituit ornarique mandavit Nicolaus.* »

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

quatre heures. Or, la comparaison de ces dimensions avec celles de l'aqueduc romain fait ressortir des différences considérables, qui ne peuvent s'expliquer que par une moindre longueur, pour atteindre des sources évidemment plus rapprochées et moins abondantes (1).

Fontaines. — Sous le pontificat de Grégoire XIII (1572-1585), la distribution de l'eau Trevi reçut un grand développement, grâce à l'établissement de nombreuses fontaines publiques sur les places du Peuple, Colonna, du Panthéon, des Tortues, de la Scrofa, de Sainte Marie in Lata, etc. (figures 9 à 12) (2).

Les fontaines de la place Navona (fig. 13), embellies plus tard par les papes Clément XI et Innocent XI, et celles des places Campo Fiori et Farnese, des rues Borghese, Ripetta, etc., datent de la même époque (3).

(1) Rozat de Mandres, *loc. cit.*

(2) Figure 9. *Fontaine de la place du Peuple.* — Au centre de cette place grandiose, se dresse l'obélisque de 24 mètres de hauteur, qu'Auguste fit transporter à Rome après la bataille d'Actium. Ce monolithe de Ramsès III est porté par un piédestal sur un large soubassement quadrangulaire que l'on gravit par des degrés. Les angles sont décorés de quatre lions égyptiens en marbre blanc, qui versent l'eau par la gueule dans les vasques inférieures.

A l'ouest et à l'est, la place est bornée par des murs en hémicycle, auxquels s'adossent des fontaines dont l'une a pour sujet Neptune entre deux Tritons, et l'autre, au bas du Pincio, que montre la figure, Rome entre le Tibre et l'Anio.

Figure 10. *Fontaine de la place de la Rotonde.* — C'est sur la place même du Panthéon d'Agrippa que s'élève la grande fontaine construite sur les plans du Milanais Honorius Longhi : elle fut surmontée, par ordre de Clément XI, du sommet d'un obélisque de granit, ornant jadis les temples d'Isis et de Sérapis, découvert dans les fouilles que Paul V fit exécuter dans la place de la Minerva.

Figure 11. *Fontaine aux Tortues.* — Érigée en 1585, par ordre de Mutio Mattei, sur la place devant son palais, cette fontaine, due à Giacomo della Porta, consiste en deux vasques, dont celle du haut est supportée par un groupe de quatre jeunes Tritons en bronze accroupis, les pieds posés sur la tête de quatre dauphins; œuvre de l'artiste florentin Taddeo Landini. Les divinités aquatiques poussent des tortues dans le bassin supérieur d'où l'eau ruisselle. La clarté de la composition, le gracieux mouvement des adolescents, tout est animé, étrange, charmant (Fr. Wey, *loc. cit.*, p. 368). C'est la plus gracieuse fontaine de Rome : Raphaël passe pour en avoir donné le plan.

Figure 12. Entre l'église de Sainte-Marie in Cosmedin et le petit temple du Soleil ou de Vesta, sur l'emplacement de l'ancien Forum Boarium, se dresse la petite et gracieuse fontaine de la place *Bocca della Verita.* Clément XI la fit exécuter sur les dessins de Bizzacheri; elle comprend un bassin au milieu duquel un rocher supporte deux sirènes nues, tenant une grande coquille d'où s'élance un jet d'eau perpendiculaire.

(3) Figure 13. *Fontaines de la place Navone.* — Bâtie sur l'emplacement de l'ancien cirque Agonal d'Alexandre Sévère, la place Navone est une des plus vastes et des plus belles de Rome. Des trois fontaines qui la décorent, celle du centre, que représente la figure, exécutée sur les plans de Bernin, est formée d'un grand bassin circulaire en marbre pentélique ancien, de 24 mètres de diamètre, au milieu duquel surgit un rocher de 13m,50 de hauteur, percé à jour de quatre côtés, et formant comme une caverne d'où s'élancent un cheval marin et un lion ailé qui vont piaffer et lamper dans le bassin. Sur le rocher, où le ciseau a fait pousser du lierre, des bardanes et des lotus, se dresse un piédestal portant un obélisque de granit rouge, couvert d'hiéroglyphes, provenant du cirque de Maxence; il a 5m,10 de hauteur. Aux quatre angles du rocher, sont assises des statues colossales : les divinités des quatre principaux fleuves du

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

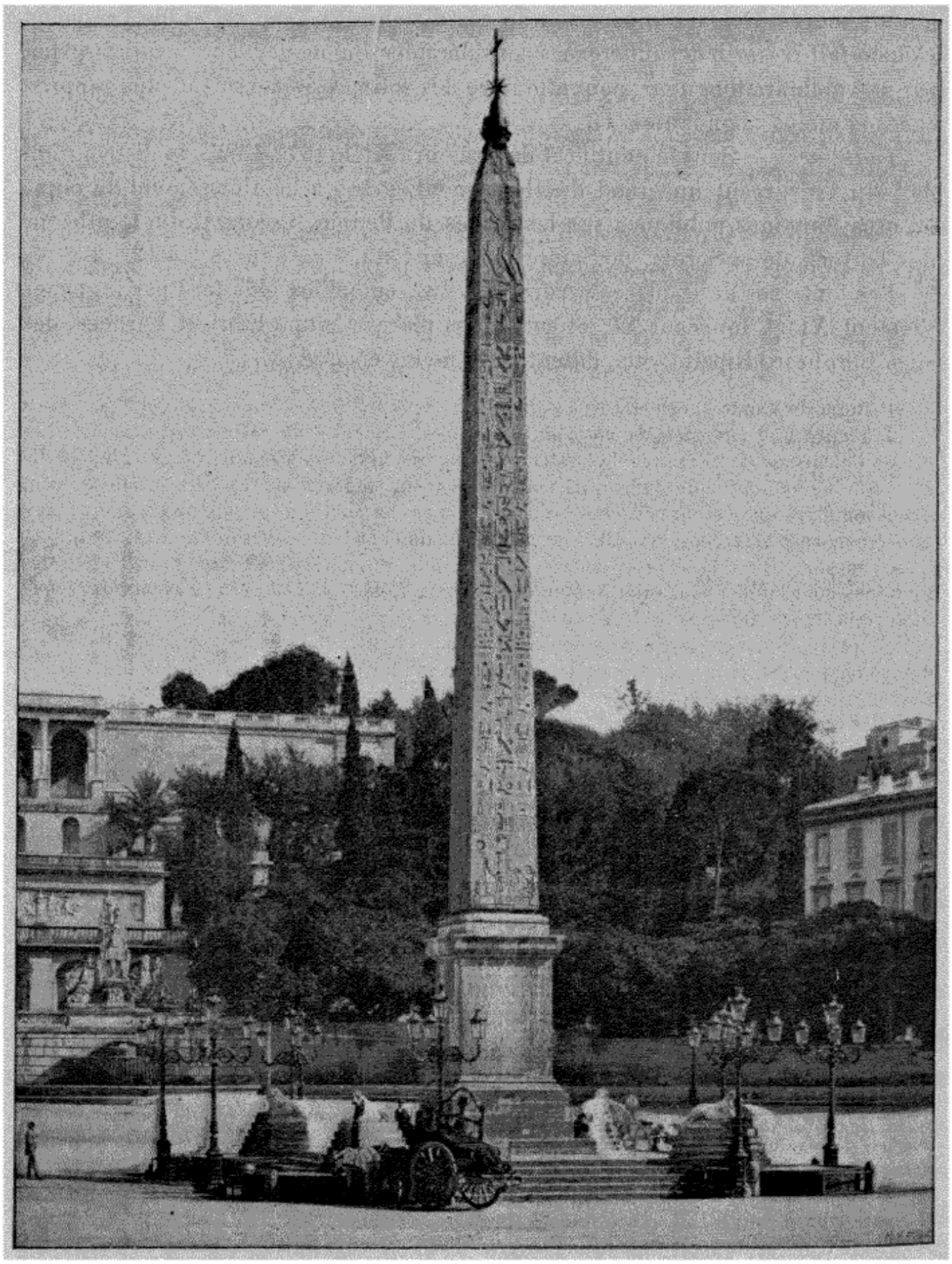


Fig. 9. — Fontaine monumentale de la *Place du Peuple*, et vue de la terrasse du Pincio.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Arrivant à Rome sous la villa Médicis (occupée par l'Académie de France

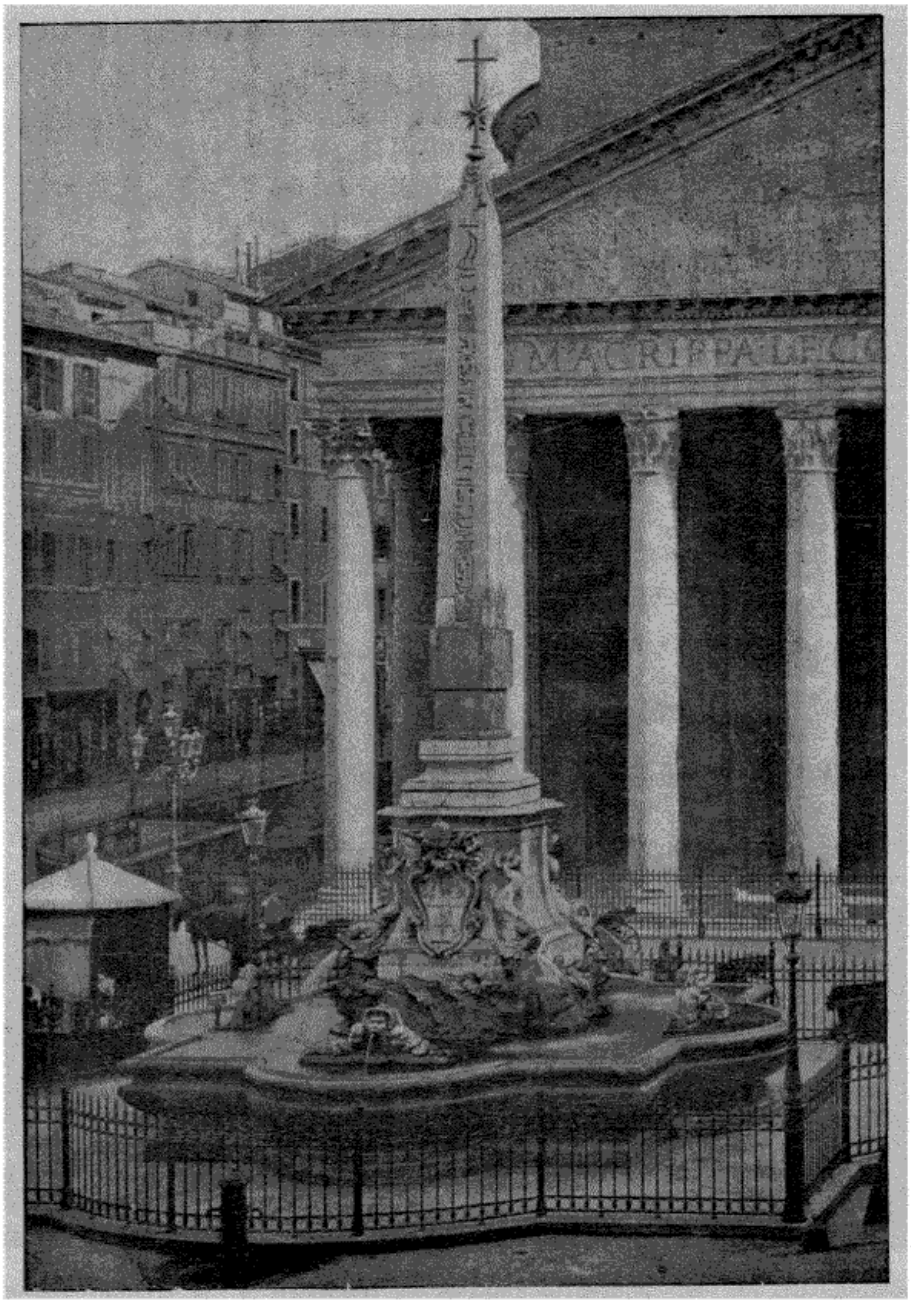


Fig. 10. — Fontaine monumentale de la place *Rotonda*, en face du Panthéon d'Agrippa.

actuellement), l'eau Vierge se divise en trois bras, dont le principal débouche

monde : le Gange, le Nil, la Plata et le Danube. Huit trombes d'eau jaillissent au-dessous d'elles pour tomber dans l'immense vasque.

Des deux autres fontaines, l'une, au nord de la place, représente Neptune entouré de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sur la place d'Espagne, où il alimente une fontaine, la *Barcaccia*, qui a la forme

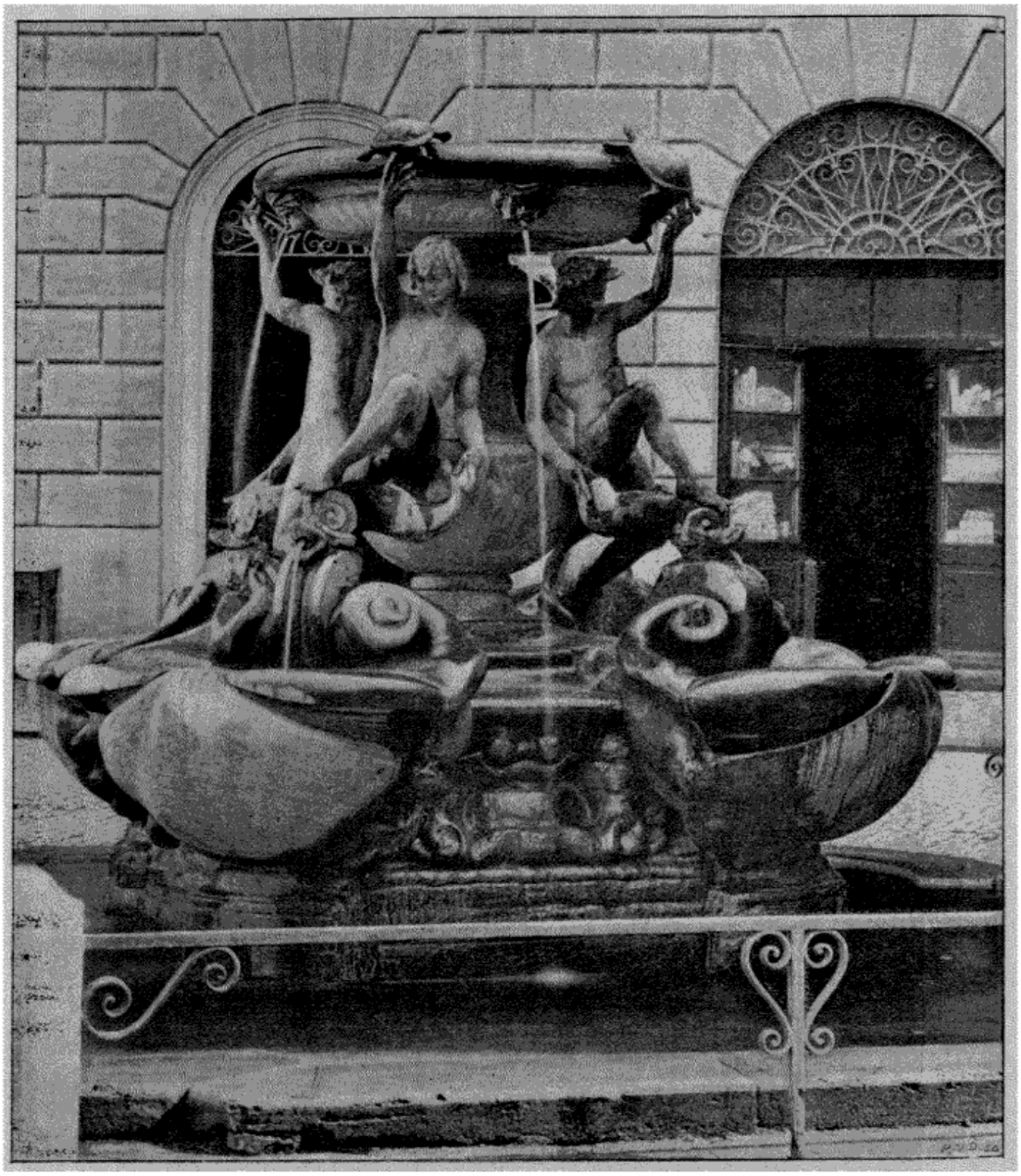


Fig. 11. — Fontaine aux Tortues.

d'un bateau, et d'où part la conduite spéciale (*via dei Condotti*) affectée au service de la fontaine monumentale de Trévi.

Néréides et de chevaux marins luttant avec un monstre de l'Océan; et l'autre, au sud, consiste en deux grands bassins superposés. Au bord du bassin supérieur, quatre Tritons soufflent dans leurs conques et jettent l'eau en même temps que quatre mascarons intercalés,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Cette fontaine (fig. 14), que Clément XII, d'après les dessins de Nicolas Salvi, fit adosser à l'un des côtés du palais Poli, est un des édifices les plus somptueux de Rome moderne. La grande niche en forme d'arc, au centre de l'avant-corps, abrite la statue colossale de l'Océan, qui, sur un char en coquille, tiré par des chevaux marins que guident des tritons, surmonte le torrent impétueux de l'eau tombant par trois fois, de conque en conque, dans l'immense bassin inférieur (1).

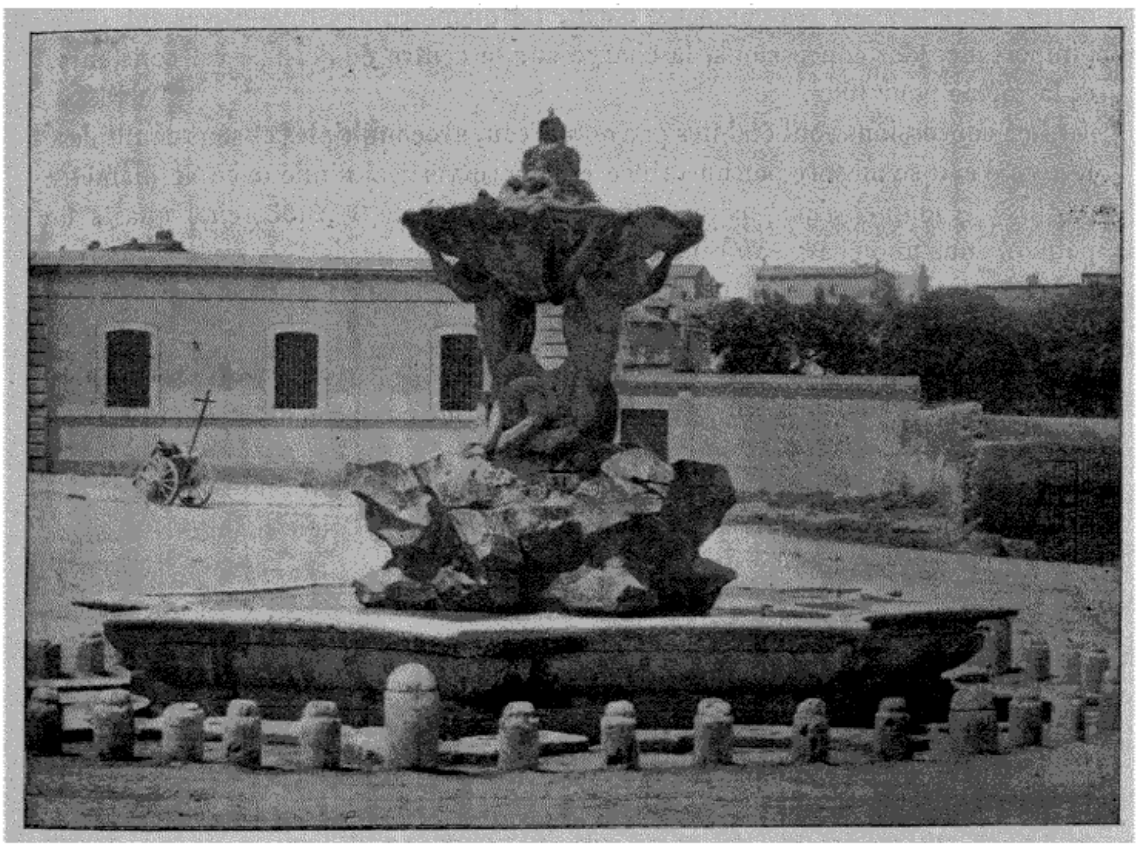


Fig. 12. — Fontaine de la place *Bocca della Verità*.

Dans une maison de la rue voisine (*via del Nazzareno*), se trouve une arcade portant une inscription relative à la réparation de l'ancien aqueduc Virgo par l'empereur Claude, au début de son règne. « Cette inscription que le soleil éclairait jadis, écrit Wey, témoigne, par son inhumation au bas d'un escalier d'une

dans le bassin inférieur. Un Triton debout occupe le centre, étreignant un dauphin qui fait jaillir l'eau en éventail.

(1) « De ses bassins étagés, des cavités de ses roches où s'enroulent des plantes ciselées sur la pierre brute, jaillissent des trombes dont on n'a pas l'idée : une cataracte, un fleuve... Le torrent fait irruption avec le vacarme d'une cascade des montagnes. Ce sont, au reste, les eaux les plus limpides ; leurs salutaires vertus sont réputées curatives de douze maladies... » (Fr. Wey, *loc. cit.*, p. 7.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vingtaine de degrés, de l'exhaussement du sol sur lequel est bâtie Rome moderne. »

Le débit actuel de l'eau Vierge est de 64 000 mètres cubes en vingt-quatre heures.

A cause de sa cote d'accès, l'eau Vierge n'alimente que les bas quartiers. Dans les 15 grandes, comme dans les 40 petites fontaines qu'elle dessert, l'écoulement est continu. Il l'est également dans les tuyaux des concessions particulières, branchés sur les châteaux d'eau. Le diamètre des tuyaux variant selon l'importance des concessions, la charge sur le centre de l'orifice est constante, et la même pour tous.

Les concessions sont établies par *once* d'eau, avec multiples et sous-multiples. L'*once* d'eau se mesure par un orifice circulaire vertical d'une once de diamètre (0^{m},0186), auquel s'adapte un ajutage horizontal de 0^{m},2793 (cinq quarts de palme), sous une charge au centre de même dimension ; c'est-à-dire que, dans le tuyau vertical ouvert à la partie supérieure, branché sur l'ajutage, l'eau s'élève à 0^{m},2793 au-dessus du centre de l'ajutage.

Pour faciliter la pose de ces tuyaux, des plaques de marbre blanc sont scellées de distance en distance sur la façade des maisons, indiquant le nom de l'eau distribuée dans la rue et son niveau.

Les concessions faites à perpétuité au début, moyennant une somme de 600 à 700 écus (3 225 à 3 765 fr.) par once, ne se vendent plus qu'accidentellement, et à des prix souvent doubles.

Le plus souvent, les concessions servies par un écoulement continu alimentaient une fontaine ou une vasque placée dans la cour, avec laquelle tous les logements des divers étages étaient mis en communication à l'aide d'un petit câble portant un maillon en forme de pincette, également en fer, qui servait à fixer deux petites poulies solidement rivées. La partie arrondie du maillon peut glisser sur le câble, tandis qu'entre les poulies une corde engagée, passant dans une forte poulie fixée au mur, au-dessus de la fenêtre, par l'extrémité supérieure, soutient le seau, au moyen d'une armature en fer, à l'autre extrémité.

Grâce à cet appareil primitif, les habitants d'une maison pouvaient puiser dans le même bassin, à quelque hauteur que se trouvât leur étage sur la cour, en donnant plus ou moins de contrepoids, suivant l'inclinaison du câble, au maillon qui descend avec le seau vide et remonte avec le seau plein (1).

Dans le plus grand nombre d'habitations, aujourd'hui, le système dit des *tiri* a été remplacé par des pompes que font mouvoir souvent des roues à palettes, installées dans les caves ou les égouts, tant pour les eaux distribuées par l'aqueduc Trevi, que pour celles de l'aqueduc Felice.

(1) Rozat de Mandres, *loc. cit.*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

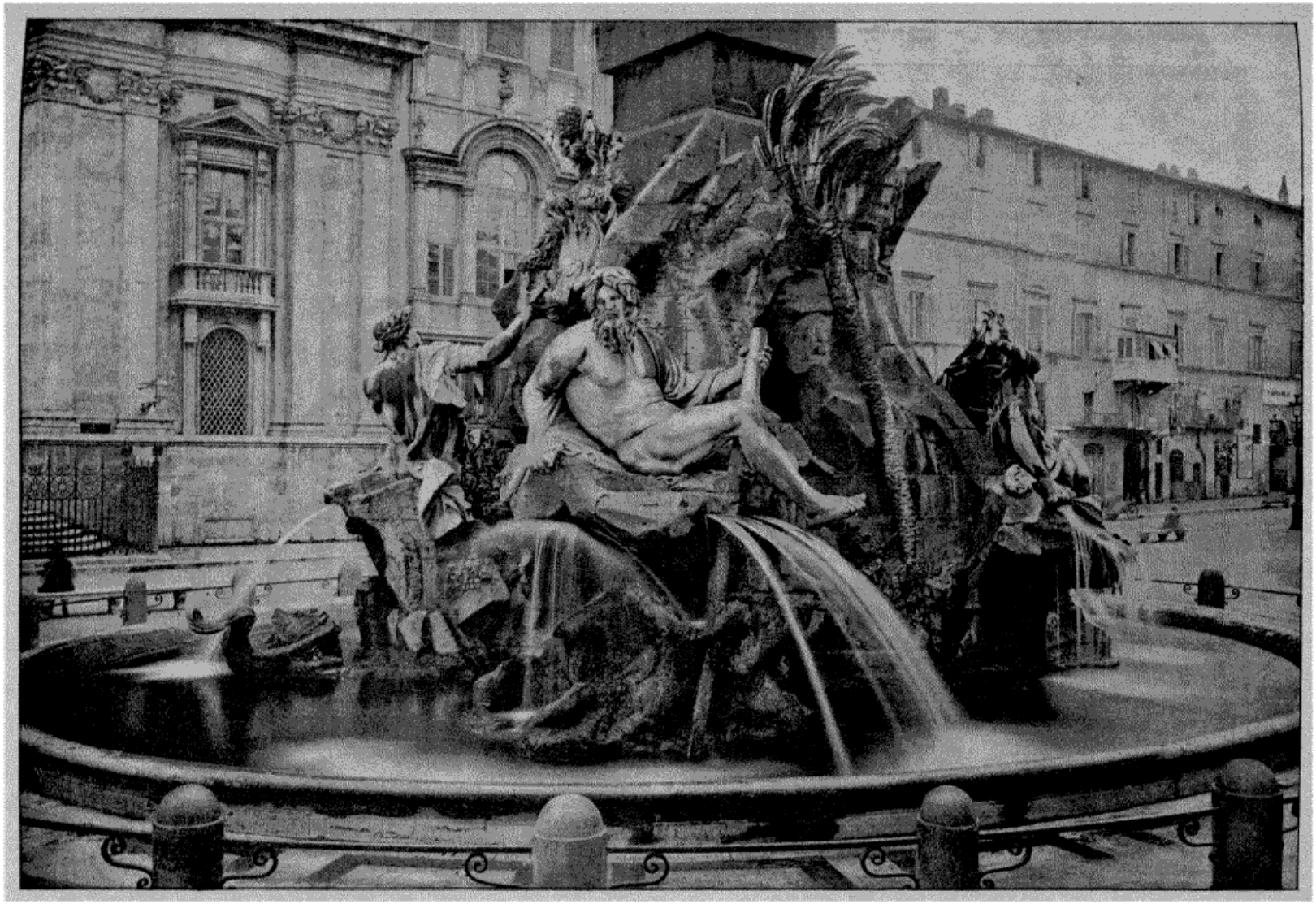


Fig. 13. — Fontaine centrale de la place *Navona*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Fig. 11. — Fontaine monumentale de Trevi.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

EAU FELICE

Ancien aqueduc. — Les sources de Pantano, situées entre les collines de Sassobello et du mont Falcone, au pied des monts Albains, furent captées et amenées à Rome en l'an 226, sous le règne d'Alexandre Sévère, principalement pour le service des thermes qu'il faisait construire.

Le conduit de l'eau *Alexandrine*, c'est le nom qu'on lui donna, entièrement en briques, partait d'un réservoir de dépôt (*piscina limaria*) de 46 sur 36 pieds

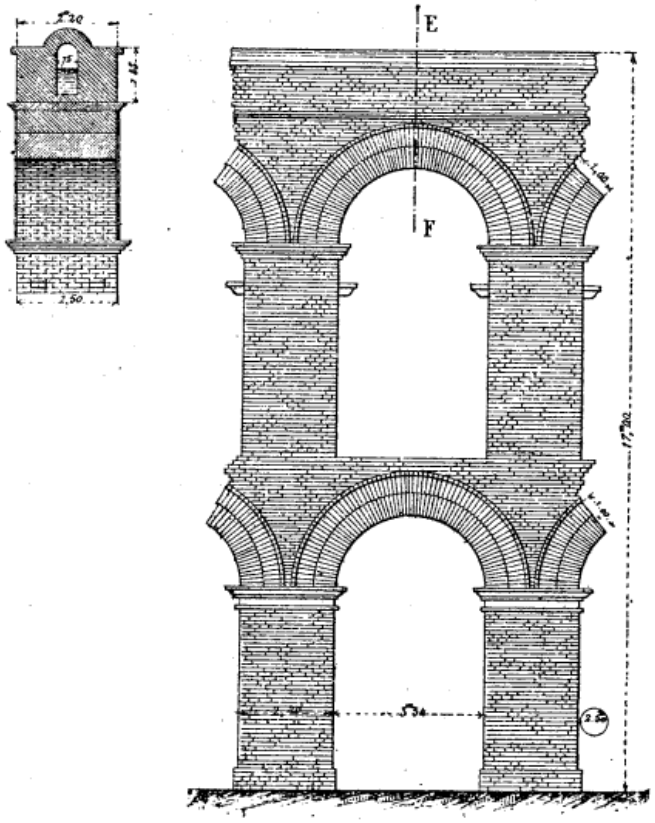


Fig. 15. — Aqueduc Trajan (*Eau Alexandrine*); élévation et coupe E F.

($13^m,5 \times 10^m,6$), pénétrait dans Rome à un niveau inférieur de 3 mètres au seuil actuel de la porte Majeure, et aboutissait à la fontaine monumentale des thermes, représentée plus haut (fig. 5).

La longueur de l'aqueduc, sur le sol, était de 4 250 pas (6300 mèt.), et celle des arcades de 2 535 pas (3 800 mèt.) (1). Pour un débit quotidien de 2 640 quinaires (158 000 mèt. cubes) suivant Cassio, la cuvette mesurait $0^m,79$ de largeur sur $1^m,35$ de hauteur : les arcades, de 17 mètres de hauteur, étaient à deux étages et

(1) Fabretti, *loc. cit.*, t. I, et Lanciani, *loc., cit.*, p. 176.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

présentaient une ouverture de 3m,55. Les piles, de 2m,56 d'épaisseur sur 2m,36 de largeur, soutenaient les voûtes en grandes épaisseurs, avec deux et trois rouleaux de briques ou de pierres. La figure 15 indique, en élévation et en coupe, les arcades de cet ouvrage d'une élégance sobre, qui est encore du bon siècle (1) et la figure 16, le plan et la coupe du bassin d'épuration de l'eau Alexandrine.

Aqueduc restauré. — C'est après avoir constaté combien appréciables étaient les bienfaits de l'aqueduc Trevi pour l'approvisionnement et la salubrité des quartiers s'étendant du pied du mont Pincio jusqu'à Saint-André delle Fratte, que les propriétaires des quartiers à un niveau plus élevé s'entendirent dans le but de capter et de conduire en ville les sources de l'ancienne eau Alexandrine, dispersées dans le fief du Pantano des Griffi, appartenant aux princes Colonna.

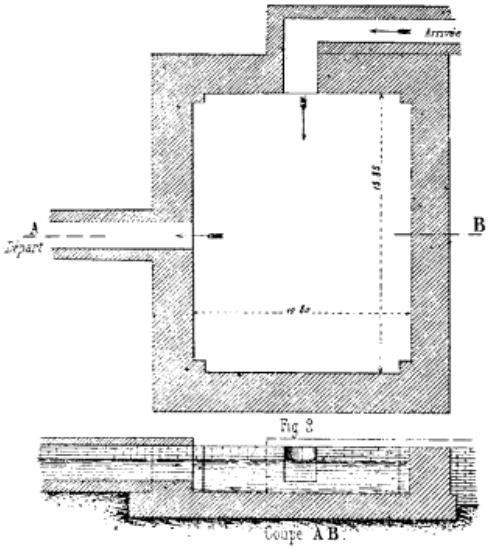


Fig. 16. — Bassin d'épuration de l'*Eau Alexandrine*. Plan et coupe transversale.

Grégoire XIII s'empressa de recommander ce projet par bref spécial à ses cardinaux et aux édiles du peuple romain, en fixant d'avance le prix de l'eau à 500 écus par once. Les conservateurs et les magistrats du Capitole se réunirent pour décider l'achat, au prix fixé par le bref apostolique, de 100 onces d'eau du Pantano (4 000 mèt. cubes), destinées au service public (2). Toutefois le pape Sixte V, successeur de Grégoire XIII, s'appropria le projet (12 avril 1585), en acquérant personnellement des princes Colonna toutes les eaux du domaine, plus 2 cannes (4m,46) de terrain sur chaque rive du conduit, moyennant la cession de 10 onces d'eau (400 mèt. cubes) à prendre au choix, dans la ville, ou en dehors, et le versement, à la maison princière, d'une indemnité, pendant la construction, de 25 000 écus (138 750 fr.).

Matteo Bartolani, de Città di Castello, fut chargé de l'exécution des travaux pour compte de la caisse pontificale, mais ses nivellements furent si défectueux que l'eau n'arriva pas à Rome; 475 000 écus avaient été inutilement dépensés (3). L'architecte Domenico Fontana reçut alors pour mission de rectifier les erreurs de son collègue, ce dont il s'acquitta en captant de nouvelles sources à un niveau plus élevé pour augmenter la pente. (Voir la carte, fig. 23, pour le tracé.)

(1) A. Léger, *loc. cit.*, p. 575.
(2) Fea, *loc. cit.*, app. XX.
(3) Petit-Radel, *loc. cit.*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'aqueduc mesure 22 milles (32 kilom.) de longueur, dont 10 kilomètres sur voûtes, et pénètre dans Rome à la cote de 62 mètres. A l'inauguration, qui eut lieu en présence de Sixte V, dans sa villa de Montalto, le 5 octobre 1586, le nom de Felice fut donné à la nouvelle eau (1).

Au-dessus de la porte Saint-Laurent, l'inscription papale relate en ces termes la construction de l'aqueduc Felice :

Sixtus V, pont. max. ductum aquæ Felicis rivo subterraneo mill. pass. XV, substructione arcuata VII extruxit.

Le pape rentra en grande partie dans ses déboursés, environ 2 750 000 francs, (500 000 écus), par le produit de la vente des eaux, entre autres des 100 onces accordées à la commune de Rome, qui eut à payer, tant pour la concession que pour les travaux de distribution, une somme ronde de 35 000 écus (202 500 fr.) (2).

A l'entretien de la dérivation, Sixte V affecta, outre les recettes provenant des taxes et des amendes, un certain nombre d'obligations du *Mont* de religion (3).

Fontaines. — C'est à ce pontife que l'on doit la construction des fontaines des portes Majeure et Saint-Laurent, de la porte Furba, restaurée plus tard par Clément XI, et de la fontaine monumentale de l'Acqua Felice, exécutée par Dominique Fontana, une des plus magnifiques de Rome, malgré les critiques faites à la statue colossale de Moïse qui fait jaillir l'eau du rocher, l'œuvre de Prospero Bresciano (fig. 17). L'eau sort en abondance par trois ouvertures et représente le débit de 36 onces grand module (1 480 mètres cubes en vingt-quatre heures), dont la fontaine fut dotée.

Plus tard, aux fontaines ci-dessus, le pontife fit ajouter celles qui ornent l'obélisque de la place Sainte-Marie-Majeure, celles de la Madonna dei Monti, des Tre Canelle et du Campo Vaccino (4).

Les fontaines de la place du Quirinal, avec leur bassin de granit gris oriental de 24^{m},36 de circonférence, transporté du Forum romain, et leurs groupes colossaux, chefs-d'œuvre de la sculpture grecque, furent dotées de 6 onces d'eau (247 mètres cubes).

(1) Dans sa bulle du 19 février 1590, le pape annonce avoir conduit à Rome l'ancienne eau Appia, dont Matteo Bartolani aurait capté les sources au niveau le plus bas, dans le lieu dit Pantanello, et l'ancienne eau Marcia dont Fontana aurait recueilli plusieurs sources dans le bassin des Prati dell'Osteria; mais si l'aqueduc Felice suit sur un grand trajet le tracé de l'aqueduc Marcia ; si ses piles, pour les parties en arcades, reposent sur celles de l'ancien aqueduc, il ne s'ensuit pas que les sources des Romains, dont les eaux jouissaient de qualités bien supérieures, aient été retrouvées et amenées.

(2) Fea, *Storia degli acquedotti*, § 9 4.

(3) Il s'était d'ailleurs réservé, pour sa villa de Montalto, 66 onces d'eau, ou 2 700 mètres cubes.

(4) Lanciani, *I Comentari di Frontino*, p. 170.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Du château d'eau de la fontaine de Moïse (place Saint-Bernard), la con

Fig. 17. — Fontaine monumentale de l'eau *Felice*, dite de Moïse.

duite se ramifie en plusieurs branches, dont les débits sont jaugés au moyen d'une cuvette ordinaire. Une branche principale aboutit à un second château

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'eau, situé près du palais du Quirinal, au monte Cavallo (1) et l'autre se dirige sur Sainte-Marie-Majeure, pour gagner le Transtévère.

L'aqueduc Felice ne débitait plus que 700 onces, correspondant à 350 onces (14 500 mètres cubes) de l'eau Vierge (2), lorsque le pape Urbain VIII, en 1647, décida l'acquisition de 300 onces supplémentaires, provenant des sources du mont Falcone, afin d'augmenter le débit, à la fois des fontaines des jardins du Quirinal et des palais Barberini.

Actuellement, le débit total est évalué à 22 000 mètres cubes en vingt-quatre heures.

L'eau Felice fait le service des quartiers d'une altitude moyenne sur la rive gauche du Tibre et alimente une trentaine de fontaines. Comme pour l'eau de Trevi, l'écoulement est continu dans les fontaines et dans les concessions faites au petit module.

Le mode de jauge, en raison de la charge plus forte de l'eau, due à son niveau plus élevé, et des abus commis par les usagers, fut modifié par l'usage prescrit de cassettes fermées (3). Les ajutages de prise aux châteaux d'eau, ou aux conduites maîtresses, aboutissent dans des petites caisses en plomb, disposées en rangées sur la même ligne. Chaque caisse, d'une hauteur de $0^{m},27$, est pourvue d'un réservoir par lequel l'eau s'écoule dans un canal qui rejoint l'égout. L'eau étant placée ainsi sous la même charge, la distribution s'effectue par des tuyaux plongeant tous au même niveau.

EAU PAULINE

Ancien aqueduc Trajan. — L'ancien aqueduc de l'eau Trajane, dérivée des sources du ruisseau de la Fiora, de Grignale vers Oriolo, de Césarée au pied du mont Sainte-Marie, près de Bassano, du ruisseau de la Spina et des fontenages entre Vicarello et Trevignano (4), ne fut restauré qu'en l'an 547, par Bélisaire, après la dévastation des Goths. Pour mettre le service d'alimentation à l'abri,

(1) Rozat de Mandres, *loc. cit.*

(2) C'est vers la fin du pontificat de Sixte V que paraît avoir été adoptée, comme unité de mesure, pour les concessions de l'eau Felice et de l'eau Paola, la petite once ($20^{m3},58$ d'eau en vingt-quatre heures), en conservant la grande once ($41^{m3},16$) pour celles de l'eau Vierge.

Cette singularité, explique de Prony, qui jaugea exactement les deux onces, tient à ce que le prix des eaux des deux dérivations Felice et Paola étant double de celui des eaux de Trevi, « on a lié l'once (unité de mesure de distribution) à l'idée d'une même somme d'argent, en lui faisant représenter des quantités d'eau qui fussent en raison inverse des prix intrinsèques de cette eau » (De Prony, *loc. cit.*, p. 439.)

(3) L'invention de ces cassettes est attribuée par Fea (*loc. cit.*, app. LI) à Monseigneur Biscia, président de l'administration de l'aqueduc Felice.

(4) Cassio, *loc. cit.*, I, p. 21; et Lanciani, *loc. cit.*, p. 102.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Bélisaire fit transporter les moulins du mont Janicule sur le Tibre même, suivant ce que décrit Procope (1).

L'aqueduc ancien distribuait l'eau d'une excellente qualité non seulement dans Rome, sur la rive droite, mais dans plusieurs villes et localités avant d'y arriver, comme l'atteste la découverte, dans la villa des Antonins, à l'Acqua Traversa, d'énormes conduits en plomb de 3 palmes (0m,667) de diamètre (2).

En 752, les Lombards, conduits par le roi Astolphe, démolirent de nouveau l'aqueduc; mais, vingt années plus tard, le pape Adrien Ier fit relever les parties détruites et, sous son successeur Léon III (795), l'eau Trajane reparut dans Rome.

Aqueduc restauré. — Les Sarrasins ayant à leur tour abattu l'aqueduc pour empêcher l'eau d'arriver jusqu'à Saint-Pierre, le pape Nicolas Ier (858) en entreprit la restauration à grands frais, et plaça l'administration sous la tutelle du Vatican. Les papes Innocent VIII et Alexandre VI (1492-1503) en profitèrent pour doter la place de Saint-Pierre de fontaines dignes de la cité Léonine.

C'est seulement au commencement du xvii^e^ siècle que Paul V, pour compléter la distribution, décida d'acheter au duc Virginio Orsini la plupart des sources du territoire de Bracciano, afin de les réunir aux anciennes sources (*Mole vecchie*), et de capter tous autres fontenages des territoires de Vicarello, Anguillara, Monte Mario, etc. Le célèbre architecte Jean Fontana, auquel s'associa son neveu, Charles Maderno, fut chargé des travaux de captage et de conduite.

L'aqueduc *Paola*, augmenté et restauré, a une longueur de 32 500 mètres; il est en arcades sur un tiers de sa longueur, et a coûté 400 000 écus (2 220 000 fr. environ).

Inauguré le 16 mars 1612 par Paul V en personne (3), le conduit se bifurque à partir de la fontaine monumentale du Janicule pour dériver 630 onces d'eau, sur lesquelles 300 furent consacrées à la fontaine de la place Saint-Pierre, au bassin de la place Scozza Cavallo, aux palais et maisons de la cité Léonine, ainsi qu'aux fontaines du quartier des Juifs, ou Ghetto.

Dans l'édit du 13 septembre 1612, par lequel il donna son nom à l'eau Trajane, Paul V confond cet aqueduc avec celui de l'eau Alsietina qui approvisionnait les bains et les naumachies du temps des Romains, et il assigne des fonds spéciaux pour son entretien, confié à une commission que préside son neveu, le cardinal Scipion (4).

Le débit de 1 110 onces d'eau fut successivement augmenté par l'addition de

(1) Procope, *De bello Gallico*, lib. I, cap. 9.

(2) Fabretti, *De aquis et aquæductibus veteris Romæ*, III, 27.

(3) « *Paulus V pont. Opt. max. aquæductus ab Aug. Cæs. extructos, ævi longinqua vetustate collapsos in ampliorem formam restituit. Anno sol.* **MDCIX**, *Pont. V.* »

(4) Fea. *loc. cit.*, app. XXX.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nouvelles sources, jusqu'à jauger 1 752 onces (36 000 mètres cubes), en 1658 (1).

L'année suivante, le duc Ferdinand Orsini fit l'offre au pape Alexandre VII de conduire à ses frais 1 000 onces d'eau provenant du lac Bracciano dans l'aqueduc, moyennant l'abandon, qui lui serait fait, de moitié de cette quantité à employer dans Rome; mais le pape refusa, et ce fut son successeur Clément X qui, par un chirographe adressé au cardinal Costaguti, administrateur délégué de l'eau Paola, accepta l'offre renouvelée par le duc Flavio Orsini. Parmi les conditions imposées au duc, il y a lieu de noter celles relatives à la prise d'eau loin des rives du lac et à une profondeur inférieure à celle de l'étiage; au mode de distribution en ville, conformément aux normes fixées de commun accord avec les administrateurs de l'eau Paola, et au prix de l'eau établi comme maximum à 250 écus par once (67 francs par mètre cube) en dehors de la ville, et à 200 écus (50 francs par mètre cube) dans l'enceinte.

L'entreprise de la dérivation de 1 000 onces (20 600 mètres cubes) d'eau du lac rencontra de sérieuses difficultés. Il fut reconnu indispensable de construire, au compte du duc, trois ouvrages distincts, une digue muraillée à travers l'ancien émissaire, l'Arrone, pour relever le plan d'eau et obtenir une chute suffisante; un édifice pour loger une écluse qui fonctionnât suivant le niveau des eaux; enfin, une nouvelle conduite desservie par l'écluse. Au bout de vingt ans, les travaux terminés, on constatait que la nouvelle dérivation jaugeait seulement 700 onces, dont moitié, soit 350 onces (14 400 mètres cubes) pour le duc (2).

L'addition des eaux puisées dans le lac Bracciano permit d'étendre la distribution de 1 000 onces aux quartiers de Saint-Pierre in Montorio, de Sainte-Marie en Transtévère, et au delà du pont Sisto, au quartier des Juifs, en même temps que 780 onces étaient réservées au Vatican. Clément X en profita pour faire ériger une seconde fontaine, sur la place de Saint-Pierre, comme pendant à celle élevée du côté nord par Alexandre VII, en déplaçant l'obélisque au centre, et la dota de 300 onces d'eau.

De nombreux abus s'étant produits de la part des usagers qui recouraient aux siphons, le pape Innocent XII dut intervenir (3) et prescrire la revision de tous les appareils de jauge, en même temps que l'adoption des cassettes du système Biscia, déjà en usage pour l'eau Felice. Ces mêmes ordonnances furent renouvelées en 1702 par Clément XI, afin d'assurer une distribution aussi exacte que possible.

Tel qu'il est, l'aqueduc Paola, d'une longueur totale de 32 kilomètres, dont la section a une largeur de $0^m,95$, et dont la pente par mètre a été évaluée à $0^m,00145$, débouche à l'altitude de 71 mètres, près de la porte San Pancrazio, sur le Janicule, où il alimente le château d'eau de la fontaine Pauline. Les eaux

(1) C'est l'architecte Louis Bernini qui fut chargé de ce jaugeage.

(2) Fea, *loc. cit.*, app. XXXVI.

(3) Chirographe adressé à Mgr Litta, président de l'eau Paola, en date du 3 juin 1693.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sont affectées au service d'une dizaine de fontaines publiques, à la distribution à domicile, ainsi qu'à la force motrice pour l'usage de moulins échelonnés les uns au-dessus des autres sur le flanc du coteau, et de la manufacture de tabacs.

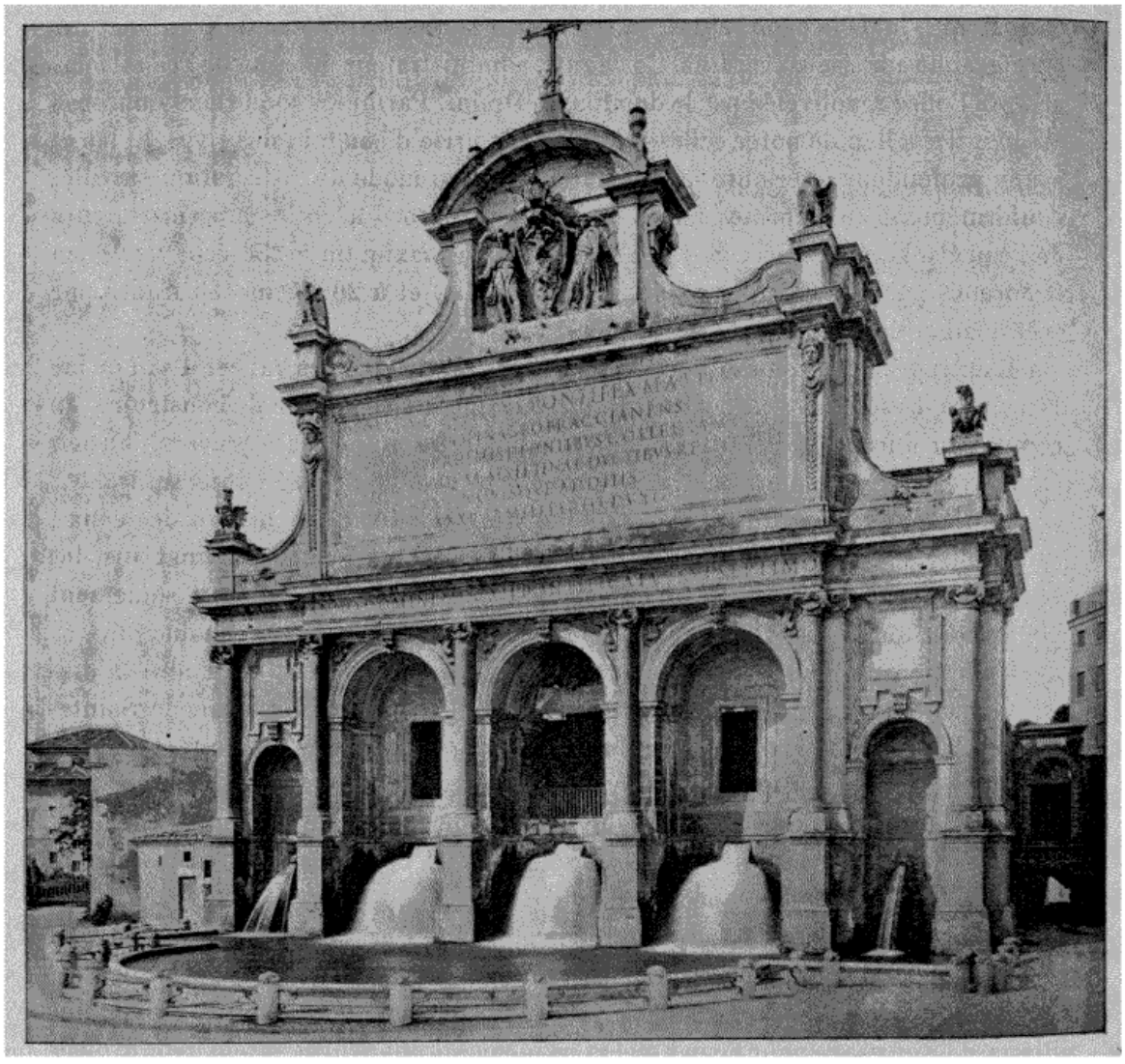


Fig. 18. — Fontaine monumentale de l'eau *Pauline*.

Bien utilisée, cette chute pourrait fournir plus de 200 chevaux de force motrice. Un branchement spécial entre dans Rome près du Vatican pour le service du palais, des jardins et de la place. Le débit total est évalué à 80 000 mètres en vingt-quatre heures; celui du château d'eau Pauline à 1816 onces, ou 36 714 mètres cubes.

Fontaines. — La fontaine Pauline (fig. 18), construite sur les dessins de Jean

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Fontana et d'Étienne Maderno, en utilisant les matériaux du forum de Nerva, est d'un grand effet : « Au-dessous des armes des Borghèse, écrit Fr. Wey, s'élancent avec fracas, de trois portes béantes, trois torrents à la nappe épaisse, et, de deux niches voisines, de jolies rivières; des dragons lancent aussi des gerbes. Ces

Fig. 19. — Fontaines de la *place Saint-Pierre* et vue du palais du Vatican.

masses d'eau, imprévues au sommet dénudé d'une montagne, et pures comme le cristal des Alpes, se déversent dans un vaste bassin de marbre (1). »

Sur la place de Saint-Pierre, des deux côtés de l'obélisque que Caligula fit transporter d'Héliopolis, et que Sixte-Quint fit dresser au centre de la colonnade

(1) Fr. Wey, *loc. cit.*, p. 135.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de Bernin, l'architecte Charles Moderno a construit les deux superbes fontaines représentées dans la figure 19. Elles jettent, à la hauteur de 5 mètres et demi, leur grand volume d'eau qui tombe dans un premier bassin, d'une seule pièce de

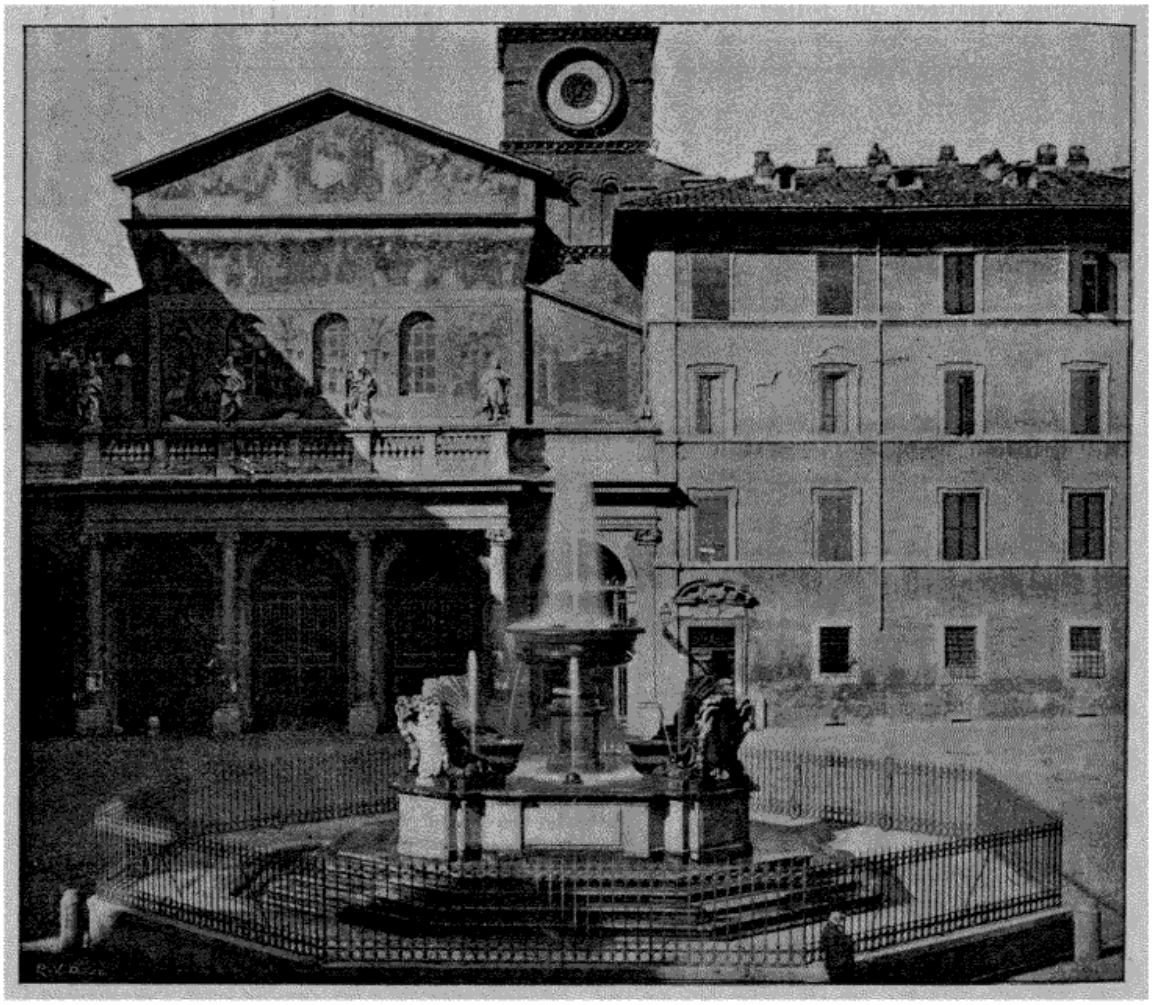


Fig. 20. — Fontaine de la place de *Sainte-Marie en Transtévère*.

granit oriental, de 16 mètres de tour, et retombe dans un autre bassin octogone de 28 mètres de tour.

A l'eau Pauline, s'alimente encore la fontaine bien connue des visiteurs de Rome, celle de Sainte-Marie au Transtévère (fig. 20) (1).

(1) Fig. 20. La fontaine qu'Innocent XII fit construire sur la place de Sainte-Marie en Transtévère consiste en une vasque montée sur un piédestal, où jaillit un jet d'eau puissant, qui s'écoule par des gueules de lion dans un grand bassin octogone, dont le soubassement élevé est à deux rangs de degrés. Sur chacune des grandes faces de l'octogone, un médaillon tourné vers la place est encadré d'une immense coquille. L'aspect de cette fontaine est séduisant.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

EAU PIA (ANCIENNE MARCIA)

Les sources anciennes. — De Tivoli à Subiaco, passé le 25e kilomètre de la voie Valeria, s'ouvre une vaste plaine de 480 hectares environ, bordée à droite par la route provinciale, à gauche par l'Anio, qui descend d'une gorge des Apennins, et au fond par les monts Prugna.

C'est dans cette plaine dite des sources, à cause de leur nombre et de leur abondance, que les Romains trouvèrent leurs meilleures eaux potables. Quintus Marcius en dériva l'eau *Marcia*, et l'empereur Auguste, l'eau *Augusta* qu'il ajouta à la précédente; Claude y fit capter les sources *Cerulea* et *Curtia*, pour l'aqueduc Claudia, dans lequel fut dérivée plus tard l'eau *Albodina*. Le ruisseau *Herculaneus* fut détourné dans l'*Anio novus*, et probablement celui dit *Antoninien*, déversé par Caracalla dans l'aqueduc Marcia, provenait également de la même plaine. Frontinus a très exactement décrit l'emplacement des sources, sauf pour l'eau Antoninienne, et indiqué leur jauge (excepté pour les eaux des ruisseaux Herculaneus et Antoninus), soit 11 197 quinaires, ou plus de 67 000 mètres cubes en vingt-quatre heures (1).

Ancien aqueduc Marcia. — « Les premiers aqueducs *Appia et Anio vetus* ne portaient pas des eaux assez limpides après épuration, car les terres argileuses des rives, délayées par les pluies, les troublaient constamment, et les piscines où on faisait déposer les limons les clarifiaient imparfaitement; aussi, entre l'an 196 et l'an 203 avant notre ère, fut conçue et exécutée l'entreprise hardie de conduire l'eau Marcia de la distance directe de 36 milles par des aqueducs dont la longueur totale était de 61 milles... La guerre d'Annibal était terminée; les conquêtes de la Grèce et de l'Asie commençaient à introduire dans Rome les mœurs du luxe, les délices des thermes (2)... »

L'eau Marcia dérivée par le préteur Quintus Marcius, à l'aide du crédit de 8 millions de sesterces voté par le Sénat pour restaurer les aqueducs *Appia* et *Anio vetus* et construire le nouveau, pendant le consulat de Servius Sulpicius Galba et L. Aurelius Cotta, réunit la première tous les avantages de la qualité (3), et de la hauteur d'accès sur les points les plus élevés de la ville.

L'empereur Auguste fit réparer l'aqueduc pour y réunir l'eau de la source

(1) Marchetti, *loc. cit.*, p. 324.

(2) Petit-Radel, *loc. cit.*

(3) Pline la trouvait supérieure aux autres eaux de Rome, et à cause de sa qualité, elle fut réservée exclusivement à la consommation (*Hist. nat.*, XXXI). Frontinus l'affirme : « *Omnes aquas discerni placuit; tunc singulas ita ordinare ut in primis Marcia potui tota serviret.* » (*Loc. cit.*, cap. 92.) Tibulle la chante dans ce vers :

Temperet annosum Marcia lympha merum.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Augusta, captée à 400 pas plus en amont, dans la vallée d'Arsoli, et jouissant d'une qualité non moins excellente.

Deux siècles plus tard, vers l'an 212, Caracalla restaura l'aqueduc et y fit déverser l'eau Antoninienne (1).

Du temps de Frontinus, l'ouvrage complet mesurait 61 710 pas de longueur (91 kil.), dont 54 247 (81 kil.) sous terre et en tunnels, et 7 463 (11 kil.) sur arcades. Jaugé aux sources, il débitait 4 590 quinaires (263 000 mètres cubes),

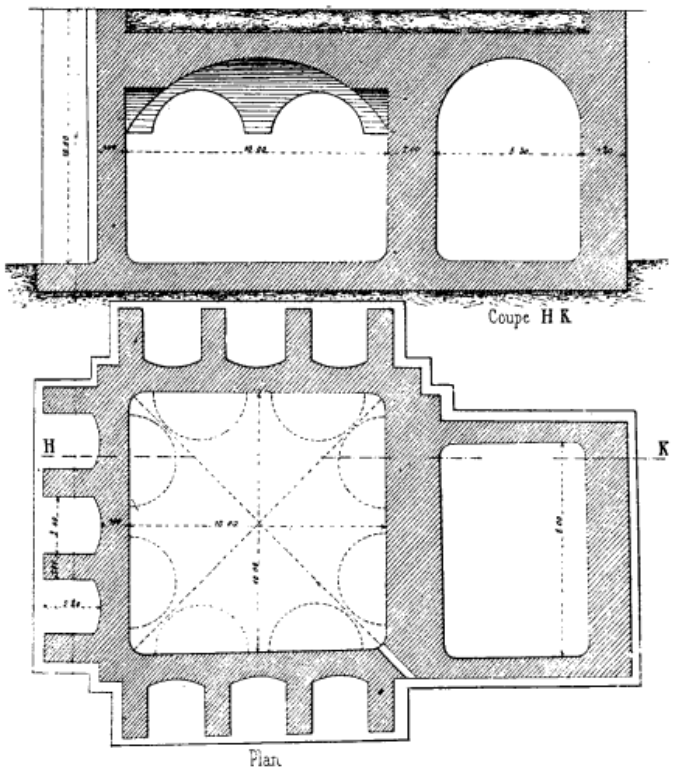


Fig. 21. — Plan et coupe d'un réservoir ancien du type carré (Voie *Appia*).

atteignait la porte Furba à l'altitude de 60 mètres, et se déversait dans Rome en un grand réservoir de 400 palmes de longueur sur 100 de largeur et 8 de profondeur, orné de 46 pilastres (2), d'où il gagnait le Capitole, la première des sept collines desservie par un aqueduc de 11 kilomètres sur arcades.

Non loin de la voie Appia, un réservoir du type carré (fig. 21), mis au

(1) L'inscription suivante relate le fait : *Imp. Cæs. M. Aurellius Antoninus, pius, felix, augustus*, etc., *aquam Marciam variis casibus impeditam, purgate fontes, excisis et perforatis montibus, restituta forma, adquisito etiam novo Antoniniano, in sacram urbem suam perducendam curavit.* »

(2) D'après Lanciani (*loc. cit.*, p. 60), le pape Sixte-Quint ordonna la démolition de cette piscine, désignée encore au moyen âge sous le nom de *Botte di Termini*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tour, fournit une idée exacte du mode de construction de ces bassins recouverts d'une voûte en arc de cloître, avec deux lunettes sur chaque côté. Le radier mesure 10 mètres de côté en place, et la voûte prend naissance à 5 mètres au-dessus. Pour contre-butter la poussée des voûtes et de l'eau, les parois qui forment berceau en arcs de cercle sont appuyées par des contreforts verticaux qui reçoivent les retombées. A ce bassin, était adossé un autre réservoir rectangulaire, recouvert d'une simple voûte en berceau sans contrefort, avec un mur de 2 mètres d'épaisseur, exécuté en petit appareil extérieurement et en blocage recouvert d'enduit intérieurement. Les angles soigneusement arrondis offraient des parois bien cimentées.

Avant d'entrer dans Rome, un branchement de l'aqueduc détournait 890 quinaires pour le service des thermes de Caracalla.

Avec une pente moyenne variant entre $1^m,543$ et $2^m,280$ par kilomètre, plus forte dans la section d'aval jusqu'aux bassins, et une cuvette de $0^m,74$ de largeur sur $1^m,67$ de hauteur, la dépense d'eau (210 mètres cubes par seconde) correspondait à une vitesse de $1^m,25$ à $1^m,50$, atteignant jusqu'à 2 mètres par seconde (1).

L'aqueduc Marcia (fig. 1), pour une hauteur de $9^m,20$ en arcades, ayant $4^m,72$ d'ouverture, des piles de $2^m,65$ d'épaisseur sur $1^m,47$ de largeur et des voûtes dont l'épaisseur à la clé était de $0^m,75$, présentait un rapport du vide au plein de 0,67, par rapport à ceux de 0,59, relevé pour l'aqueduc Alexandrina, et de 0,93 pour l'aqueduc Néronien.

Les sources actuelles. — Toutes les recherches tentées, après tant de siècles, pour retrouver les véritables sources des eaux Marcia, Claudia et Augusta n'ont conduit qu'à des conjectures plus ou moins acceptables. Outre que l'Anio torrentiel a changé son lit plusieurs fois, la voie Valeria, pas plus que les ouvrages de captage des sources, n'ont laissé aucune trace dans la plaine si souvent inondée. Des desséchements ont été opérés depuis, qui ont rejeté dans le canal de l'Oppio les sources du territoire de Marano et celles du château de Arsoli.

« Aussi bien, écrit Petit-Radel, les anciens eux-mêmes n'étaient pas d'accord sur la source de la Marcia. Strabon dit qu'elle venait du lac Fucin; Pline dit qu'elle émerge près de Pescina; il l'appelle Pecoma; il ajoute même que c'est Ancus Martius qui a tenté le premier de l'amener à Rome. Frontinus en assigne l'origine au 36e mille de la voie Valeria (*ad miliarium tricesimum sextum*). Ces autorités, différentes en apparence, ne le sont réellement pas, si l'on admet les communications souterraines que la nature a établies entre les environs de Rieti et le lac Fucin d'une part, et, d'autre part, entre la plaine d'Anagni et le cours du fleuve Anio (2).

(1) A. Léger, *loc. cit.*, p. 564.
(2) Petit-Radel, *loc. cit.*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Alberto Cassio a retrouvé en effet une canalisation appartenant au tracé primitif de la section supérieure de l'eau Marcia au 36e mille de la voie Valeria : très probablement, elle date du siècle d'Ancus Martius, à qui Pline semble attribuer les premiers travaux de l'aqueduc.

Quoi qu'il en soit de la Marcia des Romains, les investigations modernes ont permis de reconnaître et de jauger dans la vallée d'Arsoli dix groupes de sources dont le débit atteint environ 10 mètres cubes par seconde, ou 4300 onces, à savoir (1) :

NUMÉROS d'ordre	NOMS des GROUPES DE SOURCES	ALTITUDE	DÉBIT par seconde	OBSERVATIONS
		mèt.	litres	
1	Pantano	312	1 000	Déversées par un canal dans l'Anio, à 20 kil. de Tivoli.
2	Sainte-Marie et *Mole* d'Arsoli.	330	800	Rive gauche de la voie Valeria.
3	*Moletta* de Roviano	»	2 000	Canal de Fiumicino se rendant dans l'Anio.
* 4	Lac de Sainte-Lucie	318	800	Versants du mont Prugna, à 1 600 mètres de Arsoli.
* 5	*Prima serena*.	id.	250	A 1 800 mètres de Arsoli,
* 6	*Seconda serena*.	id.	900	A 2 100 mètres de Arsoli.
* 7	*Terza serena*	id.	1 000	A 2 400 mètres de Arsoli.
8	*Le Rosoline*.	»	1 200	A 3 940 mètres de Arsoli.
9	*Mole* d'Agosta	»	1 000	A 4 400 mètres de Arsoli.
10	Agosta.	»	1 000	Au pied de Agosta.

* Les sources nos 4 à 7 coulaient dans le grand canal de l'Oppio, qui se jette plus en aval dans l'Anio.

Projet de restauration. — Dès l'année 1835, l'architecte et savant archéologue, Louis Canina, chargé par le gouvernement de Pie IX de diriger les fouilles sur plusieurs points de la campagne romaine puis sur la voie Appia, conçut le projet de restauration de l'aqueduc Marcia. Son élève, Nicolas Moraldi, après sa mort, dressa le projet qui fut soumis au conseil technique (*consiglio d'arte*) et approuvé en principe, mais absolument rejeté par la Commune, en raison de la dépense qu'eussent entraînée le rétablissement, sur 54 milles de longueur, de la conduite souterraine, et le complément en arcades, sur 7 milles de longueur, au-dessus de l'aqueduc Felice, qui occupe l'emplacement de l'ancienne Marcia.

Concession d'un nouvel aqueduc. — Le projet d'adduction des sources de Tivoli, repris par des capitalistes anglais, en recourant à plusieurs siphons au lieu

(1) Les eaux de qualité excellente que fournissent ces sources ont une température moyenne de 10° centigrades, et d'après l'ingénieur Zoppi (*Monografia dell'Aniene: Carta idrografica d'Italia*, 1891), un débit, à l'étiage, de 8 mètres cubes par seconde, ou d'environ 32 000 onces.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'un aqueduc muraillé, reçut l'approbation du gouvernement pontifical. Par décret ministériel du 8 novembre 1865, ayant force de loi, il accorda la concession aux demandeurs, à leurs risques et périls, et aux conditions d'un cahier des charges parmi lesquelles figurent :

1° L'obligation de conduire dans Rome, à l'altitude de 67m,02, et de distribuer dans la ville, 3 000 onces au moins d'eau Marcia ;

2° De déposer en deux fois un cautionnement de 161 250 francs, remboursable moitié après réception des travaux, et moitié après placement de 1 200 onces d'eau ;

3° De construire une fontaine principale (*mostra*) avec un débit de 300 onces, sur le site à désigner par la Commune ;

4° D'accorder gratuitement 20 onces d'eau au palais du Quirinal, et 2 onces au palais du Ministère des Travaux publics.

En retour, les concessionnaires devaient jouir des droits et privilèges du gouvernement, à titre d'entrepreneurs d'une œuvre d'utilité publique, sur les sources, sur la partie des anciens aqueducs souterrains ou à découvert; quant à l'expropriation forcée, au transport et au dépôt de matériaux, à la franchise de tous droits d'entrée sur les conduits métalliques importés de l'étranger, enfin, à la libre disposition de l'eau, moyennant une taxe de vente ou d'affermage, payable par les usagers, équivalant à 32 fr. 25, pour frais de manutention.

La durée de la concession fut fixée à quatre-vingt-dix-neuf ans, à dater du 8 novembre 1865, et le produit de l'once d'eau à 20 mètres cubes en vingt-quatre heures, comme pour l'eau Felice.

Premier aqueduc.

Une compagnie anglo-romaine limitée, au capital de 1 million d'écus romains (5 millions et demi de francs environ), convertie plus tard par résolution d'une assemblée générale (1er mai 1867) en compagnie romaine anonyme, se mit à l'œuvre, sur base d'un contrat avec une société liégeoise pour la fourniture et la pose d'un grand siphon de Tivoli jusqu'à Rome, et de 15 000 mètres de tuyaux de distribution en ville, moyennant la cession de 5 100 actions de capital.

En vertu du droit d'expropriation pour cause d'utilité publique, conféré par la loi pontificale du 3 juillet 1852, la compagnie expropria les terrains situés au pied du mont Prugna, entre la route qui mène à Subiaco et le canal de l'Oppio, à partir de la rive droite du lac de Sainte-Lucie, soit 52 870 mètres carrés, sur lesquels trois groupes de sources (nos 5, 6 et 7 du tableau) avaient été jaugés au débit de 15 000 onces environ. C'est au second de ces groupes (*seconda serena*) que la Compagnie demanda l'eau d'alimentation de son premier aqueduc. Des deux zones de terrain exproprié pour son établissement,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'une, à Tivoli même, a 9 mètres de largeur sur 26 809 mètres de longueur, et l'autre, de Tivoli jusqu'à Rome, a 8 mètres de largeur sur 26 840 mètres de longueur, soit, ensemble, une longueur de 33 649 mètres.

L'aqueduc maçonné construit sur le territoire de Tivoli, en vue d'une capacité de 5 000 onces d'eau (100 000 mètres cubes environ), a comporté 19 ponts et 107 regards (*trombini*). Il débouche à Quintiliolo, dans une ancienne piscine (30 × 9 × 3,60 mètres) dont le gouvernement autorisa la libre disposition.

Un premier siphon en fonte (0m,60) débitant 1 500 onces (30 870 mètres cubes)

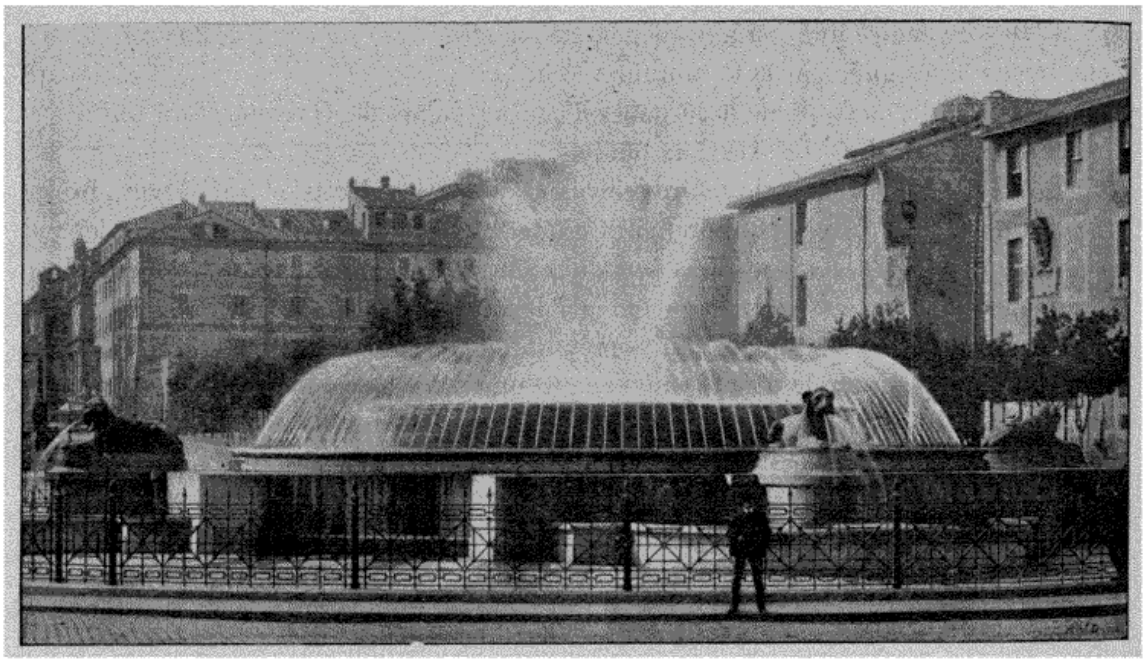


Fig. 22. — Fontaine monumentale de l'*Eau Pia* (ancienne Marcia) sur la place de Termini.

s'amorce sur la piscine et suit le tracé de la deuxième zone par la porte Pia jusqu'à la grande fontaine (*fontanone*) de la place de Termini (fig. 22), où commence la distribution en ville.

En y comprenant le montant des apports versés aux premiers concessionnaires, le coût total de ce premier ouvrage s'est élevé à 7 millions de francs.

Le 10 septembre 1870, en présence du pape Pie IX, accompagné du cardinal Berardi, pro-ministre des Travaux publics, et de la Cour romaine, l'aqueduc portant l'eau Pia (ancienne Marcia) fut solennellement inauguré; sous l'énorme pression qui porte l'eau jusqu'à la place (altitude 60 mètres), le jet s'éleva jusqu'à 30 mètres au-dessus du sol.

Orographie et géologie. — L'Anio, venant de Jesse, coule au pied des monts de Fondi et Autore (altitude 2 218 mètres), dans le terrain crétacé de la chaîne.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pour entrer en amont de Subiaco, dans la formation éocène, et à Subiaco même, dans le travertin. En aval de Subiaco, ses alluvions sont côtoyées, sur la rive gauche, par les calcaires crétacés jusque passé Marano, et sur la rive droite, par les couches quaternaires anciennes (sables et marnes) où sourdent, au delà de Rocca-di-Mezzo, les sources de l'eau Marcia, à 318 mètres d'altitude.

A partir de Vicovaro, au pied du mont Gennaro (altitude 1 253 mètres), qui appartient à la formation jurassique, l'Anio coule, ayant en bordure sur la rive droite, jusqu'à Tivoli, une bande du tuf volcanique constituant l'Agro Romano, et, sur la rive gauche, des calcaires crétacés qui contournent ses alluvions.

De Arsoli à Tivoli, la vallée, entrecoupée de collines et de vallons secondaires, n'a formé jadis qu'une série de lacs dont les dépôts sont nombreux. Les érosions des collines offrent toutes les variétés de terrains : calcaires, marnes, travertins, poudingues, tufs, pouzzolanes, brèches et graviers, rendant les travaux de canalisation particulièrement difficiles.

D'autre part, les différences de niveau sont considérables. Les sources, dont l'altitude est comprise entre 302 et 318 mètres, doivent être conduites par la vallée de l'Anio jusqu'à Tivoli, à l'altitude de 135 mètres (place de la Reine), d'où la dépression, dans la vaste plaine ondulée par les mouvements volcaniques, atteint la cote de 14 mètres pour remonter, en approchant de Rome, jusqu'à 63 mètres, à la porte Pia.

Captage des sources. — Le groupe des sources de la *seconda serena* comprend, sur un espace restreint, sept fontenages différents ; ils s'écoulaient auparavant par un ruisseau dont le débit a été jaugé à 80 000 mètres cubes en vingt-quatre heures, soit 4 000 onces.

Celui de la *terza serena*, situé en aval du précédent, à la cote de 360 mètres, jauge environ 20 000 mètres cubes, ou 1 000 onces.

Le lac de Sainte-Lucie, alimenté par de nombreux fontenages, se décharge dans un ruisseau dont le débit a été trouvé égal à 100 000 mètres cubes, soit 5 000 onces.

Ce sont ces trois groupes qu'il s'agissait de capter, en tenant comme réserve celui de la *prima serena*.

Les travaux ont consisté, pour la *seconda serena*, à canaliser chaque source, de manière à pouvoir les réunir toutes dans trois collecteurs aboutissant à un puits réservoir (*bottino*) pourvu de deux vannes manœuvrées à bras, soit pour l'admission des eaux dans le conduit de l'aqueduc, soit pour l'écoulement au dehors, en cas de besoin. Au-dessus des canaux voûtés, avec regards, de chaque source, une plate-forme a été établie en craie imperméable, et ensemencée en gazon. Cette plate-forme est défendue contre toutes crues de l'Anio par une digue, et contre les eaux des versants du mont de Prugna par un remblai de la route provinciale, avec fossé d'écoulement des eaux pluviales.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le groupe des sources de la troisième *serena* a été traité de même, et dérivé par un collecteur unique dans le même réservoir, où deux vannes permettent à volonté d'introduire ou de détourner les eaux.

Un réservoir a été affecté spécialement aux eaux du lac Sainte-Lucie.

Tracé. — C'est à travers collines et vallées, à l'aide de galeries et de ponts, que le tracé général de l'aqueduc, depuis le bassin des sources jusqu'à Tivoli, a été conçu et arrêté par l'ingénieur Berger. Au lieu du tracé de l'aqueduc romain contournant les collines, recourant à de longues arcades et se développant sur une longueur de 91 kilomètres jusqu'à Rome, le tracé à peu près rectiligne, mis à exécution, ne comporte que 53 kilomètres, c'est-à-dire 4 kilomètres de moins que la route provinciale. (Voir la carte, figure 23.)

Le collecteur de la seconde *serena*, côtoyant la troisième, et du lac de Sainte-Lucie décrit une première courbe dans la plaine tourbeuse de Arsoli, suit la route provinciale jusqu'au mont Cantalupo, qu'il côtoie en partie, le perfore, pour franchir ensuite le ruisseau de Licenza (kil. 16) et s'engager en galerie dans le plateau de San Cosimato. C'est au sortir de ce plateau qu'il arrive de chute en chute jusqu'à Vicovaro.

De là, l'aqueduc se rapproche de la route, traverse le ruisseau des Ronci, passe à travers la pouzzolane (kil. 16), pour entrer dans la plaine Quarto del Piano et franchir la vallée des Reali sur seize arcades et un pont de 8 mètres. Évitant la roche extrêmement dure du Gran Catillo, il continue après diverses chutes jusqu'à Tivoli, sous lequel il sort par un tunnel dans l'ancien réservoir de Quintilius-Varus, à la cote de 140 mètres, ayant acquis une longueur totale de 26 860 mètres, et coupé six fois la route provinciale.

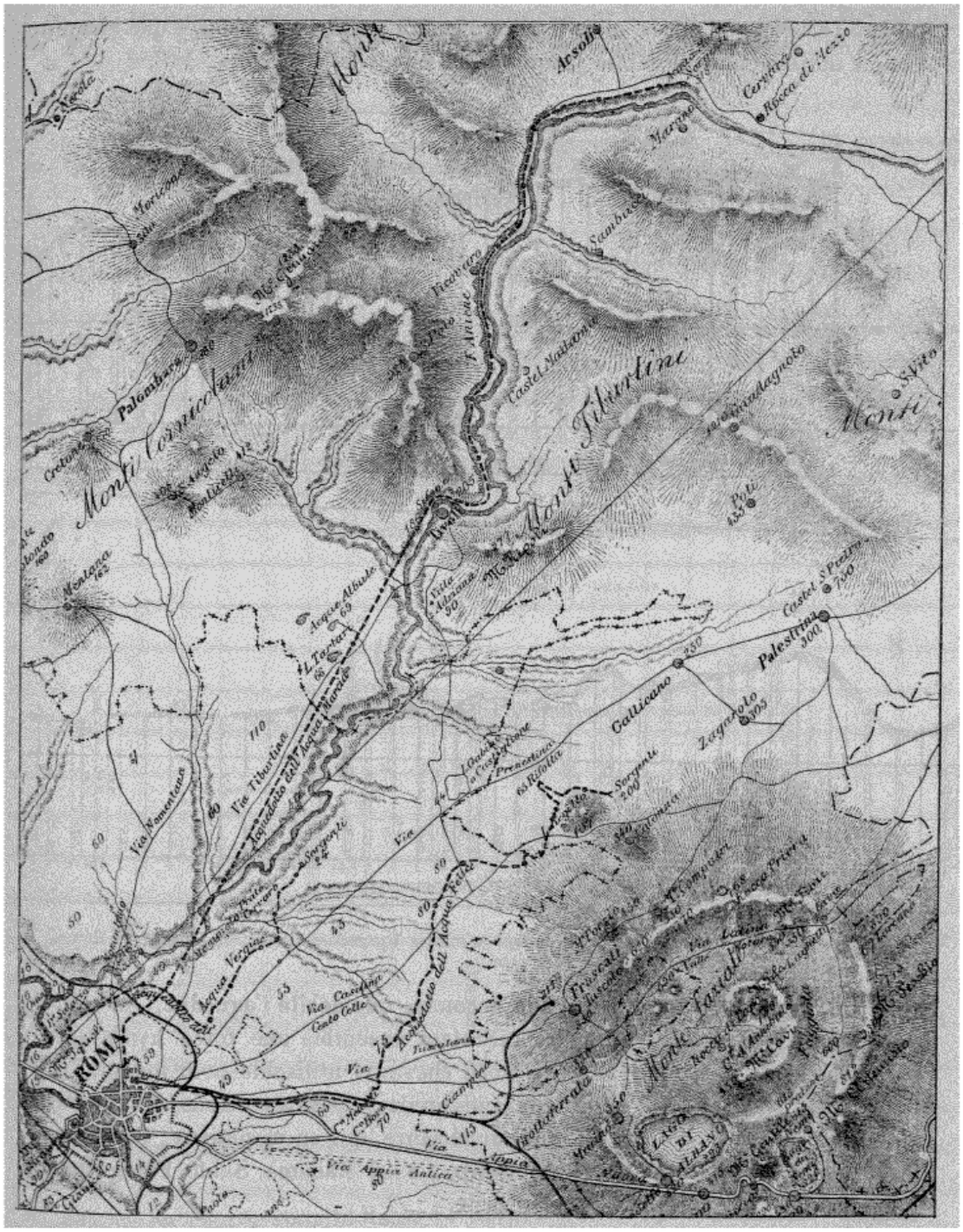
Du réservoir Quintiliolo jusqu'à Rome, l'aqueduc maçonné fait place à un siphon qui traverse le ruisseau d'Acquoria, et par un pont, le cours d'eau de la Solfa, pour atteindre l'ancien pont Mammolo restauré, s'infléchir vers la droite, passer sous la voie Tiburtine, et déboucher par la voie Nomentana à la porte Pia, d'où il gagne le réservoir de distribution sur la place du *Fontanone*. La longueur du siphon est de 26 840 mètres. La figure 24 indique le profil du siphon sur les 7 derniers kilomètres comptés à partir de Rome.

Aqueduc maçonné. — En vue d'une portée totale de 4 500 onces (90 000 mètres cubes), les pentes et les vitesses étant variables, trois types de section du canal ont été adoptés, dont le moindre a $1^m,93$ de hauteur sur $0^m,86$ de largeur (fig. 25).

La différence de niveau entre le bassin de captage et le réservoir étant de $131^m,63$, sur lesquels les chutes successives rachètent $111^m,68$, il reste $19^m.55$ à répartir sur toute la longueur, soit une pente moyenne de $0^m,7296$ par kilomètre. Cette pente est distribuée suivant trois niveaux, auxquels correspondent respectivement les sections indiquées.

D'après la formule de Darcy, les portées, pour les trois sections, seraient de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires


ROMA
Via Tiburtina
Via Appia Antica
Via Latina
Via Casilina
Via Prenestina
Via Labicana
Via Tuscolana
Via Ardeatina
Via Ostiense
Via Portuense
Via Aurelia
Via Flaminia
Via Salaria
Via Nomentana
Via Collatina
Via Cassia
Via Clodia
Via Trionfale
Via Triumphalis
Via Campana
Via Gabina
Via Labicana
Via Latina
Via Appia
Via Ostiense
Via Portuense
Via Aurelia
Via Flaminia
Via Salaria
Via Nomentana
Via Collatina
Via Cassia
Via Clodia
Via Trionfale
Via Triumphalis
Via Campana
Via Gabina
Via Prenestina
Via Tiburtina
Via Ardeatina
Via Tuscolana

5 931, 5 183 et 4 859 onces, mais il a été reconnu par des expériences que chaque section indistinctement débite jusqu'à 6 000 onces.

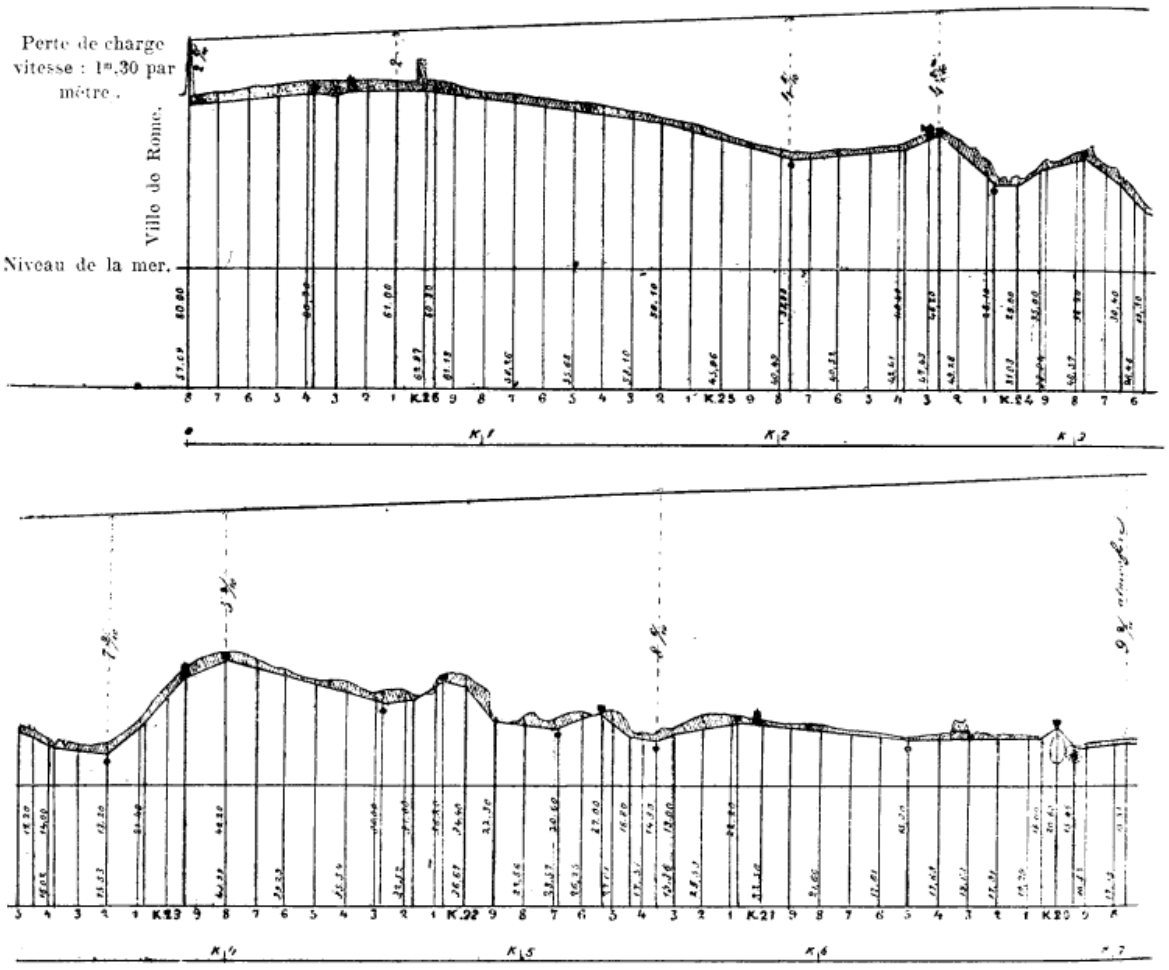


Fig. 24. — Aqueduc de l'*eau Pia;* profil du siphon sur les 7 premiers kilomètres à partir de Rome.

A raison de 1 053 litres d'eau à la seconde, que débite l'aqueduc, les chutes représentent ensemble une force hydraulique de 1 558 chevaux, utilisable pour fournir l'eau aux nombreuses localités situées à une altitude supérieure, qui en manquent : Cantalupo, Vicovaro, Castel Madama, Santo Polo, Monticelli, etc.

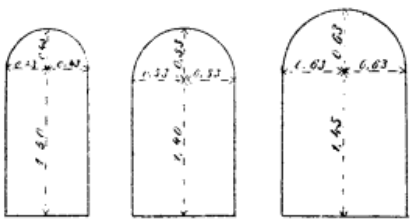


Fig. 25. — Profils types du premier aqueduc *Pia*.

A Antignani, la chute d'eau disponible permet d'élever l'eau à 220 mètres.

Sous chacune des chutes, on a ménagé un puits avec regard (*bottino*), qui sert à amortir le frottement, à réduire la vitesse de l'eau, à renouveler l'air, à re-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cueillir les corps étrangers et à faciliter l'accès pour le curage et les réparations.

Au passage des ruisseaux, des canaux, etc., l'aqueduc est en siphon. On

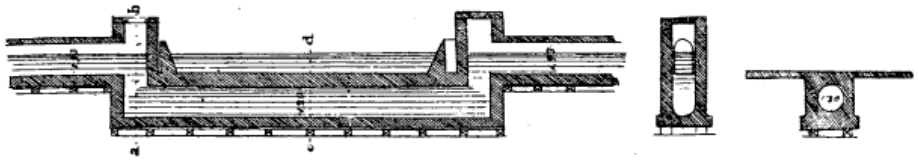


Fig. 26. — Premier aqueduc *Pia*. Coupes du siphon au kilomètre 0,84.

compte cinq siphons, dont quatre dans la plaine des sources, et un sous le cours d'eau de la Scrofa, qui a une longueur de 38m,40. A l'extrémité de chaque siphon, un regard est disposé pour opérer les chasses et évacuer les dépôts. La figure 26

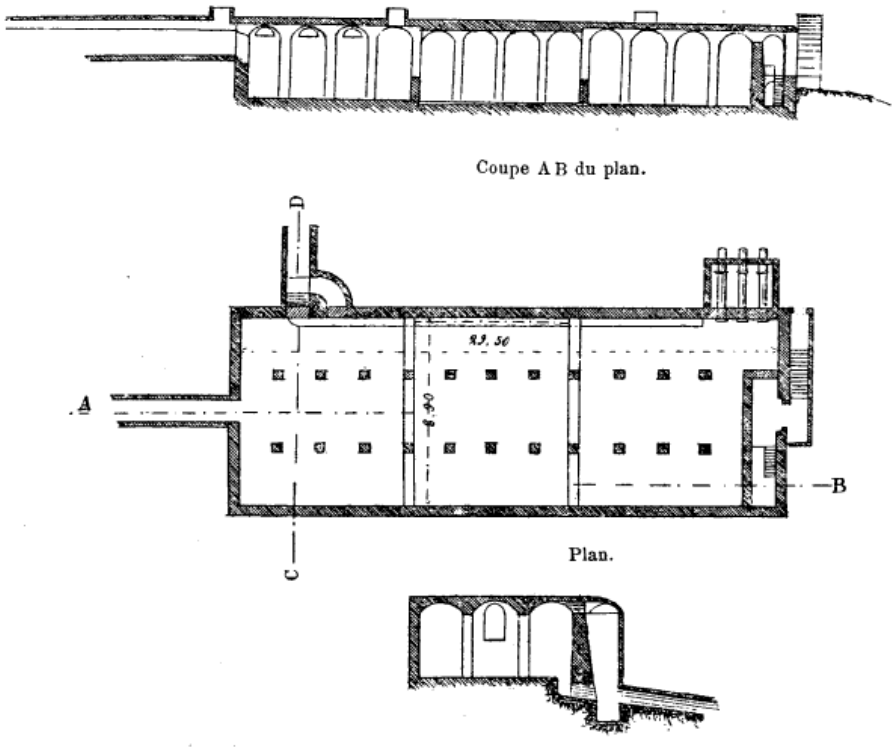


Fig. 27. — Premier aqueduc *Pia*. Ancien réservoir romain de Quintiliolo. Plan et coupes.

indique, en coupes longitudinale et transversale le siphon, au kilomètre 0,84.

Le réservoir de Quintiliolo (30×9×3,60) est partagé en trois compartiments par deux parois qui favorisent le dépôt des corps lourds entraînés (fig. 27). L'eau en sort par une grille qui arrête les corps flottants. Il est pourvu d'un puisa

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pour recevoir les dépôts et d'un déversoir en trop-plein : éclairé par des lucarnes, il est accessible par des échelles en fer à l'intérieur.

Tous les revêtements, même pour les galeries en rocher, de crainte d'infiltrations, ont été faits en ciment provenant de la roche de Castel Madama.

L'aqueduc comprend deux pieds-droits reposant sur une plate-forme et une voûte. A ciel ouvert, les pieds-droits ont $0^m,50$ d'épaisseur et $0^m,40$ dans le sol.

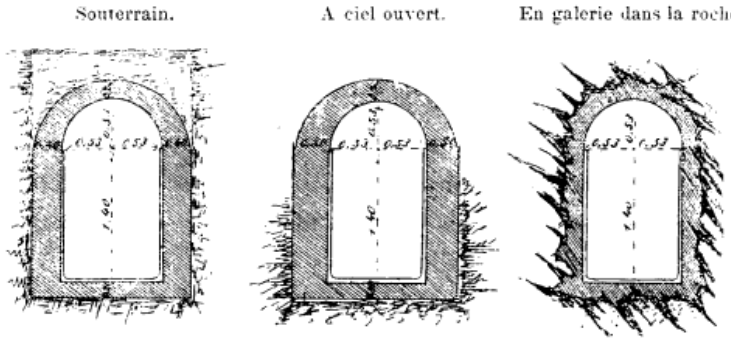


Fig. 28. — Premier aqueduc *Pia*. Types de galeries exécutées en souterrain, à ciel ouvert et dans la roche.

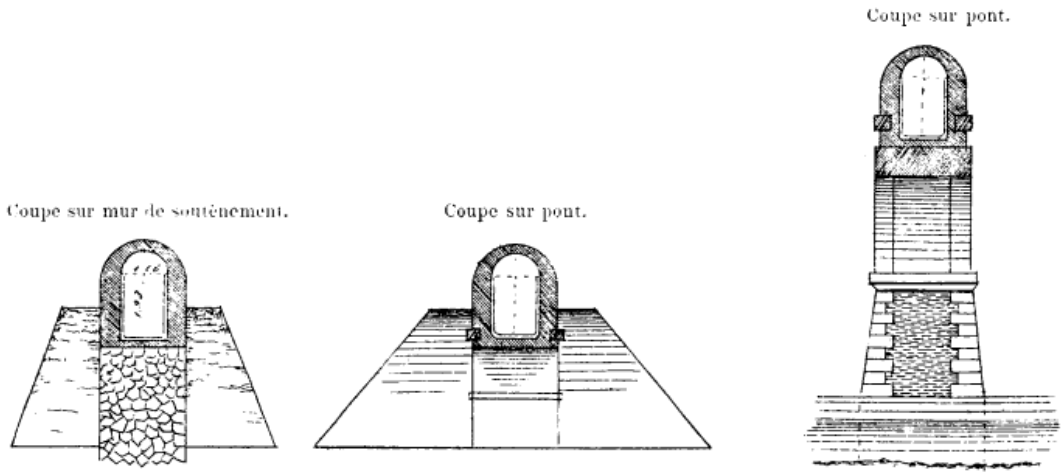


Fig. 29. — Premier aqueduc *Pia*. Coupes du conduit sur mur et sur ponts.

La figure 28 montre les sections adoptées pour l'ouvrage, sous terre, à ciel ouvert, en tunnel dans la roche et la figure 29, les sections sur les ponts.

Dans la traversée des parties marécageuses ou tourbeuses, la plate-forme de plus grande largeur a été construite en charpente avec béton (1); au pont de Licenza, elle est portée sur pilotis, et, au pont de Reali, sur voûte.

(1) L'ingénieur Berno Domenico fait remarquer que, pour la construction du second aqueduc, la toile sur laquelle le béton est versé avec beaucoup de précautions a rendu de grands services dans l'établissement de la plate-forme et des pieds droits jusqu'à la hauteur de $0^m,75$ dans les terrains humides (*Sull' acqua Pia; Memoria estratta dal Giornale del Genio civile, anno* 1892).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En résumé, l'aqueduc maçonné comprend :

11,959 m.	en déblai, à ciel ouvert.
85 —	en siphon.
11,960 —	en galeries.
2,805 —	sur muraillement et 60 ponts.
	Les regards sont au nombre de 107.
26,809 m.	

Premier siphon en fonte. — Le conduit en fonte, ou siphon, depuis le réservoir de Quintiliolo, à Tivoli, jusqu'à Rome, est formé de tuyaux de 3m,65 de longueur, 0m,60 de diamètre intérieur et 0m,018 d'épaisseur, avec raccordement sur joints en cordeau goudronné, avec plomb.

L'épaisseur de 18 millimètres est supérieure à celle qu'exigerait la pression de toute la colonne d'eau depuis Tivoli, soit 198 mètres. Soumis à l'essai d'une colonne de 300 mètres par les Commissaires du gouvernement, les tuyaux ont résisté, sans trace d'exsudation, pour une portée calculée de 1 800 onces (1).

Au lieu de chambres à air, le siphon est muni de 26 ventilateurs à flotteur, système Bettancourt, dont la figure 30 montre une coupe longitudinale sur le conduit et une section transversale. Les robinets de décharge aux points bas sont au nombre de 24, et les vannes sur conduits (*saracinesche*), de 14. La figure 31 indique une vue et deux coupes des vannes.

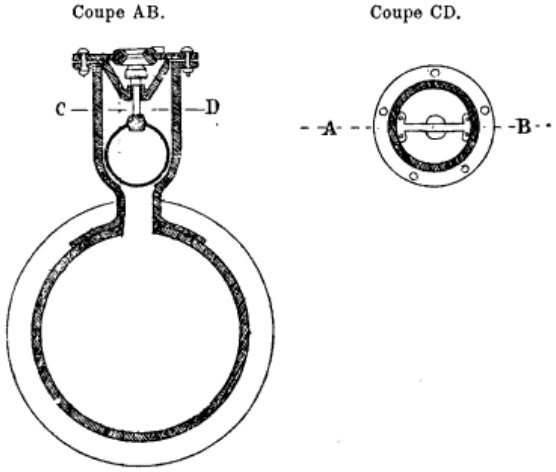


Fig. 30. — Premier aqueduc *Pia*.
Coupes d'un ventilateur à flotteur des siphons.

La pente générale du siphon étant de 18 mètres, la perte de charge a été trouvée de 0m,00402 par mètre, correspondant, dans un conduit de 0m,60 de diamètre, à une portée de 367 litres. Ainsi, à raison de 0lit,234 par seconde comme débit de l'once d'eau Pia, la portée totale est exactement de 1 568 onces d'eau pour le siphon (2).

Deuxième siphon. — En 1880, le volume d'eau porté par le siphon ayant été distribué en ville, la Compagnie décida d'établir un second siphon de même débit, en empruntant le même tracé que pour le premier, jusqu'au pont Mammolo, d'où la direction se modifie vers la porte Saint-Laurent.

Le gouvernement italien accorda pour ce deuxième siphon, de même que

(1) L'once correspond à 0lit,234 par seconde (Berno Domenico, *loc. cit.*)
(2) *Brevi Notizie sull'acqua Pia*, p. 75.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'avait concédé le gouvernement pontifical pour le premier, le droit d'expropriation en vue d'une nouvelle zone de 6 mètres de largeur sur 6 milles de longueur. Le débit à la cote de 100 mètres, de 15 000 onces d'eau (30 000 mètres cubes en vingt-quatre heures) a permis, dès l'achèvement en 1883, de doter d'eau les hauts quartiers alors en construction, ainsi que ceux des faubourgs.

Par une convention du 2 décembre 1885, la commune de Rome s'était fait réserver 200 onces d'eau par siphon, pour le service public en ville, et 100 onces pour le service de la banlieue, avec l'obligation, pour la Compagnie, de poser à ses frais les conduites maîtresses et de donner l'eau au prix minimum aux maisons ouvrières; elle lui accordait en retour le droit exclusif de poser des conduites d'eau pendant vingt-cinq ans. Plus tard, en mai 1886, la Compagnie s'engagea vis-à-vis de la Commune à poser une conduite jusqu'à Fiumicino, et vis-à-vis de la Direction du génie, une autre conduite jusqu'au mont Mario.

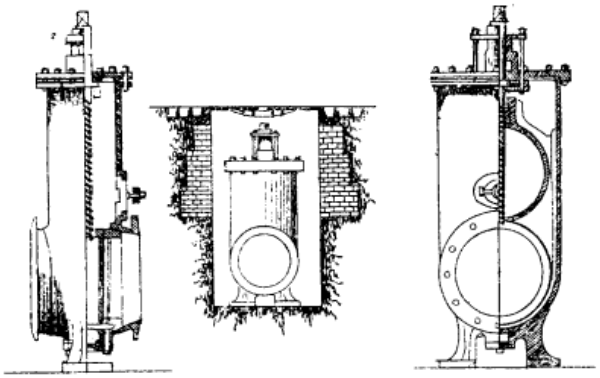


Fig. 31. — Premier aqueduc *Pia*.
Élévation et coupes d'une vanne des siphons.

Troisième siphon. — L'extension donnée à la distribution rendit indispensable la construction, en 1885, d'un troisième siphon dans la même zone que le premier, afin d'épuiser le volume total de 5 000 onces (100 000 mètres cubes) aménagé par l'aqueduc à Tivoli. Grâce au captage déjà opéré des sources de la *seconde serena*, ce siphon fut achevé en 1887.

La longueur totale de ce siphon est de 26 390 mètres. Il a été posé sur le côté droit du premier, à la même ordonnée, sauf au passage du terrain marécageux, situé au 9e kilomètre.

Au sortir de la villa Mirafiori, après avoir traversé la voie Nomentana, il débouche dans la voie de Porta Salaria et atteint la voie Flavia, d'où part la distribution.

L'établissement de ce siphon a nécessité l'agrandissement des galeries, leur revêtement et le remaniement des puits-regards (*tombini*), comme aussi des murs de soutènement.

Au fur et à mesure de l'avancement, on procédait à l'épreuve des tubes avec surcharge de deux atmosphères.

A l'extrémité du siphon, l'occlusion étant effectuée par des plaques métalliques, le manomètre a permis de relever une pression sur la surface close $0^{m^2}.282$ de 51,86 tonnes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

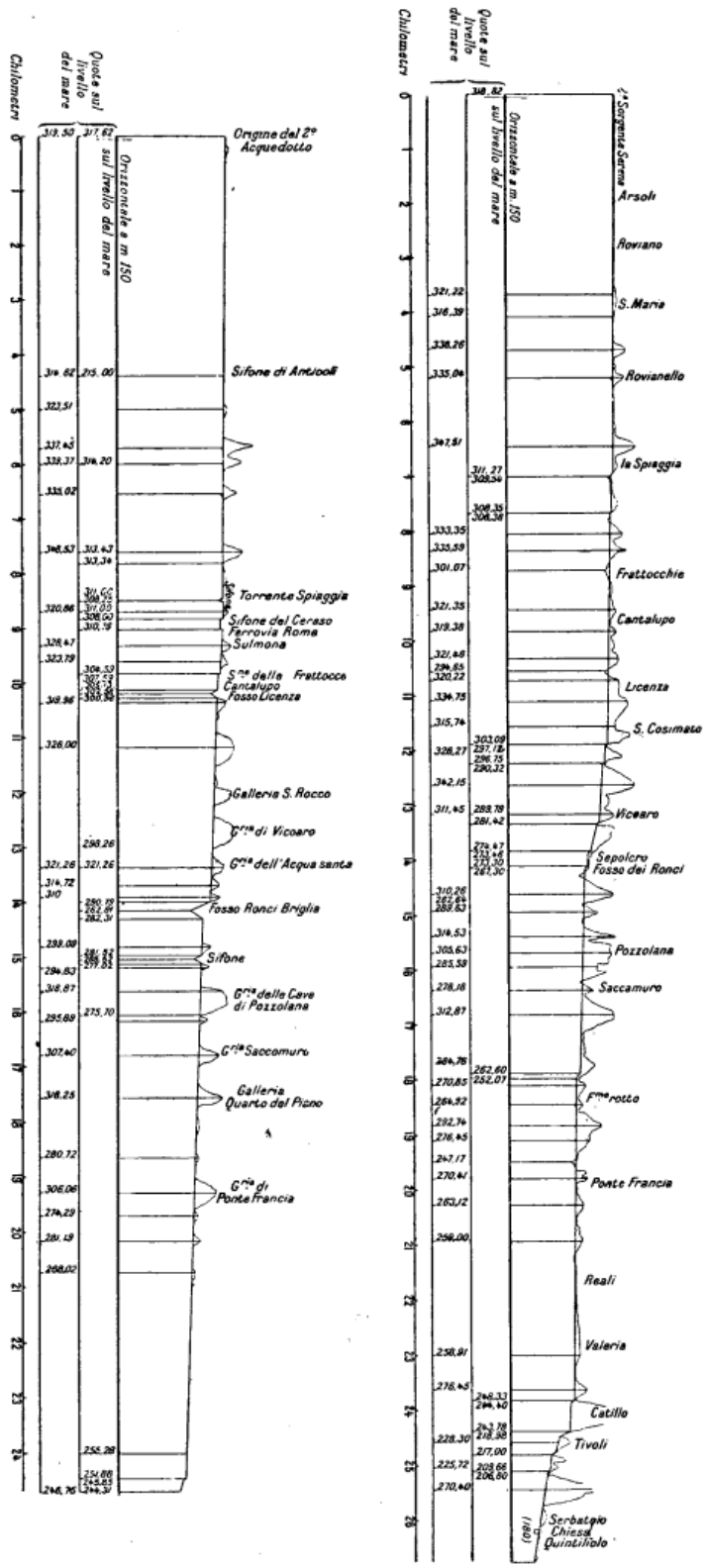


Fig. 32. — Deuxième aqueduc *Pia*. Profil depuis les sources jusqu'au réservoir de *Quintiliolo*, sur 26 kilomètres.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Conduite du Mont Mario. — Pour cette conduite, qui approvisionne le fort construit à la cote de 145 mètres au-dessus du niveau de la mer, le tracé comporte, à partir du 9e kilomètre, sur le troisième siphon, une longueur de 22 422 mètres. En vue d'une portée de 100 onces d'eau, le diamètre du tuyau est de 0m,35. Des 6 181 tuyaux soumis à la pression de 30 atmosphères pour essai, 266 seulement furent refusés et remplacés (1).

Second aqueduc.

Depuis 1885, la Compagnie a fait exécuter un second aqueduc de prise, mis en service en 1896, qui conduit à Tivoli 10 000 onces d'eau (200 000 mètres cubes) supplémentaires, provenant des groupes de sources de la *première* et de la *troisième serena*, de la *Rosolina* et du lac Sainte-Lucie.

Le tracé de cet aqueduc suit la rive droite de l'Anio, en accotement du

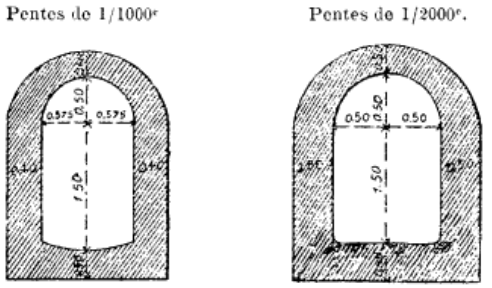


Fig. 33. — Deuxième aqueduc *Pia*.
Sections de l'aqueduc pour les pentes de 1 et 2 millièmes.

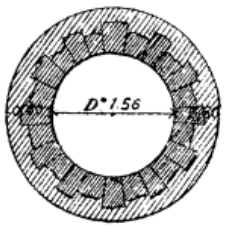


Fig. 34. — Deuxième aqueduc *Pia*.
Type de galerie souterraine.

chemin de fer et de la route provinciale, sur les trois premiers kilomètres, afin d'éviter la plaine marécageuse remplie de fontenages ; puis, l'ancien aqueduc Marcia, à un niveau supérieur à celui des plus hautes crues. Aux arcades qui traversaient du temps des Romains les vallées Ceraso, Frattocce, Licenza, Sepolcro et Boccoccio, ont été substitués des siphons en fonte souterrains. D'ailleurs, le canal est sous terre à une profondeur d'au moins 1 mètre sur presque tout le parcours. Le profil est indiqué dans la figure 32.

Construit en pierre calcaire ou de tuf, avec mortier à la chaux et pouzzolane volcanique de Vicovaro, le canal est revêtu intérieurement de ciment.

La section de la cuvette adoptée comme type normal est rectangulaire ou trapézoïdale, avec une voûte dont la hauteur au-dessus du radier est de 2 mètres. La largeur varie suivant les pentes. La figure 33 représente les sections adoptées pour les pentes de 1 et 2 millièmes. Dans les terrains argileux ou

(1) Berno Domenico, *loc. cit.*, p. 16.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

marneux et friables, à Signora, Cantalupo, Vicovaro et Lapide, les galeries ont une section circulaire (fig. 34).

Les regards qui permettent la visite du canal et les réparations sont au nombre de 44. Les ouvrages exécutés à l'entrée et à la sortie des divers siphons, pour

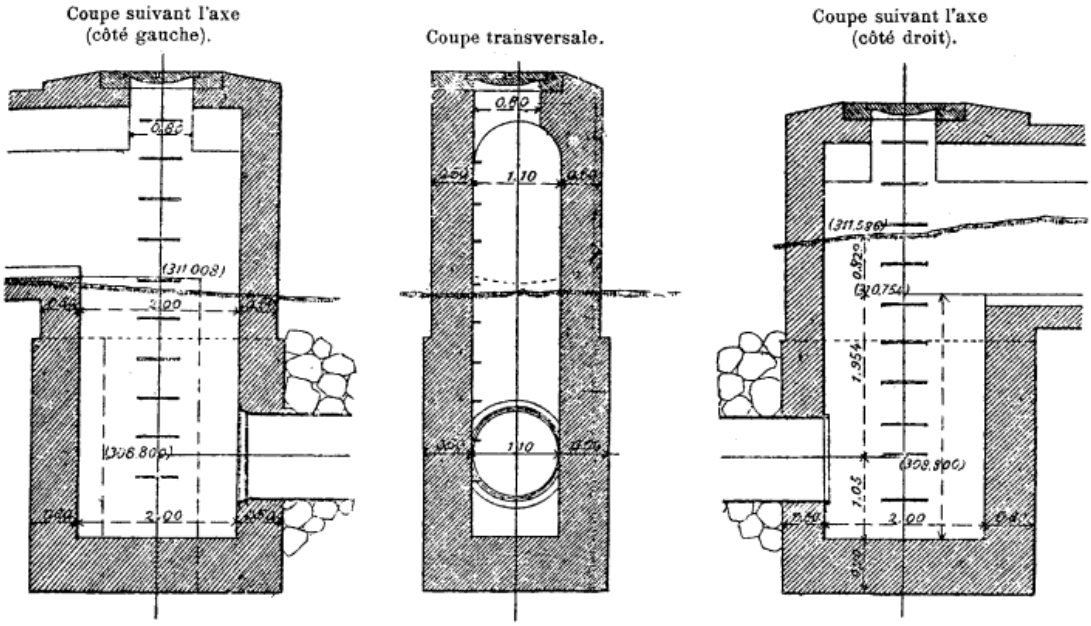


Fig. 35. — Deuxième aqueduc *Pia*. Regards des siphons en fonte. Coupes à l'entrée et à la sortie, et coupe transversale.

donner toutes facilités à la surveillance des conduits en fonte, sont représentés en coupes longitudinales et transversales en figure 35.

La pente totale de 63m,86 jusqu'à Tivoli, est réduite à 43m,75 par six chutes avec puits en pierre. La cote d'arrivée est à 256m,80 au-dessus du niveau de la mer.

L'ouvrage entier comprend :

	Mètres.
Tranchées	14,565
Galeries ordinaires	8,071
— à section circulaire	1,966
Siphons en fonte, aux diamètres de 1m,25, 1m,10 et 0m,80	1.172
Sur arcades	179
Total	25,953

Le coût, y compris les expropriations et les travaux de captage des sources, s'élevait, fin 1894, à 2 544 644 francs.

Le gouvernement a reconnu comme implicitement comprises dans la concession pontificale, toutes les sources de la vallée d'Arsoli, sauf celles d'Augusta,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

par une convention du 10 octobre 1891 : ce qui a entraîné la franchise de droit pour l'entrée des siphons nécessaires à l'établissement du second aqueduc. De plus, la Compagnie a transigé avec le prince Massimo, pour la mise en possession du lac Sainte-Lucie. Enfin, elle a obtenu que la Commune prît à sa charge, pour la distribution en ville, 50 onces d'eau sur les 100 onces conduites à grands frais dans la banlieue, sans trouver preneurs.

Fontaine de Termini. — La fontaine monumentale que la Compagnie de l'eau Pia s'était engagée par l'acte de concession à ériger sur la place de Termini,

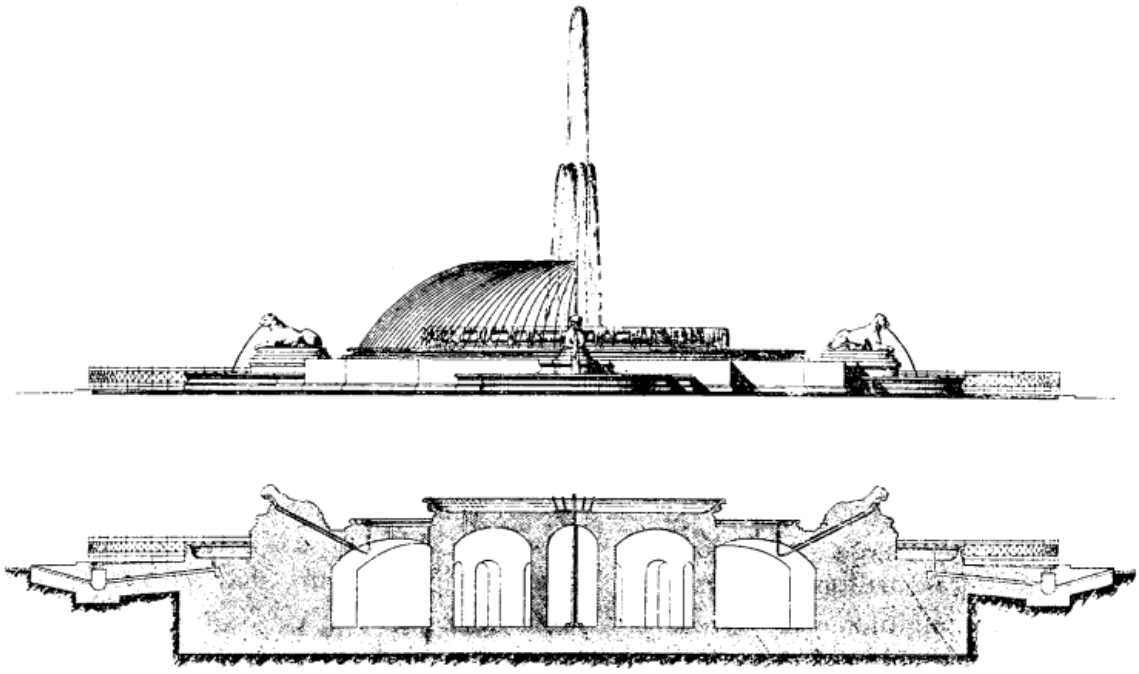


Fig. 36. — Aqueduc Pia. Détails de la fontaine monumentale de la place *Termini*. Élévation et coupe.

surmonte un réservoir d'une contenance de 1000 mètres cubes d'eau, destiné au service de voirie des bas quartiers de la ville. En conséquence, le niveau de l'eau a du être maintenu dans le réservoir à 1ᵐ,13 au-dessus du niveau de la place.

Construite par l'ingénieur Alexandre Guerrieri, elle consiste en un vaste stylobate surélevé de 1ᵐ,45 au-dessus du sol, de forme octogone, dont les faces inégales ressortent en servant d'adossement à quatre vasques semi-circulaires dans lesquelles quatre sphinx jettent l'eau. Au-dessus du stylobate, un grand bassin circulaire de 16ᵐ,50 de diamètre est entouré de cent quatre-vingt-cinq jets convergeant vers le centre d'une vasque supérieure, de moindre diamètre (10ᵐ,40), d'où émergent six jets puissants, retombant en pluie, et un jet central à toute hauteur.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Sauf l'eau qui coule dans les demi-vasques par la gueule des sphinx, le débit retourne au réservoir.

La figure 36 représente l'élévation et la coupe de l'édifice, dont la figure 22 donne une vue photographique.

Distribution. — Les chambres à régulateur de pression (fig. 37) où débouche chaque siphon, distribuent l'eau aux conduits sous une pression correspondante à 80,92 et 100 mètres d'altitude. Les siphons sont reliés entre eux de façon à pouvoir se remplacer en cas d'accident.

Sur les points plus élevés, chaque conduite de branchement est pourvue de ventilateurs à flotteurs, et, sur les points les plus bas, de vannes de décharge aux égouts. Des vannes, en tête de chaque conduite maîtresse, permettent d'isoler tel branchement, quand cela devient nécessaire, sans arrêter l'écoulement de l'eau dans les autres.

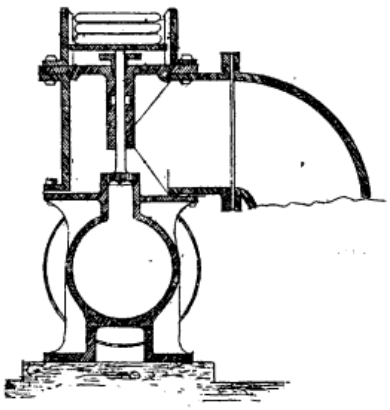


Fig. 37. — Distribution de l'eau *Pia*. Coupe d'un régulateur de pression.

Quarante stations manométriques situées sur divers points de la ville servent à contrôler et à régler la pression des conduits; de plus, un fil téléphonique relie le bureau de Rome avec la station d'alarme de Castel Arcione, à 16 kilomètres en amont.

Le système adopté pour maintenir la pression constante jusqu'aux étages des maisons les plus hautes, en modérant la charge à l'aide de régulateurs sur les conduites maîtresses, consiste dans l'emploi de jauges directement appliquées aux tuyaux de distribution. Un disque de cristal, au centre duquel est percé un orifice, assure l'écoulement continu, qui correspond au débit constant de 20 mètres cubes par vingt-quatre heures. Un cachet, que relie un fil de plomb, est apposé par le fontainier sur chaque module de jauge pour éviter toute altération. L'abonné s'engage par un récépissé signé à maintenir le cachet intact, conformément aux règlements de la Compagnie, sous peine d'être privé d'eau, de rembourser le prix de l'eau détournée, etc. Aux termes des articles 678 et 679 du Code pénal, tout délinquant est passible d'un mois de prison et d'une amende pouvant atteindre 500 francs.

Situation de la Compagnie concessionnaire. — La crise immobilière qui sévit à Rome depuis 1889 a ralenti momentanément les progrès de la Compagnie, autorisée à compter d'une part sur le développement des contrats à prix réduit pour l'utilisation agricole et industrielle de l'eau, et d'autre part, sur un nombre croissant d'abonnements dans les quartiers projetés, ou abandonnés après avoir été construits.

En attendant que la situation générale s'améliore, la Compagnie, comme le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

montre le tableau ci-dessous, dressé d'après les comptes rendus de ses assemblées générales annuelles (1), n'en a pas moins suivi depuis 1890 une marche ascendante, qui se résume par une canalisation de 239 600 mètres de longueur, avec un diamètre moyen de $0^m,145$, 21 532 prises d'eau et un produit annuel de taxes dépassant 100 000 francs au 31 décembre 1896.

EXERCICES	CANALISATION INTÉRIEURE			DISTRIBUTION				ENTRETIEN GÉNÉRAL	
	LONGUEUR totale en fin d'exercice	LONGUEUR pendant l'exercice	DÉPENSES pendant l'exercice	NOMBRE de bouches en fin d'exercice	AUGMENTATION pendant l'exercice		DÉPENSES pendant l'exercice	PRODUIT annuel des taxes	COUT annuel
					BOUCHES totales	BOUCHES trimestrielles			
	m.	m.	fr.				fr.	fr.	fr.
1890	221 604	2 904	33 494	17 863	926	244	18 519	96 235	93 010
1891	224 074	2 910	31 029	18 502	819	234	15 284	100 417	76 928
1892	226 869	2 795	»	19 212	710	191	9 526	103 856	94 046
1893	230 555	3 686	22 647	20 017	805	163	9 268	104 949	89 958
1894	231 756	1 200	8 234	20 575	558	98	7 108	108 558	99 380
1895	237 025	5 269	22 574	21 065	490	94	5 081	108 210	92 283
1896	239 600	2 575	14 280	21 532	467	77	16 050	109 328	102 627

A la fin de l'année 1896, le débit de l'eau Marcia s'élevait à 4100 onces (85 000 mètres cubes) en vingt-quatre heures, indépendamment d'une réserve de 20 000 mètres cubes pour les trois siphons du premier aqueduc.

Grâce au second aqueduc, le débit pourra être augmenté de 200 000 mètres cubes, par des siphons, au fur et à mesure des besoins, et atteindre finalement 300 000 mètres cubes en vingt-quatre heures (2).

4. — Eaux de sources diverses.

Les sources abondent dans le tuf perméable, non seulement aux environs de Rome, mais dans Rome même; elles concouraient jadis, comme aujourd'hui, à l'approvisionnement des habitants en eaux potables et d'arrosage et en eaux industrielles. Plusieurs, dans la suite des siècles, ont été aveuglées et perdues; d'autres ont été retrouvées et sont utilisées pour les fontaines.

(1) *Società anonima dell'Acqua Pia* (*Antica Marcia*), *Assemblea generale dei* 24 *Marzo* 1891, 26 *Febbraio* 1892, 25 *Febbraio* 1893, 22 *Febbraio* 1894, 23 *Marzo* 1895, 22 *Febbraio* 1896, *et* 22 *Febbraio* 1897.

(2) Les renseignements concernant le deuxième aqueduc et les récents travaux de la compagnie qu'a décrits l'ingénieur Berno Domenico (*Giorn. del Genio civile*, 1892), ont été gracieusement complétés par M. Sinibaldi, ingénieur en chef de la compagnie, à la demande de M. le comte Langrand, l'un des syndics suppléants.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Cirque Maxime. — Entre le Palatin et l'Aventin, là où s'élevait le cirque Maxime, agrandi par César, embelli par les empereurs, pouvant contenir 200 000 spectateurs; où Totila, après le saccage de la ville, donna les dernières courses, émergaient des sources qui auraient servi encore, au xv^e^ siècle, à l'abreuvage des bestiaux, à l'arrosage des jardins et aux moulins à blé. Des commissaires spéciaux étaient alors préposés à leur surveillance (1).

La Marrana Mariana. — Il ne reste plus, de ces sources du Cirque, que le ruisseau d'eaux courantes, la Marrana Mariana, qui descend de Frascati à travers les territoires de Marina et Grottaferrata, vers la porte Saint-Jean, entre dans la ville par la porte Metronia et coule, au pied du Célius, dans le cirque Maxime, pour se jeter finalement dans le Tibre, à la porte Leone (2).

La Mariana est-elle l'ancienne eau Cabra des Tusculans, comme le veut Nibby; ou bien, l'eau Julia qu'Agrippa dériva par un aqueduc, suivant Lanciani?

Toujours est-il qu'elle est canalisée sur 20 kilomètres environ, et voûtée sur 940 mètres, depuis que le pape Calixte II inaugura, le 23 septembre 1122, l'entrée des eaux à la porte Saint-Jean. En 1157, le Sénat, ayant restauré les murs, donna accès à la Mariana dans l'enceinte, par la porte Metronia (3).

Le statut romain (1580), au chapitre des *Aquæ Maranæ*, enjoignait de maintenir le tirant d'eau à 4 palmes, avec une largeur de 8 palmes à la charge des riverains usagers.

Jusqu'à ce jour, la Mariana a été régie, dans les conditions fixées par le statut, d'abord par la Commune, puis par le chapitre de Saint-Jean de Latran, par le Camerlingue de la sainte Église (1820), et finalement par les usagers réunis en syndicat, qui pourvoient aux dépenses d'entretien et règlent le prix de l'eau, de même que l'horaire de distribution entre maraîchers, meuniers et teinturiers (4).

Autres sources. — Si la source de *Juturne* (5) et celle de *Pirus* ou *Faunus*, qui émergeaient du pied de l'Aventin, dont font mention plusieurs anciens auteurs, n'ont pas été retrouvées, celle de *Mercure*, supposée la même que l'eau *Argentine*, a été l'objet d'une restauration par les soins des conservateurs du peuple

(1) *Statuto di Roma*, 1471, lib. II.

(2) Nibby, *Annali*, II, 519.

(3) *Anno* MCLVII *Incarna. Dni. Iliv. Xti. S. P. Q. R. hec menia vetustate colapsa restauravit. Senatores*, etc.

(4) Loi du 19 juin 1873 sur la liquidation des biens ecclésiastiques, en vertu de laquelle le syndicat a dû se constituer, conformément aux prescriptions en vigueur dans le reste de l'Italie.

(5) Elle est connue dans l'histoire, écrit Petit-Radel, par l'apparition supposée de Castor et Pollux, après la défaite des Latins, près du lac Regille. Au sortir de la caverne dite Lupercal, elle s'écoulait sous le tuf dans la Cloaca Maxima.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

romain, en l'an 1564, sous le nom de fontaine Saint-George; en même temps ils faisaient procéder à la construction des palais du Capitole, d'après les plans de Michel-Ange (1). Cette fontaine desservait un lavoir confié à la surveillance d'un ou de plusieurs commissaires : les eaux débouchaient dans la grande cloaque.

Parmi les autres sources qui approvisionnent des fontaines, les unes sont situées sur la rive gauche du Tibre, à savoir : celles du *Grillo*, qui sourd sur le versant sud du Quirinal; de *San Felice*, sur le versant ouest du même mont (couvent des Pères Capucins), et la *Sallustiana*, sur le versant nord, la plus copieuse de toutes; ce qui a fait croire qu'elle provient d'un ancien aqueduc souterrain ou bien des anciens marais *Petronia* et *Caprea*, alimentés par des ruisseaux pérennes. Les autres sources, sur la rive droite, sont la *Lancisiana*, sur le versant du mont Janicule, au pied de San Onofrio, que Clément XII fit conduire au bourg San Spirito (1720) et Pie VIII, à l'hôpital du même bourg (1830) ; de *Pia*, amenée du pied du Janicule, hors de la porte San Pancrazio, par Pie IV, pour la fontaine de Porta Cavalleggieri, puis, par Léon XII, en 1827, au port Leonino ; l'*Innocenziana*, dont le pape Innocent XI dota une petite fontaine publique, au bas de la montée qui conduit à Saint-Pierre in Montorio; la source de *Saint Damas*, découverte par ce saint, en l'an 367, en dehors de la porte dite Cavalleggieri, et conduite par ordre d'Innocent X au Vatican ; celle des *Abeilles* (*delle Api*), qui émerge du versant du mont Vatican, dans les jardins du pape, et fut dirigée, par ordre d'Urbain VIII, dans la cour du Belvédère, etc. (2).

Les eaux de ces nombreuses sources renferment une dose très minime de matières fixes.

Indépendamment des sources, la nappe souterraine approvisionne de nombreux puits, dont les eaux sont souvent bonnes pour les usages domestiques. Leur degré hydrotimétrique varie entre 20° et 50°. Pour un certain nombre de ces eaux, imprégnées de matières organiques, les puits ont été fermés par mesure d'hygiène. Les puits sont peu profonds dans les bas quartiers : environ 6 mètres; dans les collines, leur profondeur atteint de 10 à 35 mètres.

D'après les différents jaugeages exécutés à une date plus ou moins récente, on évalue le débit total des eaux souterraines sur la rive gauche du Tibre, dans Rome même, à plus de 3 mètres cubes par seconde. Ces eaux se rendent par les égouts dans le fleuve (3).

Enfin, le Tibre fournit des eaux salubres et potables, mais seulement après décantation. C'est leur trouble, pour ainsi dire habituel, qui s'oppose à leur consommation.

(1) « *S. P. Q. R. Subterraneos fontes in foro boario, ab imo in superficiem terræ ad communem usum suis sumptibus eduxit MDLXIV...* »

(2) *Brevi Notizie, loc. cit.*, p. 107.

(3) F. Giordano. *Cenni sulle condizioni di Roma*, 1871, p. 66.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

5. — Qualité des eaux.

Eaux anciennes. — Quelque difficiles que se soient montrés les Romains sur la qualité de leurs eaux potables, et quelques soins qu'ils aient pris pour la leur conserver, ils se laissaient guider surtout par les caractères organoleptiques; la fraîcheur, la limpidité, la saveur et l'odorat. La composition qualitative des eaux ne pouvait jouer aucun rôle dans leur classement.

Qu'une eau fût jugée trop limoneuse et insalubre, comme celle de l'*Anio vetus*, on la destinait aux arrosages et aux spectacles nautiques; il en fut de même de l'eau *Alsietina*, et plus tard de l'eau *Cabra*, venant des sources de la vallée Molara. dont Agrippa fit abandon aux Tusculans.

Les opinions que donnent les écrivains, d'après la tradition, et principalement Frontinus, sur les vertus des eaux des aqueducs de l'ancienne Rome, outre qu'elles ne sont guère d'aucun secours aujourd'hui, dans l'incertitude où l'on se trouve quant à l'ubiquité et à l'état de conservation des sources, après le travail des siècles, ne sauraient être invoquées, sinon pour témoigner de la recherche extrême apportée par les Romains aux divers emplois, suivant leurs propriétés, des eaux dont ils avaient enrichi leur capitale.

Ainsi, les eaux des aqueducs *Marcia* et *Augusta*, également bonnes, et supérieures, suivant Pline, à toutes les autres, étaient exclusivement consommées comme boisson.

L'eau *Claudia*, augmentée de l'*Albodina*, était jugée si salubre qu'elle pouvait suppléer l'eau *Marcia* sans aucun inconvénient. L'eau *Trajane*, jouissait des mêmes avantages quant à la consommation alimentaire.

Pour obtenir une fraîcheur plus convenable, les eaux froides de *Julia* (10° à 11° cent.) et celles plus chaudes de *Tepula* (16° à 17° cent.), étaient mélangées à leur arrivée en ville. L'eau de l'*Anio novus* restant trouble, même après décantation, comme toutes celles qui sont puisées dans les rivières, Néron fit reporter la tête de l'aqueduc au lac de Subiaco, afin d'obtenir une eau fraîche, limpide, comparable à celle de la *Marcia*.

L'eau *Vierge*, jugée de qualité inférieure comme boisson, par Pline, était réservée pour les bains, quoique Frontin la célèbre « pour son admirable pureté parce que, sans doute, elle est exempte de toute souillure; car, dit-il, tandis que les autres eaux sont troublées par le limon qu'entraînent les pluies, celle-ci, par sa limpidité, semble annoncer une atmosphère très sereine. » L'*Alsietina*, rendue peu salubre par les détritus végétaux du lac et souvent trouble, avait pour destination principale la naumachie d'Auguste. Elle paraît n'avoir été employée, pendant longtemps, que comme supplément à la quantité insuffisante

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des eaux meilleures que la rive droite du Tibre recevait de la rive gauche (1).

Ainsi, pour l'usage des bains, devenus un besoin public, comme pour la distribution dans les rues, places et marchés, et pour l'ornement de leurs magnifiques fontaines parées de colonnes et de statues de marbre, les eaux claires étaient choisies de préférence; presque tous les notables habitants de Rome les avaient à domicile, en vue des usages domestiques, des bains et des bassins d'agrément.

Eaux actuelles. — Les eaux de Rome moderne passent avec raison pour les meilleures que l'on rencontre dans les capitales de l'Europe, sans en excepter Vienne. Il faut avoir séjourné quelque temps à Rome pour apprécier comme il convient le bienfait d'eaux potables prodiguées en excès, s'il est permis de dire qu'il y a jamais excès dans le volume d'eaux d'une qualité et d'une composition exceptionnelles livrées à la consommation.

A la demande de la Commune de Rome, l'Institut chimique, dirigé par le savant professeur Cannizzaro, a fait, en 1884, une analyse complète des eaux des aqueducs, et publié un mémoire qui tranche la question scientifique, quant à leur parfaite innocuité (2). Ce travail dispense de recourir aux analyses antérieures, interprétées avec plus ou moins de partialité pour le besoin de comparaison avec d'autres eaux.

Sous le rapport physique, les quatre eaux, Vierge, Felice, Pauline et Marcia, également limpides, inodores et insapides, quoique l'eau Pauline se classe au dernier rang, présentent les températures suivantes, relativement à celles de l'air ambiant :

Eaux des aqueducs.		Dates.	Températures centigrades	
			de l'eau.	de l'air.
Vierge	en ville.	28 juin 1884	15°,7	»
	aux Pantanelle.	16 mars 1884	16°	16°-17°
	à la Tour.	— 1884	15°,3	16°-17°
	au point de jonction. . . .	— 1884	15°,5	16°-17°
Felice	en ville.	juin 1884	16°	»
	aux sources.	28 mai 1884	14°,5-15°	»
Pauline	en ville.	7 mars 1884	12°,2	13°,5
	à Borgonara (eau Trajane).	20 juin 1884	17°	»
Marcia	en ville.	12 mars 1884	10°	11°,5

Sous le rapport de la couleur, aucune de ces eaux, soumise à l'appareil Crookes, n'a révélé de traces appréciables. L'eau Pauline qui, seule, offre une coloration possible, contient moins de matières organiques que les autres.

(1) *Second Mémoire sur les eaux de Paris, loc. cit.*, p. 8.

(2) *Analisi chimica delle acque potabili della Città di Roma, eseguita dal Prof. F. Mauro e dai Dottori Nasini e Piccini. Roma*, 1884.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Comme dureté permanente, les eaux ont donné en degrés, tels qu'ils sont usités en France :

	Dureté trouvée.	Dureté calculée.
Eau Vierge	2,60	2,36
— Felice	2,47	2,50
— Pauline	2,86	2,58
— Marcia	0,37	0,38

et comme résidu fixe, en cent millièmes, pour 100 litres d'eau :

	à 160°	à 180°
Eau Vierge	37,28	36,92
— Felice	44,80	43,84
— Pauline	29,00	27,80
— Marcia	29,64	28,60

Comme résultats des analyses quantitatives nombreuses, exécutées au laboratoire de l'Institut, le tableau suivant reproduit, pour 100 litres d'eau, les poids des corps ou composés dont il est convenu de tenir compte, afin d'apprécier les qualités potables d'une eau, indépendamment de son degré de dureté et du résidu fixe à 180°.

EN CENT MILLIÈMES	VALEURS LIMITES	EAUX			
		VIERGE	FELICE	PAULINE	MARCIA
Oxyde de calcium	11 à 12	8,52	13,72	3,91	11,0
Oxyde de magnésium	4,0	1,87	2,77	1,88	3,28
Acide sulfurique anhydre	2,6—3	1,702	2,036	2,09	0,264
Chlore	0,2—0,8	1,283	1,001	3,728	0,39
Acide nitrique anhydre	0,4	0,826	0,616	0,283	0,278
Acide nitreux anhydre	0	traces	traces minimes	0	0
Ammoniaque	0	0	0	traces minimes	0
Volume d'oxygène (proc. Tidy, 3e heure)	0,05 à 0,25	0,0096	0,0064	0,0104	0,0032

Les valeurs limites assignées dans ce tableau, par les analystes, aux composés chimiques des eaux, sont des minima proposés jusqu'ici, aussi bien par Fischer, Reichardt, Kubel et Tiemann que par la Commission de Vienne. Elles n'ont d'ailleurs qu'une importance relative, car la présence de certaines substances, ou leur prédominance, n'offre d'intérêt décisif qu'autant que, n'étant pas nuisibles par elles-mêmes, elles ne révèlent pas une source de contamination nocive.

Ainsi, quand une eau ne renferme pas de matière organique animale, reconnue comme l'élément le plus pernicieux, et que la source des nitrates

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

n'est pas suspecte, il n'y a pas plus lieu de la condamner que pour une dose de chlorure de sodium, pour ainsi dire infinitésimale dans l'état de dilution où il se rencontre.

Eau Vierge. — D'après cela, l'eau Vierge, très limpide, exempte de coloration et d'odeur, bien aérée, agréable au goût, d'une température à peu près constante (15°), privée de toute matière organique à ses sources, et n'en offrant que des traces en ville, soit 0,0395 de carbone et d'azote sur 100 000 parties d'eau, est une des meilleures eaux de Rome. C'est celle de la fontaine de Trevi.

Eau Felice. — L'eau Felice, inodore, incolore, presque toujours limpide, d'une température constante de 16°, offre une pureté organique exceptionnelle; les traces appréciables de matière organique y sont d'origine végétale; mais la quantité de matières en dissolution y est notable, et la forte dose de chaux qu'elle renferme la fait classer comme inférieure à l'eau Vierge pour les usages domestiques et industriels.

Eau Pauline. — L'eau Pauline, en raison de ses différentes provenances, à savoir : sources des territoires de Manziana, Bassano, Vicarello, s'écoulant dans la Fiora (altitude 310 mèt.), et de Fonte Cerasa (440 mèt.) qui alimentait l'eau du lac Bracciano (160 mèt.), ont fait l'objet d'analyses sur des prises distinctes, afin d'apprécier les variations dans la proportion d'acide nitrique, de matières organiques et de chlore, dues à l'introduction des eaux du lac. Ces analyses sont relatées ci-après :

AQUEDUC PAULINE	RÉSIDU fixe à 180°	ACIDE nitrique anhydre	NITRITES	AMMONIAQUE	MATIÈRES organiques	CHLORE	DURETÉ totale
Rome. 2e château d'eau . . .	27,80	0,233	0	traces minimes	0,018	3,728	11,80
Rome. 4e château d'eau . . .	»	»	»	»	0,036	»	»
Jonction des eaux Trajane et Bracciano.	»	0,145	»	»	»	»	»
Eau du lac Bracciano	31,20	traces	»	»	0,032	4,20	11,35
Eau Trajane. Borgonara . . .	24,80	0,627	0	0	0,0064	1,74	8,29
— Fonte Cerasa . .	23,70	0,700	0	0	»	1,75	»
— Sette Botti. . . .	25,10	0,506	0	0	»	1,70	»
— Bains de Vicarello	21,10	0,507	»	»	»	1,704	»
— Eau Acetosa. . .	»	0,700	»	»	»	1,704	14,84
— des 25 sources. .	29,80	0,507	»	»	»	1,704	9,14

La composition de l'eau distribuée en ville indique la prédominance des eaux du lac de Bracciano, qui, de même que leurs congénères, ont peu de dureté, pas de nitrates, et des matières organiques végétales en proportions

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

variables, d'un effet plus sensible en été. Les eaux de Bracciano atteignent parfois une température de 25° en été ; leur niveau s'abaisse et la végétation augmente ; aussi, sont-elles moins appréciées en cette saison, de nos jours, comme anciennement ; quoiqu'elles ne soient pas moins bien aérées, et, sauf pour le chlore, d'une composition parfaitement normale.

Eau Pia. — L'eau Marcia est très limpide, inodore et incolore, bien aérée et extrêmement fraîche ; sa température, suivant les saisons, oscille entre 9° et 11° dans Rome, malgré un trajet de 54 kilomètres dans un conduit sous pression. Elle a été analysée par ordre de la Commission d'hygiène de la province, en 1874, tant aux sources (*seconda serena*) qu'au siphon, et sur plusieurs points de la distribution en ville (1), et reconnue de qualité excellente. Elle renferme moins de substances fixes en dissolution : chlorures, sulfates, nitrates et matières organiques, que l'eau Vierge ; mais plus de carbonates terreux (chaux et magnésie) (2).

Dans le rapport de date postérieure sur les eaux de Rome (1884), celui de l'Institut chimique, la composition de l'eau Marcia est déclarée égale à celle des meilleures eaux potables dérivées de terrains calcaires, sans qu'elle excède la limite assignée pour la chaux. Le carbonate y est si faiblement dissous et se sépare si facilement que, malgré le parcours servant à diminuer la proportion de résidu fixe accusé aux sources, l'eau donne lieu à quelques incrustations et à des dépôts, non seulement dans les conduites et les réservoirs, mais encore dans les chaudières à vapeur. Le mélange avec l'eau Felice, plus dure et renfermant beaucoup plus d'acide sulfurique et de silice, corrigerait, paraît-il, l'inconvénient de l'eau Marcia employée seule dans les chaudières.

De toutes manières, l'eau Marcia, exceptionnellement fraîche, exempte de toutes matières organiques, se classe par son origine, aussi bien que par ses propriétés organoleptiques et sa composition chimique, parmi les plus salubres et les plus agréables pour la consommation.

6. — Service hydraulique en 1897.

Récapitulation. — A la fin de l'année 1896, d'après les renseignements fournis par le service technique de la municipalité (3), l'approvisionnement de Rome

(1) *Relazione chimico-igienica sull'acqua Marcia dal Prof. F. Sestini, e dai Dottori Carlucci e Balestra*, Roma, 1876.

(2) Le chimiste Campbell avait publié, dès 1872, une analyse comparative des eaux Marcia et Vierge, d'où il résultait que pour une fraîcheur plus grande, 11° au lieu de 15° ; un volume de gaz plus considérable, 47 au lieu de 31 ; une proportion moindre de résidu fixe, 268 au lieu de 363, avec prédominance toutefois de bicarbonate de chaux, et moins de sulfates, de nitrates et de matières organiques, l'eau Pia (ancienne Marcia) était jugée par lui de qualité supérieure à l'eau de Trevi (*Brevi Notizie, loc. cit.*, p, 134).

(3) *S. P. Q. R., Ufficio V°, Edilità* ; 15 mars 1897.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

était assuré par les quatre aqueducs décrits, suivant les débits et aux cotes ci-après :

	Débit mètres cubes en 24 heures.	Altitude au-dessus du niveau de la mer.
	—	—
		mètres.
Eau Vierge.	64,000	20
— Felice.	22,000	62
— Pauline.	80,000	71
— Marcia (Pia)	67,280	82
	233.280	

L'eau se distribuant à jet continu, la consommation correspondante s'élevait, par mois, à 6 998 400 mètres cubes, et par an, à 83 980 400 ; ce qui représentait un débit de $2^{m3},7$ par seconde.

Le nombre d'usagers inscrits était de 15 360.

La consommation par famille étant de 690 mètres cubes par an, celle par tête, à raison de la population actuelle chiffrée à 471 272 habitants, s'évaluait à 132 mètres cubes.

Les services publics consommaient 700 litres par seconde, soit 21 772 200 mètres cubes dans l'année.

Les fontaines étaient au nombre de 138 ; les bornes-fontaines, de 259, et les siphons pour la chasse automatique des égouts, de 278.

L'eau se distribuant par once ou fraction d'once, le produit d'une once équivaut à 20 mètres cubes en vingt-quatre heures, sauf pour l'eau Vierge, dont l'once est égale à 40 mètres cubes en vingt-quatre heures.

La Commune ne dispose pas d'eau à concéder ou à vendre. Le prix auquel s'est vendue l'eau, dans quelques rares circonstances récentes, a atteint 4000 francs pour l'eau Vierge, sur base de la grande once de 40 mètres cubes ; de 3 500 francs pour l'eau Felice, et 3 000 francs pour l'eau Pauline (petite once de 20 mètres cubes).

Quant à l'eau Marcia, elle est vendue par la compagnie concessionnaire en toute propriété, ou bien louée à l'année, par trimestre et par mois, suivant un tarif spécial qui s'étend jusqu'à 1/20e d'once (1).

	Once. fr.	Demi-once. fr.	Quart d'once. fr.
Prix de vente, ville basse.	7 000	4 000	2 300
— ville haute	8 000	4 371	2 857
Cession à l'année, ville basse	300	280	150
— ville haute.	370	320	171
Cession à trois mois, ville basse.	»	»	54
— ville haute.	»	»	57

1) L'once remplit la capacité d'un litre en 4,27 secondes ; la demi-once, en 8,55 et le quart d'once en 17.10 secondes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Comme il a été déjà dit, les eaux appartenant à la Commune se distribuent par jauges hydrométriques, avec des ajutages calibrés, ou par des orifices libres, sous une hauteur de chute déterminée. Les eaux de la Compagnie Pia (Marcia) se débitent à l'aide de robinets spéciaux, timbrés, et à jet continu.

La Commune perçoit annuellement, comme taxes sur les eaux des trois aqueducs qu'elle administre, la somme d'environ 96 500 francs, plus 32 fr. 50 par once d'eau que vend ou afferme la Compagnie de l'aqueduc Pia. Les frais annuels d'entretien des aqueducs et de leur canalisation s'élèvent à peu près à la même somme que celle des recettes.

Ainsi que le fait remarquer M. l'Ingénieur en chef, R. Canevari, à l'entremise duquel sont dus les renseignements statistiques qui précèdent (1), l'estimation du service municipal est trop faible, notamment pour le débit de l'eau Pia que la compagnie même accuse ; soit 85 000 mètres cubes, au lieu de 67 280. En outre, il y a lieu, pour évaluer exactement la quantité totale d'eau dont dispose aujourd'hui la ville de Rome, d'ajouter aux $2^{m3},7$ par seconde (ou mètres cubes après rectification), 2 mètres cubes que la Compagnie de l'aqueduc Pia a dérivés depuis la fin de 1896, et environ 3 mètres cubes provenant des différentes sources locales, soit 8 mètres cubes à la seconde, ou 250 000 000 mètres cubes qui représentent un débit, par habitant, de 510 mètres cubes à l'année.

De plus, la Commune se propose de dériver à ses frais, de l'Anio directement, 3 mètres cubes à la seconde pour le lavage des égouts situés dans les hauts quartiers, indépendamment des 3 mètres cubes fournis pour les bas quartiers par les eaux de trop-plein et des nappes souterraines. En sorte que l'on peut compter sur un débit total, dans un avenir immédiat, de 11 mètres cubes à la seconde, en vingt-quatre heures, ou de 700 mètres cubes par tête et par an.

En résumé, la proportion actuellement obtenue, de 1 400 litres par jour et par habitant, excède notablement celle atteinte par les grandes cités américaines les mieux dotées (2), et laisse bien loin derrière elle celle des capitales de l'Europe, y compris Londres, Berlin, Vienne et Paris (3). Sous un ciel si souvent bleu, dans une atmosphère qu'attiédit ou qu'embrase le sirocco, que dessèche ou qu'aigrit la

(1) Lettre du 15 mars 1897.

(2) A. Ronna, *De l'assainissement des villes et des cours d'eau aux États-Unis* (*Bulletin* de novembre 1896).

(3) Dans le discours qu'il prononçait le 31 mars 1893 à l'inauguration des Eaux de l'Avre, M. Poubelle, alors préfet de la Seine, s'exprimait ainsi :

« Cette journée restera mémorable. Après la Dhuis et la Vanne, l'Avre vient à son tour apporter le tribut de ses eaux.

« Désormais, pourvue de 260 000 mètres cubes d'eau de source par jour, la ville pourra se dispenser de rien demander à ces eaux de la Seine, si décriées aujourd'hui, et qui ont, durant des siècles, suffi à son accroissement. »

Rome, aujourd'hui, pour une population qui équivaut au cinquième de celle de Paris, reçoit près de 500 000 mètres cubes d'eau de source et de lac par jour.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tramontane, le charme des eaux fraîches et limpides, qui jaillissent à profusion, jour et nuit, été et hiver, sur les places, dans les carrefours, les cours, les promenades, les jardins ou qui s'écoulent silencieusement dans le sous-sol pour l'assainir, est indicible et unique. Aussi, n'y a-t-il aucune ville qui puisse rivaliser avec Rome moderne sous ce rapport, et qui réalise à un plus haut degré les conditions de bien-être matériel pour la population et le visiteur étranger.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

AGRICULTURE

REVUE DES AMÉLIORATIONS APPORTÉES A LA PRODUCTION AGRICOLE PENDANT L'ANNÉE 1895-1896, par **M. Schribaux**, professeur à l'Institut national agronomique.

Les anciens agriculteurs étaient persuadés que la terre végétale, ainsi que les êtres vivants, a besoin de se reposer périodiquement, et encore aujourd'hui, dans les régions où la culture a fait peu de progrès, la pratique de la jachère est générale. Au nord et au centre de l'Europe, l'assolement est triennal et débute par une jachère. On ne demande à la terre, labourée à plusieurs reprises, aucune récolte; on y incorpore le fumier, puis, à l'automne, on sème le blé; la céréale occupe la terre la seconde année; au printemps de la troisième année, on sème l'avoine, à laquelle succède la jachère, et le cycle recommence.

Il faut que ce mode d'opérer, qui s'est maintenu pendant des siècles, présente de réels avantages. Pour se rendre compte de son utilité, M. Dehérain (1) a rempli quatre cases de végétation de terre végétale et les a laissées en jachère. Voici, pour la période de mars 1895 à mars 1896, les quantités d'eaux de drainage et d'azote nitrique recueillis au-dessous de ces cases.

NUMÉROS des cases.	TRAVAIL auquel les terres ont été soumises.	EAU écoulée (en millimètres).	AZOTE NITRIQUE	
			en grammes par mètre cube d'eau.	contenu dans les eaux écoulées de 1 hectare.
				Kilogrammes.
1. . . .	Sans travail depuis 1891. .	76,4	109,6	83,7
12. . . .	Travaillées à la fourche. .	98,2	120,0	117,8
13. . . .	Sans travail depuis 1893. .	90,0	109,9	98,9
14. . . .	Travail répété à la bêche.	106,0	135,6	144,6

Les quantités d'azote nitrifié sont très considérables; calculées en nitrate de soude, elles correspondraient à un épandage de 500 à 876 kilogrammes par hectare. Ces nombres sont, au reste, tout à fait d'accord avec ceux que l'auteur a constatés les années précédentes.

(1) *Comptes rendus*, t. CXXII.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ainsi, une terre nue produit sans fumier une quantité de nitrates qui atteint ou surpasse les besoins des récoltes les plus exigeantes, et puisque nous n'obtenons de forts rendements qu'à la condition de faire de grosses dépenses d'engrais, et notamment d'acquérir du nitrate de soude, il en faut conclure que les terres couvertes de végétation sont bien loin de produire des quantités de nitrates égales à celles qui apparaissent dans les terres nues.

La cause de ces différences est bien facile à pénétrer. Les plantes labourées de nos cultures sont de puissants appareils d'évaporation; les quantités d'eau qu'elles puisent dans le sol par les racines et qu'elles rejettent dans l'atmosphère par leurs feuilles sont considérables.

Si l'on se rappelle que l'humidité est la condition même de la nitrification, on comprendra comment les nitrates se produisent en bien plus grande quantité dans les terres en jachère que dans les terres emblavées, on comprendra en outre comment, aux époques où les engrais étaient rares et l'emploi du nitrate de soude inconnu, on trouvait avantage à recourir à la jachère.

Mais cet avantage se payait fort cher. La végétation du blé semé à l'automne ne tarde pas à être arrêtée par le froid; il faut, pour l'amener à son développement normal avant l'hiver, de très faibles quantités d'azote nitrique : pour un kilogramme fixé par la plante, 10, 20 peut-être sont lavés par les pluies de l'hiver et emportés dans les eaux de drainage. Faire de la jachère, c'est donc gaspiller la réserve d'azote du sol.

Aujourd'hui que notre production de fumier s'est accrue, que nous pouvons acquérir des engrais azotés facilement assimilables, à bon marché, la pratique régulière de la jachère n'a plus sa raison d'être.

Si les cultivateurs doivent y recourir encore de temps à autre, c'est seulement à titre exceptionnel, dans les terres infestées de mauvaises herbes ou dans les terres compactes réclamant des façons répétées pour être amenées à un état convenable d'ameublissement.

Engrais verts et nitragine. — Non seulement la jachère doit disparaître, mais encore il faut s'efforcer de maintenir le sol emblavé, d'intercaler entre deux cultures régulières de l'assolement une culture supplémentaire destinée précisément à empêcher la perte des nitrates qui prendraient naissance dans la terre au repos; et, si l'on choisit une légumineuse comme culture intercalaire, que celle-ci serve à l'alimentation du bétail ou soit simplement enfouie en vert, l'exploitation bénéficie en outre de l'azote que la plante absorbe dans l'atmosphère.

On sait parfaitement que si le fumier est rare et les terres pauvres en humus, la succession ininterrompue de cultures épuisantes, fussent-elles soutenues par des fumures aux engrais chimiques, deviendrait bientôt désastreuse; même dans ces conditions, la jachère doit être proscrite; on la remplace par une légu-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mineuse servant d'engrais verts. J'ai signalé dans la *Revue* de 1896 les excellents résultats financiers obtenus en opérant ainsi par M. Schultz, dans sa ferme désormais célèbre de Lupitz. Sauf peut-être en France, les expériences d'engrais verts se multiplient dans le centre et le nord de l'Europe; je n'en retiendrai que deux, poursuivies par Salfeld dans des terres de natures différentes.

Au printemps de 1893, Salfeld (1) sema en avril, dans trois exploitations possédant des terres sablonneuses très pauvres, du lupin jaune à raison de 150 kilogrammes à l'hectare; l'automne précédent, le sol avait reçu 1200 kilogrammes de kaïnite et 600 kilogrammes de scories de déphosphoration pour la même surface. Les lupins furent enfouis fin septembre, lorsque les premières gousses commençaient à mûrir.

Les pommes de terre faites sur lupin en 1894 ont produit par hectare :

Ferme n° 1	16 024 kilogrammes.
— n° 2	14 810 —
— n° 3	16 800 —

A l'automne de 1894, on sema du seigle sur les mêmes parcelles, après avoir enfoui 500 kilogrammes de kaïnite et 200 kilogrammes de scories; au printemps, la céréale reçut en outre 100 kilogrammes de nitrate de soude.

On a récolté en grains, par hectare :

Ferme n° 1	2 260 kilogrammes.
— n° 2	2 270 —
— n° 3	1 662 —

En 1896, on a semé du lupin pour continuer ensuite la même succession de cultures. Il s'agit, comme on le voit, d'un assolement triennal dans lequel le lupin a pris la place de la jachère. Les chiffres de récolte sont très remarquables si l'on n'oublie pas qu'il s'agit de terres déshéritées, et que l'azote tiré du dehors pour une période de trois ans, s'est limité à un apport de 100 kilogrammes de nitrate de soude au profit du seigle.

La serradelle est, avec le lupin, la légumineuse préférée pour engrais vert en terre sablonneuse, et telle est la faveur qui s'attache à cette plante en ce moment, au nord de l'Allemagne, qu'au printemps de 1897, les cultivateurs qui ont fait des commandes un peu tardives n'ont pu s'en procurer des semences. Les terres siliceuses sont celles que préfère la serradelle ; après bien des essais infructueux, Salfeld est parvenu cependant à en obtenir de pleines récoltes dans de pauvres tourbes des plateaux (2) en inoculant au sol de la terre empruntée à une parcelle où cette plante venait d'être cultivée avec succès, et renfermant par conséquent les bactéries utiles à son développement.

(1) Roggenerträge auf leichtem Sandboden. *Fühling's Zeitung* de 1896, p. 58.
(2) Die Serra della als Gründüngungspflanze aûf Moor. *Fühling's Zeitung*, 1896.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

J'ai signalé, dans la dernière *Revue*, l'existence de cultures pures de bactéries des légumineuses, qu'on trouve dans le commerce sous le nom de nitragine. La nitragine a été essayée un peu partout en 1876. Les résultats obtenus sont négatifs pour la plupart (1); aussi convient-il d'attendre que des expériences répétées aient déterminé les conditions d'efficacité du nouveau produit avant d'en recommander l'emploi aux agriculteurs.

Labours exécutés dans les prairies. — Jusqu'alors, les façons culturales données aux vieilles prairies se bornaient à des hersages et à des roulages. M. Toussaint (2) nous annonce la découverte d'une charrue spéciale, qui permettrait d'ameublir le sol sur une certaine épaisseur sans nuire à la végétation. D'un prix très abordable, — elle coûte 125 francs, — cette charrue a été essayée pour la première fois à l'automne de 1895, dans de vieilles prairies du domaine de Neùleistritz, au sud de la Bohème.

Elle se compose essentiellement (figures 1 et 2) de deux coutres qui, avec le soc, découpent le gazon en longues bandes d'une épaisseur de 6 à 14 centimètres. Un versoir de forme appropriée soulève progressivement la bande, puis la laisse retomber pendant que des griffes solidement fixées au corps de la charrue déchirent le sol dépouillé de sa couverture.

L'opération s'effectue à l'automne; les bandes sont abandonnées ensuite aux alternatives de gel et de dégel, puis, quand vient le printemps, on les plombe fortement par des roulages répétés. Si les bonnes espèces de la prairie sont représentées surtout par des graminées, l'opération ne peut avoir que des avantages; leur système radiculaire, localisé à la surface du sol, se trouve à peine atteint par le soc de la charrue; appliqué ensuite sur une terre remuée, le gazon y développe bientôt un épais feutrage de racines; il se trouve en quelque sorte rajeuni. Le travail du sous-sol est fatal par contre aux mauvaises espèces qui développent presque toutes des racines profondes.

Tout en reconnaissant les bons effets de la nouvelle méthode, dont la presse agricole étrangère nous dit tant de bien, je ne puis m'empêcher de faire remarque que le meilleur moyen d'améliorer une vieille prairie, c'est d'y mettre la charrue. Après trois ou quatre années de culture, quand le sol est bien nettoyé et bien pourvu de chaux, d'acide phosphorique et de potasse, on rétablit la prairie en répandant un mélange de graminées et de légumineuses bien appropriées à la nature du terrain. Ce mode d'opérer, appliqué avec intelligence, réussit au delà de toute espérance, pourvu toutefois que le sol de la prairie ne soit pas envahi par les insectes, vers blancs, taupins, etc. J'ai trouvé en Suisse,

(1) Kühn. Die Wirkung des Nitragins. *Fühling's Zeitung*, mars 1897. — Schribaux. La Nitragine, *Journal d'agriculture pratique*, juin 1897.

(2) *Fühling's Zeitung* de 1896.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sur les bords du lac de Morat, un grand fermier qui, après plusieurs années d'essais heureux, avait fini par obtenir de son propriétaire l'autorisation de défricher toutes ses prairies considérées cependant comme excellentes; il a presque doublé le chiffre de ses vaches laitières sans étendre les surfaces consacrées à la production fourragère. Ce résultat s'explique facilement : les vieilles prairies, en apparence les mieux composées, renferment toujours quelques mauvaises espèces; les légumineuses qui donnent de la qualité au foin, les graminées très productives telles que la fléole, le dactyle, le raygrass, y font ordi-

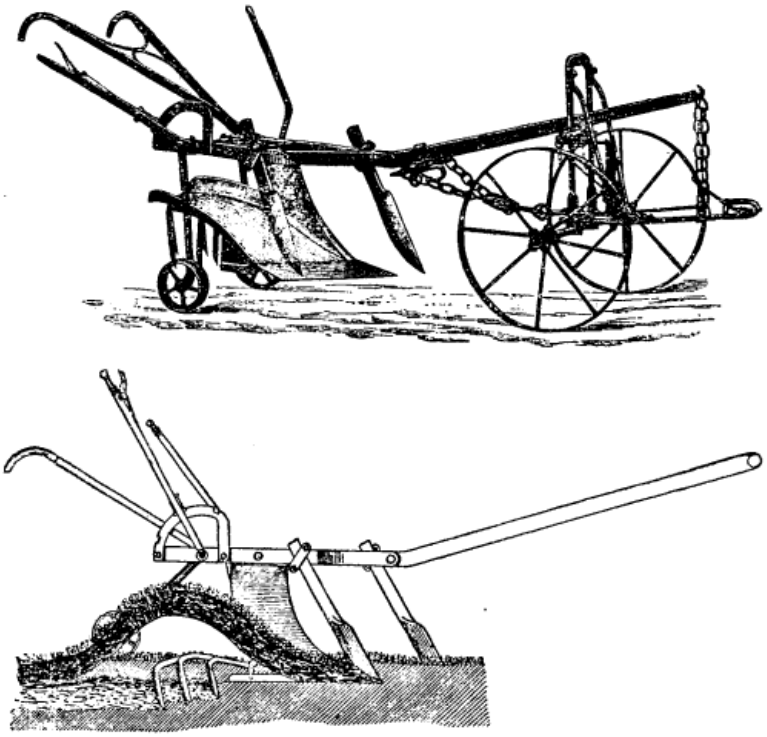


Fig. 1 et 2. — Charrue pour la culture des prairies; 1° relevée pour le transport; 2° en marche.

nairement défaut, et où elles existent, le tassement du sol, la difficulté de mettre certains engrais à la portée des racines en entravent le développement.

Valeur boulangère des grains et des farines. — L'examen des caractères extérieurs du grain de blé, les seuls auxquels s'adresse le meunier, pas plus que l'analyse chimique, telle que la pratiquent les chimistes depuis cinquante ans, ne permettent d'apprécier exactement la valeur boulangère d'un échantillon donné.

Le dosage du gluten sec, auquel on attribuait tant d'importance, ne fournit pas d'indications précises, mais si l'analyse quantitative du gluten est complétée par une analyse qualitative, elle peut rendre de grands services.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nous savions déjà, depuis les recherches de Ritthausen, que le gluten n'est pas une espèce chimique; les expériences nouvelles de M. E. Fleurent (1) l'ont amené à considérer, dans cette substance, deux produits principaux possédant des propriétés physiques opposées : la gluténine, pulvérulente et à peu près inerte et la gliadine, visqueuse, agglutinante, analogue à la colle forte.

Après avoir analysé un certain nombre de farines, M. Fleurent, avec le concours de M. Lucas, directeur du laboratoire des farines douze marques, les a soumises à la panification; de ces essais pratiques, il tire les conclusions suivantes :

1° Quelle que soit la quantité de gluten contenu dans une farine, celle-ci fournira un pain d'autant meilleur au point de vue de son développement, et par conséquent de sa facile digestion, que son gluten se rapprochera plus de la composition centésimale suivante : gluténine 25, gliadine 75, soit le rapport 1 à 3.

2° Le pain fait avec une farine dans laquelle la quantité de gluténine atteint 20 et la quantité de gliadine 80 p. 100 de gluten total, soit le rapport 1 à 4, se développe bien à la fermentation, mais s'aplatit et redevient compact pendant la cuisson; pour une telle farine, la quantité d'eau qu'on emploie normalement pour le travail est toujours trop élevé et la pâte ne peut être faite qu'avec un excès de produit.

3° Lorsque le gluten d'une farine atteint la composition centésimale : gluténine 34, gliadine 66, soit à peu près le rapport 1 à 2, la pâte obtenue ne se développe ni à la fermentation ni au four; le pain reste compact et indigeste, la farine ne se travaillant plus qu'avec une extrême difficulté.

4° Si l'on admet comme type le pain fait avec la farine dont le gluten présente la composition centésimale indiquée en premier, le pain fait avec une farine dont le gluten s'écarte de 2 p. 100 au-dessus ou au-dessous de cette composition présente déjà des différences qu'un expert peut facilement apprécier.

M. Aimé Girard, poursuivant ses études sur le grain de blé (2), estime que ce n'est pas sur le grain entier grossièrement divisé, mais sur le grain analysé mécaniquement et déjà séparé en ses parties principales que l'analyse doit porter pour éclairer l'industrie meunière sur la qualité des blés que lui offre la culture.

A l'aide d'un petit moulin à cylindres permettant de reproduire sur 1-2 kilogrammes de blé toutes les opérations de la mouture moderne, M. Aimé Girard obtient d'un côté la farine panifiable, d'un autre les issues et les bas produits mélangés. L'analyse de chacun de ces produits, suivant des méthodes nouvelles qu'il serait trop long de décrire, met entre les mains de l'industrie meunière des résultats nets et tangibles, tout différents des résultats incomplets et sur certains points inexacts que les méthodes employées jusqu'ici lui présentaient. Ces recherches présentent un intérêt considérable pour l'agriculture : elles

(1) Comptes rendus de 1896, t. CXXIII. *Bulletin* de mai, p. 698.
(2) Comptes rendus de 1897, t. CXXIV. *Bulletin* de mai, p. 691.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fourniront au sélectionneur une base solide, qui lui faisait jusqu'alors entièrement défaut pour la détermination de variétés irréprochables au point de vue industriel; elles feront disparaître en même temps les résistances regrettables que l'agriculteur rencontre chaque fois qu'il apporte un nouveau blé sur le marché.

Émanations des établissements industriels.

Appréciation des dommages qu'elles causent à la production végétale.

Les usines qui consomment de grandes quantités de charbon de terre toujours plus ou moins riches en soufre, les fabriques de produits chimiques, de cellulose, etc., etc., constituent, pour nos cultures, un dangereux voisinage. Quelles sont, parmi les matières rejetées dans l'atmosphère par les cheminées des usines, celles qui possèdent une action nocive, par quels caractères extérieurs cette action se manifeste-t-elle sur l'organisme végétal et enfin à quelles méthodes d'investigation faut-il s'adresser pour déterminer la cause du mal d'une façon à la fois rapide et sûre? Les observations de Balard, les rapports de M. de Freycinet sur l'assainissement industriel et municipal, enfin des travaux plus récents publiés à l'étranger nous permettent de répondre à ces différentes questions qui intéressent au premier chef et les agriculteurs et les industriels

I

Les dommages dont les agriculteurs peuvent se plaindre, sont dus à des causes d'ordre chimique. La température des produits à leur sortie des cheminées, la prétendue absorption des rayons lumineux par les fumées épaisses n'exercent pas d'action fâcheuse, et ne méritent aucune attention.

Quelle que soit la nature des matières rejetées dans l'atmosphère par les établissements industriels, on peut toujours les classer en matières insolubles, en matières solubles, et en produits gazeux.

Les matières insolubles représentées par des particules de charbon, de minerais, de silicates, de sulfures, etc., entraînées mécaniquement ne sauraient exercer d'influence nuisible. *Corpora non agunt nisi soluta.* Les corps n'agissent pas s'ils ne sont dissous, dit un vieil adage chimique.

Il n'en est plus de même des matières solubles, acide arsénique, sels alcalins et alcalis, sulfates de cuivre, de zinc, etc.; toutefois leur poids spécifique ne les rend dangereux qu'au voisinage de l'usine.

Les produits gazeux, et parmi ces derniers, les gaz acides, sont de beaucoup les plus redoutables.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Contrairement à différents auteurs, Schröder et Reuss(1) classent ainsi les acides par ordre de nocuité : l'acide sulfureux vient en première ligne; en seconde ligne se placent l'acide sulfurique et l'acide chlorhydrique. Les deux derniers, se condensant facilement, ne font sentir leur influence qu'à une faible distance de l'usine, tandis que l'acide sulfureux, par suite de sa faible solubilité dans l'eau, se diffuse et agit loin du foyer d'infection. L'acide azotique se comporte comme l'acide chlorhydrique; l'acide sulfhydrique est beaucoup moins dangereux que les acides précédents. On en jugera par l'observation suivante : dans une atmosphère renfermant 1/231 de son volume d'acide sulfhydrique, une plante demeure vingt-quatre heures sans en paraître incommodée, alors qu'un séjour de trois heures dans un milieu renfermant 1/1 000 d'acide sulfureux suffisait pour déterminer un changement de couleur des feuilles.

Quant au chlore, ses propriétés chimiques font prévoir qu'il est très nuisible : des feuilles se sont desséchées presque immédiatement dans de l'air qui en renfermait 1/5 000. Il fallait seize heures à une même quantité d'acide sulfureux et trente-six à l'acide chlorhydrique pour produire des effets analogues. Les autres gaz n'ont guère été étudiés au point de vue qui nous occupe.

Aux agriculteurs, comme aux industriels, il importe surtout d'être renseignés sur les effets de l'acide sulfureux et de l'acide chlorhydrique, qui sont les agents ordinaires ou tout au moins les agents les plus actifs des dommages causés à nos cultures.

L'acide sulfureux se rencontre dans l'atmosphère de tous les centres industriels. A Londres, il forme des cristaux de sulfate à la surface des objets en fer. Faraday parle de l'impossibilité où se trouvaient les horticulteurs des environs de Newcastle d'obtenir des violettes de couleur normale. La teinte invariablement blanche de ces fleurs aurait été causée par l'acide sulfureux de l'atmosphère ambiante.

L'acide sulfureux provient de la décomposition des pyrites renfermées normalement dans la houille, auquel vient s'ajouter fréquemment celui qui est produit par le grillage de minerais très divers, sulfure de fer, de zinc, etc.

Les cheminées établies en vue de déverser les fumées à de grandes hauteurs, pour permettre aux gaz nuisibles de se diffuser dans l'atmosphère avant de retomber à la surface du sol, sont loin de produire les effets qu'on en attend. Dans un rapport de 1878, Bernouilli, inspecteur des fabriques du district d'Oppeln, déclare avoir trouvé à Swansea, dans le sud du pays de Galles, des cheminées mesurant jusqu'à 100 mètres et plus de hauteur. Au voisinage immédiat des usines, la végétation était épargnée ; à une certaine distance dans la direction des vents dominants, on constatait sans peine les effets nuisibles de l'acide sulfureux; ils étaient encore appréciables à plusieurs lieues. Bernouilli conclut à

(1) Schröder et Reuss. *Die Beschadigung des Rauches.* — Konig, Steffeck et Heine. *Die Schutz gegen Flurschädigungen durch gewerbliche Einwirkungen*, 1896.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la nécessité de retenir l'acide sulfureux dans des dispositifs appropriés avant de rejeter dans l'atmosphère les fumées qui en contiennent.

Des quantités très faibles d'acide sulfureux sont préjudiciables à la végétation. L'air à peine vicié agit, suivant Stöckhardt, ainsi que ferait une atmosphère plus impure, qui ne serait que peu de temps en contact avec les plantes. Freytag a cherché à déterminer les limites entre lesquelles l'air chargé d'acide sulfureux devient dangereux pour la végétation. Les résultats qu'il a obtenus ne présentent évidemment aucun intérêt pratique, attendu que, sur un point déterminé, le degré de nocuité de l'acide peut varier d'un instant à l'autre sous l'influence des causes les plus diverses. L'acide sulfureux est d'autant plus dangereux que les plantes fonctionnent plus activement. A l'obscurité et à une basse température, l'absorption est moindre qu'à la lumière ou à une température plus élevée; de même les feuilles humides sont plus maltraitées que les feuilles sèches, par conséquent, le dosage de l'acide sulfureux dans une atmosphère suspecte ne peut fournir à un expert aucune indication précise.

L'eau en gouttelettes déposée à la surface des feuilles favorise l'action nuisible du gaz toxique qu'elle dissout et fait passer à l'état d'acide sulfurique; il ne faudrait cependant pas considérer la présence de l'eau comme étant absolument nécessaire; l'acide sulfureux pénètre à l'état gazeux dans la plante, en même temps que les gaz nourriciers, oxygène et acide carbonique, et cette absorption marche pas à pas avec les conditions qui président aux fonctions de nutrition. La présence d'îlots malades à la surface des feuilles laisserait croire, à la vérité, qu'ils représentent l'empreinte de gouttelettes corrosives; on a constaté que ces taches apparaissent lorsque les feuilles ne sont pas humides. Avec des vapeurs mercurielles, par exemple, on observe le même fait sans qu'on puisse invoquer, dans ce cas, l'intervention des gouttelettes d'eau. L'acide sulfureux est absorbé soit directement, soit après s'être oxydé à la surface de la feuille et transformé en acide sulfurique; l'expérience démontre que, de tous les composés oxygénés du soufre, l'acide sulfureux est le plus dangereux.

II

Il est difficile de donner une description rigoureuse des caractères des feuilles attaquées par l'acide sulfureux. On sait que, chez les essences à feuilles caduques, le limbe présente un tatouage plus ou moins régulier. Dans l'érable, le sycomore, le hêtre, le bouleau, les feuilles présentent, le long de la nervure médiane et des nervures primaires, une étroite bande verte; le tissu parenchymateux englobé par ce réseau est gris et mat. Chez les conifères, on peut dire d'une manière générale que le mal se manifeste par une alté-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ration de la pointe des aiguilles, qui prend une couleur rougeâtre, quel que soit d'ailleurs l'agent toxique qui intervienne; elle apparaît nettement dans le sapin, le pin sylvestre et le mélèze; elle est beaucoup moins marquée mais toujours visible dans l'épicéa.

Tandis que les feuilles malades des plantes légumineuses prennent une couleur sombre, ordinairement rougeâtre ou brunâtre, chez les plantes herbacées des champs et des jardins, les nuances sont, en règle générale, plus claires et passent du jaune au blanc.

Les betteraves, les pommes de terre, les fèves, les pois ressemblent aux essences feuillues quant à la disposition des parties malades; les plantes de marais prennent une couleur de rouille, la pointe des feuilles de fougère est d'un rouge intense nettement délimité.

Le trèfle des prés, les espèces à tissu gorgé d'eau, celles qui renferment beaucoup de latex se tachent de noir; le trèfle filiforme est constamment blanc; les corolles brillantes blanchissent, se dessèchent et se roulent. La décoloration n'est pas nécessairement localisée; tantôt, on remarque exclusivement des taches bien délimitées, tantôt, celles-ci apparaissent au bord de la lame et gagnent le pétale tout entier.

L'acide chlorhydrique attaque le plus souvent le bord des feuilles; rarement on aperçoit des taches sur le limbe; dans le trèfle des prés, l'altération en bordure est très nettement accusée.

Toutes les plantes ne sont pas également maltraitées par les gaz toxiques. Les échelles de résistance dressées par divers observateurs ne concordent pas exactement; il ne saurait en être autrement; on conçoit qu'une espèce placée dans un sol et sous un climat particulièrement favorables, résistera mieux que si elle était moins bien partagée au point de vue des conditions de végétation.

Ce qui est hors de doute, c'est que les conifères sont plus sensibles que les arbres et arbrisseaux à feuillles caduques et ceux-ci plus que les plantes agricoles et horticoles.

Schröder et Reuss, se basant sur un très grand nombre d'observations, admettent, qu'au voisinage des usines, le chêne est le moins affecté de tous les arbres à feuilles caduques. Viennent ensuite, par ordre de résistance décroissante, en supposant un sol convenable, les érables, les frênes, les ormes, les peupliers et les sorbiers; le charme, le hêtre, le bouleau sont très sensibles; il en est de même des arbres fruitiers. Les cerisiers, et surtout les pruniers, sont très impressionnables.

Parmi les arbustes, l'aubépine, le rosier, l'églantier, le groseillier à grappes. la vigne souffrent beaucoup; le groseillier à maquereau, le framboisier, les ronces. les cognassiers. troènes, sureaux se comportent mieux.

Parmi les plantes de grande culture, les pommes de terres et autres plantes

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sarclées tiennent la tête comme résistance; viennent ensuite les céréales. Le trèfle et les jeunes graminées sont plus délicats.

Nobbe a remarqué que la houque molle, la violette tricolore en fleur, le pissenlit et les rumex poussent vigoureusement au milieu de touffes de graminées déjà mortes. Par contre, les pétales blanchis de la renoncule rampante et les feuilles flétries du mouron des champs trahissent le passage des gaz toxiques alors que les plantes avoisinantes sont complètement intactes. Chez les chénopodes, les atriplex, les linaires, les spirées, la nielle, les campanules, le cumin, la grande marguerite, le plantain lancéolé et le liondent d'automne, feuilles et fleurs sont attaquées.

Le chardon des champs, la carotte sauvage, la ravenelle, les millepertuis se montrent au contraire très réfractaires.

III

L'examen des feuilles fournit à l'expert d'excellentes indications; mais il serait téméraire de conclure de leur apparence à la nocuité des émanations d'une usine. Dans les squares des villes populeuses, dans un lieu poussiéreux, après une gelée ou une sécheresse persistante, les feuilles ressemblent parfois complètement à celles qui ont été touchées par un acide. Pour décider de la véritable cause du mal, une analyse chimique est absolument indispensable.

NATURE DES ÉCHANTILLONS ANALYSÉS.	FEUILLES.			JEUNES RAMEAUX		
	CENDRES. P. 100.	ACIDE sulfurique. P. 100.	EXCÉDENT en SO^4H^2 des feuilles malades. P. 100.	CENDRES. P. 100.	ACIDE sulfurique. P. 100.	EXCÉDENT en SO^4H^2 des rameaux malades. P. 100.
1. Sapin.						
Échantillon sain.	4,34	0,472	»	2,81	0,207	»
— malade. . . .	5,33	0,912	93,22	4,85	0,475	129,47
2. Poirier.						
Échantillon sain.	6,90	0,276	»	4.51	0,117	»
— malade. . . .	7,88	0,673	147,46	6,56	0,159	35,89
3. Pommier.						
Échantillon sain.	8,31	0,246	»	5,02	0,113	»
— malade. . . .	8,09	0,731	197,15	5,54	0,131	15,92

Une plante parfaitement saine renferme normalement des sulfates et des chlorures; elle peut aussi contenir de l'arsenic, du zinc, du plomb, du cuivre, etc.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Une analyse qualitative ne peut donc fournir que des indications insuffisantes; toujours, le chimiste doit recourir à une analyse quantitative des feuilles malades. Il résulte de nombreuses expériences que la teneur en cendres augmente d'autant plus qu'on se rapproche davantage du foyer d'infection; ou, ce qui revient au même, avec le taux de substances toxiques contenues dans l'atmosphère où la plante s'est développée; de plus, celles-ci se retrouvent dans les cendres en proportion excessive. On en jugera par quelques chiffres que j'emprunte à König. Ceux du premier tableau se rapportent à des échantillons desséchés à 100°, recueillis à l'est d'une usine produisant du zinc et jetant de l'acide sulfureux dans l'atmosphère; les échantillons malades ont été récoltés à cinq minutes de l'usine, les échantillons sains, à trente ou trente-cinq minutes dans la même direction.

Les chiffres ci-dessous se rapportent à des échantillons récoltés au voisinage de la même usine mais dans la direction ouest, qui est celle des vents dominants.

NATURE DES ÉCHANTILLONS ANALYSÉS.	FEUILLES.		JEUNES RAMEAUX.	
	ACIDE sulfurique.	EXCÉDENT en SO^4H^2 des feuilles malades.	ACIDE sulfurique.	EXCÉDENT en SO^4H^2 des rameaux malades.
	P. 100.	P. 100.	P. 100.	P. 100.
PRUNIER.				
Sain, à heure et demie à l'O. de la fabrique. . .	0,589	»	0,152	»
Malade, à 20 minutes à l'O. de la fabrique. . .	0,673	14,26	»	»
Malade, à 45 minutes à l'O. de la fabrique.. . .	0,632	7,29	0,155	»
CHÊNE.				
Sain, à 1 heure un quart à l'O. de la fabrique. .	0,492	»	0,248	»
Malade, à 25 minutes à l'O. de la fabrique. . .	0,826	67,88	0,244	»
Malade, à 45 minutes à l'O. de la fabrique. . .	0,560	13,82	0,285	14,91
PIN VEYMOUTH.				
Sain, à 1 heure un quart à l'O. de la fabrique. .	0,389	»	0,194	»
Malade, à 25 minutes à l' O. de la fabrique. . .	0,696	79,43	0,242	24,73
Malade, à 45 minutes à l'O. de la fabrique.. . .	0,546	40,36	0,248	27,83

Ce qui est vrai pour l'acide sulfureux l'est également pour l'acide chlorhydrique, pour les poussières de nickel, de soude, etc.

Pour récolter les échantillons d'analyse, on choisit le moment où les feuilles suspectes renferment le plus de matières toxiques. Les plantes de grande culture, malades quelquefois à l'origine, finissent par se rétablir; il faut alors effectuer des prises d'échantillons à différentes époques de la végétation.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les espèces ligneuses dont les feuilles ont atteint leurs dimensions définitives dès la fin du printemps seront d'autant plus riches en acides que les feuilles seront restées plus longtemps dans l'atmosphère contaminée. Et comme, à l'automne, les éléments nutritifs des feuilles émigrent en grande partie dans la tige et dans les branches, il en résulte que les matières entrant normalement dans la composition des cendres s'y rencontrent en faible quantité; c'est donc à cette époque que l'analyse décèlera avec le plus de certitude les matières qui s'y trouvent accidentellement.

On sait que la composition d'une plante dépend de celle du sol où elle s'est développée. Dans une terre plâtrée ou naturellement riche en gypse, par exemple, il est certain que beaucoup de soufre sera absorbé sous forme de sulfates neutres par la végétation. En même temps que les feuilles suspectes, il faut donc analyser des feuilles saines récoltées dans le voisinage et destinées à servir de témoins, feuilles ayant poussé dans les mêmes conditions de sol, de climat, j'ajouterai et d'altitude, car celle-ci agit sur la capacité d'absorption des plantes vis-à-vis des matières minérales.

Dans les champs et dans les prairies, il faudra récolter beaucoup d'échantillons pour écarter l'influence des fumiers et des amendements, qui sont toujours appliqués inégalement sur les divers points du même territoire.

En opérant comme nous venons de l'indiquer, la comparaison des cendres des échantillons sains et des échantillons malades permettrait à l'expert de décider sans peine à quelles causes on peut attribuer les altérations qu'il a pu constater dans la végétation voisine d'établissements industriels.

Sur la fixation et la nitrification de l'azote dans les terres arables.

Note de M. **P.-P. Dehérain** (1).

La nitrification, on le sait depuis longtemps, est une fermentation à allures lentes; il faut souvent, au printemps, attendre plusieurs semaines pour voir les nitrates apparaître dans des sols placés cependant dans des conditions favorables au travail des ferments. Cette lenteur de la nitrification est absolument nuisible aux intérêts de la culture, car c'est au printemps que l'azote assimilable est nécessaire aux plantes cultivées; aussi, sommes-nous contraints de répandre du nitrate de soude pour suppléer à l'insuffisance de la nitrification de l'azote du sol.

J'ai montré cependant, il y a plusieurs années déjà (2), que des terres exposées à l'air, dans des locaux où elles sont à l'abri du refroidissement et de la dessiccation que supportent les

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 2 avril 1897.
(2) *Comptes rendus*, t. CXVI, p. 1091; 1893. — *Annales agronomiques*, t. XIX, p. 401.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

terres en place, élaborent d'énormes quantités de nitrates. Ayant remarqué, en outre, que la nitrification apparaît plus vite dans un sol stérilisé puis réensemencé avec une terre où la formation des nitrates est en pleine activité, qu'avec une autre où leur production est restreinte, je résolus de conserver des lots de terre en pleine nitrification pendant tout l'hiver, afin de les employer, au printemps, à l'ensemencement des terres en place, dans l'espoir d'y provoquer une formation rapide des nitrates.

Les épandages de terres nitrifiantes, en 1896 et cette année même, n'ont pas conduit à des résultats bien précis; et je n'entretiendrais pas l'Académie de ces essais, si je n'avais observé, dans les terres étalées pendant l'hiver, quelques faits intéressants.

A l'automne de 1895, je fis disposer dans une boxe vide d'une bouverie des usines de Bourdon, dans la Limagne d'Auvergne, 1 mètre carré environ de deux terres, provenant, l'une du domaine de Marmilhat, l'autre de celui de Palbost, situés l'un et l'autre dans le Puy-de-Dôme.

Ces terres, déposées sur le pavé bien balayé de la stalle, étaient séparées par des planches du passage où circulent les animaux; ce passage est plus bas que le sol de la stalle, qui ne pouvait recevoir aucune infiltration de purin; l'étable n'est, au reste, habitée que pendant les trois mois que dure la fabrication du sucre. Les terres furent remuées à la bêche et arrosées d'eau pure à plusieurs reprises; la proportion d'humidité y fut maintenue entre 20 et 25 centièmes.

Des échantillons furent envoyés au Muséum à intervalles à peu près réguliers, afin qu'on pût y suivre les progrès de la nitrification; des échantillons de 50 grammes étaient lavés pour extraire les nitrates, qu'on a dosé en mesurant le bioxyde d'azote d'après la méthode si commode réglée par M. Schlœsing; on a toujours absorbé le bioxyde d'azote par le sulfate de fer. Une fraction de la terre lavée, puis séchée, a été employée au dosage de l'azote organique par la méthode Kjeddalh.

La nitrification a fait dans ces terres des progrès rapides; mais, et c'est là le point sur lequel je veux insister, la quantité d'azote organique a beaucoup moins diminué que ne s'est accru l'azote des nitrates, de telle sorte que l'azote total a augmenté dans une très forte proportion.

On jugera de la marche du phénomène par les nombres suivants :

FIXATION ET NITRIFICATION DE L'AZOTE DANS UN LOT DE TERRE DE PALBOST

Date des prises d'échantillons.		AZOTE nitrique par kilogramme.	AZOTE organique par kilogramme.	AZOTE total par kilogramme.
Décembre	1895	0,140	3,130	3,270
Janvier	1896	0,450	3,290	3,740
Février	»	0,830	»	»
Juin	»	0,880	»	»
Septembre	»	1,080	3,040	4,120
Décembre	»	0,950	2,800	3,750
Mars	1897	1,660	2,570	4,230

L'augmentation de l'azote nitrique est continue, sauf pour le dosage de décembre 1896; l'azote organique, d'abord à peu près constant, a diminué en décembre 1896 et mars 1897, mais cette diminution est bien loin de compenser le gain de l'azote nitrique, de telle sorte que l'azote total passe de $3^{gr},270$ à $4^{gr},230$, c'est-à-dire qu'il a augmenté de près d'un quart.

La terre provenant du domaine de Marmilhat, placée dans les mêmes conditions que celle de Palbost, a donné encore des chiffres plus significatifs: ils sont inscrits dans le Tableau suivant :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

FIXATION ET NITRIFICATION DE L'AZOTE DANS UN LOT DE TERRE DE MARMILHAT (PUY-DE-DÔME)

Date des prises d'échantillons.	AZOTE nitrique par kilogramme.	AZOTE organique par kilogramme.	AZOTE total par kilogramme.
Décembre 1895	0,230	»	»
Janvier 1896	0,580	2,870	3,450
Février »	1,010	2,580	3,590
Juin »	1,260	2,650	3,910
Septembre »	1,200	2,650	3,850
Décembre »	1,420	2,790	4,210
Mars 1897	2,320	2,640	4,960

Tandis que l'azote des matières organiques n'a subi que des changements insignifiants, l'azote nitrique a décuplé; l'azote total a augmenté du tiers.

Comment interpréter ces résultats? La disposition des expériences ne permettait pas de supposer des infiltrations de purin; on ne pouvait pas supposer davantage que des vapeurs ammoniacales aient pu se fixer sur la terre, d'autant moins que, ainsi que je l'ai dit déjà, l'étable n'est habitée que pendant quelques mois de l'année. Toutefois, ces terres étaient éloignées de ma surveillance et, avant de conclure que l'augmentation d'azote constatée était due à la fixation de l'azote libre de l'atmosphère, j'ai disposé de nouvelles expériences dans le bâtiment de la station de Grignon, dans lequel ne séjourne aucun animal.

Au mois de novembre 1896, on a disposé, sur les carreaux bien balayés, un lot de terre d'une vingtaine de kilogrammes prise dans un champ voisin; cette terre a été arrosée et remuée au râteau de temps à autres; les dosages ont conduit aux nombres suivants :

FIXATION ET NITRIFICATION DE L'AZOTE DANS UNE TERRE DE GRIGNON (SEINE-ET-OISE)

Date des prises d'échantillons.	AZOTE nitrique par kilogramme.	AZOTE organique par kilogramme.	AZOTE total par kilogramme.
Novembre 1896	0,0	1,720	1,720
6 Janvier 1897	0,136	»	»
20 — »	0,212	»	»
27 — »	0,237	1,680	1,917
18 Février »	0,219	1,760	1,979
3 Mars »	0,256	1,680	1,936
22 » »	0,310	1,720	2,030
31 » »	0,320	1,770	2,090
14 Avril »	0,395	1,950	2,360
8 Mai »	0,358	1,970	2,328
7 Juin »	0,390	1,900	2,290

On observe donc encore à Grignon, dans des conditions telles qu'il faut absolument écarter toute idée d'intervention d'azote ammoniacal, une fixation d'azote considérable. Elle porte : sur l'azote des nitrates qui, nul au début, s'élève à $0^{gr},390$ au mois de juin; sur l'azote organique, qui passe de $1^{gr},720$ à $1^{gr},900$, de telle sorte que l'augmentation totale s'élève à $0^{gr},550$, c'est-à-dire qu'elle représente le tiers de l'azote primitif.

La grande découverte de la fixation de l'azote libre dans le sol, par action microbienne, qu'a faite M. Berthelot, il y a quelques années, n'a pas besoin de confirmation; il m'a paru intéressant cependant de montrer que, lorsque certaines conditions sont réalisées, on observe à la fois une fixation d'azote notable et une nitrification énergique.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La dessiccation lente et progressive exerce d'une terre à l'autre des influences très variables : à partir de janvier 1897, on laisse un lot de terre de Grignon étalé dans le bâtiment de la station, sans arrosage; au début, elle renferme par kilogramme 0gr,237 d'azote nitrique et 1gr,68 d'azote organique; le 14 avril, bien que la quantité d'eau ne fût plus que de 7,30, on y trouvait 0gr,674 d'azote nitrique, 1gr,950 d'azote organique, par conséquent 2gr,624 d'azote total; le gain avait donc été très notable. D'autre part, on a recommencé tout récemment le dosage de l'azote nitrique dans l'échantillon de terre de Marmilhat arrivé au Muséum en mars 1897; en quatre mois, la nitrification n'y avait fait que des progrès insignifiants, l'azote nitrique y avait passé de 2gr,320 par kilogramme à 2gr,380; la terre renfermait cependant encore 16,3 d'humidité, quantité insuffisante pour provoquer la nitrification, car 0gr,110 d'azote ammoniacal avait apparu.

Si les dessiccations lentes sont parfois sans influence fâcheuse, les dessiccations brusques que subissent les terres en place quand la pluie fait défaut, abaissent beaucoup la formation des nitrates; j'ai rappelé tout récemment, que, dans les terres en jachère de Grignon, elle varie de 100 kilogrammes à 200 kilogrammes d'azote nitrique par hectare et par an, suivant que la bonne saison est sèche ou pluvieuse.

Il semble que le travail des ferments ne présente une grande efficacité que lorsqu'il est continu, et je n'ai observé la fixation et la nitrification de quantités notables d'azote que dans des terres maintenues à l'abri des oscillations brusques de température et d'humidité. Sur ces deux conditions de réussite, l'une nous échappe : on ne peut empêcher un champ de s'échauffer pendant le jour et de se refroidir pendant la nuit, mais à l'aide des irrigations, on peut le maintenir humide. On serait ainsi ramené, par une autre voie, à la conclusion d'une communication précédente, à savoir : que si l'on entreprenait, partout où cela est possible, les travaux nécessaires à l'irrigation des terres, on en accroîtrait prodigieusement la fertilité, tout en restreignant les dépenses d'engrais azotés, puisque la nitrification s'y établirait aux dépens d'azote prélevé sur l'atmosphère

Quand, en effet, on examine de près les dosages précédents, on voit que les gains constatés portent surtout sur l'azote des nitrates; or, l'azote de l'humus a baissé seulement dans les dernières observations portant sur la terre de Palbost, il n'a guère varié dans la terre de Marmilhat, où l'énorme gain de 2 grammes d'azote nitrique par kilogramme a porté exclusivement sur de l'azote nouvellement acquis; dans la terre de Grignon, l'azote nitrique s'est accru en plus grande proportion que l'azote organique. Il semble donc que ce soit l'azote récemment fixé qui ait été nitrifié, et l'on peut imaginer, en effet, que les générations de microbes fixateurs d'azote, qui se succèdent dans le sol, donnent par leur décomposition de l'ammoniaque qui deviendrait aussitôt la proie des ferments nitreux et nitrique.

S'il en est bien ainsi, si la formation des nitrates porte surtout sur l'azote fixé, les cultivateurs devront chercher à introduire dans leurs sols les éléments nécessaires à la fixation de l'azote. M. Gautier a rappelé récemment qu'il ne l'a observé que dans les sols chargés d'humus et M. Berthelot a établi, avec une grande élévation de pensée et de langage, que la fixation de l'azote est corrélative de la destruction de la matière organique, que les microbes fixateurs d'azote sont solidaires des végétaux à chlorophylle fixateurs de carbone, et nous trouvons ainsi de nouvelles raisons de préconiser l'emploi du fumier de ferme et celui des engrais verts sur lesquels j'ai appuyé bien souvent. Ces engrais vaudraient non seulement par l'azote qu'ils renferment, comme on l'enseigne d'ordinaire, mais aussi par leur matière carbonée dont la destruction est nécessaire à la vie et à l'activité des ferments qui fixent dans le sol l'azote atmosphérique.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MÉTALLURGIE

RECHERCHES SUR L'ÉTAT OÙ SE TROUVENT, DANS LES FONTES ET ACIERS, LES ÉLÉMENTS AUTRES QUE LE CARBONE, par **MM. Ad. Carnot et Goutal** (1).

L'analyse chimique et la micrographie ont permis de reconnaître que le carbone existe dans les fontes et les aciers sous plusieurs états distincts : le graphite et différents carbures de fer, parmi lesquels le mieux défini paraît répondre à la formule Fe^3C et a été désigné sous le nom de *cémentite*.

Les éléments autres que le carbone, se trouvant en général, en proportion plus faible que lui dans les produits métallurgiques, il sera peut-être plus difficile encore que pour le carbone de les définir par les procédés micrographiques; en attendant qu'ils puissent intervenir utilement dans cette question, comme dans celle des carbures de fer, l'analyse chimique est en état de fournir quelques renseignements importants sur l'état chimique des divers éléments.

On peut, en effet, dans bien des cas, en se servant de réactifs appropriés, dissoudre la masse ferreuse sans attaquer les éléments étrangers, isolés ou combinés, et déterminer ensuite la composition exacte du résidu insoluble. C'est ce que nous avons fait dans une série de recherches, dont nous allons exposer les résultats.

Nous parlerons d'abord des fontes ou aciers contenant des métalloïdes, et ensuite de ceux qui renferment des métaux, en conservant à ces deux mots de *métalloïdes* et *métaux* leur signification ordinaire, c'est-à-dire en rangeant parmi les premiers le silicium, le soufre, le phosphore, l'arsenic, et parmi les seconds le cuivre, le nickel, le manganèse, le chrome, le titane, le tungstène et le molybdène.

Silicium. — Nous avons opéré sur deux échantillons de *ferrosilicium*, aussi peu manganésés que possible.

L'attaque a été faite par l'acide chlorhydrique étendu et à l'abri de l'air.

Après avoir porté à l'ébullition pendant quelques minutes dans une fiole de verre, traversée par un courant d'acide carbonique, 250 centimètres cubes environ d'acide chlorhydrique à 7 p. 100, on laisse refroidir; puis on introduit quelques grammes du ferrosilicium en poudre très fine et, rétablissant aussitôt le courant d'acide carbonique, on élève la température aux environs de 40° en agitant de temps à autre. Lorsque toute effervescence est complètement terminée, on décante la solution claire, où se trouvent en suspension quelques flocons d'hydroxyde de silicium ($Si^2O^3H^2$); on recueille le résidu sur un filtre, on lave à l'acide chlorhydrique faible, puis à l'alcool, afin d'éviter une oxydation ultérieure. Après dessiccation, on sépare facilement, par l'action du barreau aimanté, une poudre noire très attirable.

Cette poudre contient, avec un peu de graphite, un siliciure de fer qui, humide ou simplement desséché, mais non calciné, se décompose très rapidement au contact des alcalis et plus lentement par l'action de l'eau pure elle-même, en donnant naissance à un dégagement d'hydrogène, propriétés qui rappellent celles de l'hydroxyde de silicium et du siliciure d'hydrogène.

L'analyse du siliciure de fer se fait aisément, en attaquant par l'acide chlorhydrique bromé, évaporant à sec, séparant la silice formée et précipitant le peroxyde de fer par l'ammoniaque. »

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 19 et 26 juillet 1897.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les deux essais conduisent à attribuer à ce composé la composition FeSi; car l'analyse a donné :

	I.	II.		I.	II.
Silicium	0gr,0607	0,1474	soit p. 100. . .	32,30	33,65
Fer	0gr,1260	0,2905	—	67,40	66,35

La formule FeSi correspond à la composition théorique :

Silicium.	33,33 p. 100
Fer.	66,67 —

En dehors du composé FeSi, les ferrosiliciums contiennent d'autres composés plus riches en fer, qui sont attaqués très aisément par les acides étendus et chauds, moins facilement par les acides froids; ces composés, qu'il ne nous a pas encore été possible d'isoler nettement, paraissent être compris entre les deux formules Fe^3Si^2 et Fe^5Si^2.

Si l'on traite de même par les acides étendus et froids des *silicospiegels* riches en manganèse, la partie insoluble contient, avec les siliciures de fer inattaqués, presque tout le manganèse combiné avec le silicium. La formule de ce composé n'a pu être fixée avec certitude, par suite de la difficulté de le séparer des siliciures de fer.

Cette expérience a néanmoins l'avantage de montrer que le silicium manifeste une affinité particulière pour le manganèse à température élevée, puisqu'il se combine avec lui de préférence au fer.

Soufre. — Pour isoler les composés sulfurés, on ne peut pas employer la même méthode que pour les siliciures, car les produits sidérurgiques traités par les acides étendus abandonnent la presque totalité de leur soufre sous forme d'acide sulfhydrique.

Mais, en les attaquant par le chlorure cuivrique neutre ou faiblement acide, le soufre reste en entier dans le résidu.

Nous avons observé bien des fois que, si ce résidu renferme du sulfure de fer FeS, il est plus souvent encore composé principalement de sulfure de cuivre CuS.

Or, des expériences directes nous ont appris que le sulfure de fer est indécomposable par le réactif cupripotassique.

En fondant, par exemple, un mélange de fer pur et de sulfure de fer, et traitant par le sel de cuivre la masse pulvérisée, nous avons obtenu un résidu dont la composition était :

Fer	0gr,1542,	soit p. 100	63,80
Soufre.	0gr,0875	—	36,20

La formule FeS correspond aux proportions calculées :

Fer.	63,62 p. 100
Soufre	36,37 —

Nous avons donc pensé que le soufre devait se trouver, dans la plupart des produits sidérurgiques, combiné avec un élément autre que le fer et tel que son sulfure pût être facilement transformé en sulfure de cuivre par le chlorure cuivrique. Cet autre élément nous a paru devoir être le manganèse.

Nous nous en sommes assurés en opérant comme dans le cas précédent, mais avec un mélange de fer pur, de sulfure de fer et de ferromanganèse. Nous avons obtenu ainsi une sorte de fonte de fer, où l'analyse accusait, p. 100, 1,35 de soufre et 0,82 de manganèse. L'attaque de 5 grammes de cette fonte par le chlorure cuivrique nous a donné un résidu contenant :

Cuivre	0,0480
Fer.	0,0932
Soufre	0,0773

Il était donc formé par un mélange de 0gr,1465 de sulfure de fer (FeS) et 0gr,072 de sulfure de cuivre (CuS).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Or les $0^{gr},048$ de cuivre trouvés sont précisément équivalents aux $0^{gr},041$ de manganèse qui étaient contenus daus les 5 grammes de l'acier soumis à l'essai.

Nous sommes, par conséquent, bien fondés à penser que les fontes sulfureuses, lorsqu'elles sont en même temps manganésées, renferment la combinaison MnS de préférence au composé FeS et que, sous l'influence du sel cuivrique, le sulfure de manganèse est transformé en chlorure de manganèse et sulfure de cuivre. Cette conclusion est d'ailleurs parfaitement d'accord avec ce que savent les métallurgistes, qui réussissent souvent à diminuer la tenenr des fontes en soufre par l'addition de spiegel ou de ferromanganèse.

Phosphore. — En attaquant une fonte phosphoreuse par du chlorure double de cuivre et de potassium absolument neutre, le phosphore reste complètement insoluble sous forme de phosphure de fer, mêlé parfois à une petite quantité de phosphure de manganèse, en même temps qu'à de la silice, de l'hydroxyde de silicium, du carbone et du sulfure de cuivre. Le faible pouvoir magnétique du phosphure de fer ne permettant pas une séparation rigoureuse à l'aide du barreau aimanté, nous avons dû, pour établir sa formule, comparer et discuter un grand nombre d'analyses effectuées sur le résidu total laissé par des fontes ou aciers très phosphoreux.

Pour effectuer ces analyses, le résidu est attaqué par l'acide azotique bromé; la solution filtrée est divisée en deux parties : dans l'une, le fer est précipité par l'ammoniaque; on le redissout ensuite à l'aide d'acide sulfurique étendu et on le dose au moyen du permanganate après réduction par le zinc; dans l'autre, on précipite l'acide phosphorique par le nitromolybdate, après destruction des matières organiques par l'acide chromique.

Nous reproduisons, à titre de document, les chiffres obtenus dans trois essais différents :

	I.	II.	III.		I.	II.	III.
Fer	0,0360	0,0180	0,0152	soit p. 100. . .	84,1	84,3	83,5
Phosphore. .	0,0068	0,00336	0,0030	— . . .	15,9	15,7	16.5

Il convient donc d'attribuer au phosphure de fer des fontes et aciers la formule Fe^3Ph dont la composition théorique est la suivante :

Fer.	84,4
Phosphore.	15,6

Léopold Schneider avait déjà obtenu, dans des conditions un peu différentes, un résultat identique [1]. C'est aussi la formule qu'avaient depuis longtemps admise Schrëtter, Hvoslef et Percy pour des phosphures de fer préparés au laboratoire.

Arsenic. — L'attaque d'une fonte ou d'un acier même très arsenical, par le sel cupripotassique, provoque la dissolution complète de l'arsenic, dont il ne reste pas la moindre trace dans le résidu.

Si l'on traite le même acier par l'acide chlorhydrique faible et à l'abri du contact de l'air, par la méthode que nous avons décrite au sujet du ferrosilicium, l'arsenic reste entièrement insoluble; on n'en peut constater que des traces presque insensibles, soit dans les produits gazeux, soit dans la dissolution.

2 grammes d'acier contenant 4,25 p. 100 d'arsenic ont laissé, dans ces conditions, un résidu insoluble du poids de $84^{mgr},3$, entièrement dépourvu de fer et exclusivement formé d'arsenic libre.

L'arsenic, contrairement aux métalloïdes étudiés jusqu'ici, paraît donc ne pas former de combinaison avec le fer et se trouver simplement dissous dans la fonte ou l'acier. Il se rapproche par là de la plupart des métaux, dont nous nous occuperons dans la suite de ce travail.

Le contraste est particulièrement remarquable avec le phosphore, qui se trouve entièrement à l'état de phosphure métallique dans les fontes, comme nous venons de le voir.

(1) *Œsterr. Zeitschrift fue Berg. and Hüttenwesen,* p. 735, 1886.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La différence d'état chimique de ces deux éléments, si analogues à d'autres égards, donnera sans doute l'explication de la différence très grande, remarquée depuis peu, dans l'influence qu'exercent l'arsenic et le phosphore sur les propriétés des aciers.

Manganèse. — Les expériences ci-dessus relatées montrent que le manganèse manifeste une affinité particulière pour le soufre et pour le silicium et que, lorsqu'il est en faible proportion dans une fonte, il peut s'y trouver entièrement sous la forme de sulfure ou de siliciure de manganèse. Lorsqu'il est en proportion plus grande, les dissolvants que nous avons employés pour le fer font disparaître en même temps le manganèse, sans que l'on puisse trouver dans cette expérience aucune raison décisive pour établir s'il est plutôt en combinaison ou en dissolution dans le fer en excès.

Cuivre. — Le chlorure cupri-potassique ne permet pas d'isoler le cuivre contenu dans un acier; mais on y parvient, au contraire, par l'emploi d'un acide faible, tel que l'acide chlorhydrique à 5 p. 100, pourvu qu'il soit employé à l'abri de l'air, dans un courant d'acide carbonique, par exemple.

2 grammes d'un acier, que l'analyse a montré renfermer 3,40 p. 100 de cuivre, ont ainsi laissé un résidu de $0^{gr},066$, qui était du cuivre pur. Le cuivre était donc resté intégralement inattaqué, sans retenir de fer, et l'on peut en conclure qu'il se trouvait, sans doute, à l'état de simple dissolution dans le métal.

Nickel. — Le nickel disparaît entièrement sous l'action du réactif cupri-potassique neutre. Il ne nous a pas été possible non plus de le laisser complètement indissous dans un acide faible, même à l'abri de l'air. On arrive cependant, par ce moyen, à n'attaquer que partiellement le métal, et l'on trouve alors un résidu formé de nickel métallique exempt de fer, ce qui conduit aux mêmes conclusions que pour le cuivre et probablement pour le manganèse.

Chrome. — Les ferro-chromes à teneur élevée sont d'une attaque fort difficile par les acides; il nous a donc fallu opérer sur des aciers, dont la teneur en chrome ne dépassait pas 2,50 p. 100.

Ces aciers sont facilement attaquables par l'acide chlorhydrique étendu et froid, à l'abri de l'air, lorsqu'ils sont très carburés; ils résistent bien, au contraire, s'ils ne le sont que faiblement.

Le chlorure cupri-potassique agit d'une façon toute différente : il laisse insoluble tout le chrome des aciers très carburés et dissout, s'il est un peu concentré, une partie du chrome des aciers renfermant peu de carbone.

L'examen des résidus insolubles dans ces réactifs montre qu'ils sont composés de chrome, de fer et de carbone. Nos essais ne sont pas encore assez nombreux et les résultats assez nets pour que nous puissions indiquer dès maintenant les proportions des éléments constituants et les formules des combinaisons.

Nous nous bornerons à dire que le chrome se trouve dans les aciers à l'état de carbures de chrome et de fer.

Titane. — Les ferro-titanes peuvent être attaqués soit par les acides, soit par le sel cuivrique. Dans les deux cas, le résidu est du titane exempt de fer.

2 grammes d'un ferro-titane à 48,6 p. 100, traités par l'acide chlorhydrique, ont laissé $0^{gr},968$ de titane pur; 3 grammes d'un acier à 4,62 p. 100 de titane ont laissé $0^{gr},230$ de titane.

Le titane n'est donc pas combiné et laisse dissoudre entièrement le fer du ferro-titane, sans s'attaquer lui-même. »

Tungstène. — L'attaque d'un acier au tungstène par de l'acide chlorhydrique étendu, en chauffant doucement et à l'abri de l'air, laisse comme résidu un composé de fer et de tungstène, dont la composition répond à la formule Fe^3Tu; il se dissout à peine quelques milligrammes de tungstène.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Deux échantillons différents ont donné

	I.	II.		I.	II.
Fer.	0gr,1300	0gr,1424	soit p. 100. . .	48,42	48,27
Tungstène. . .	0gr,1385	0gr,1526	— . . .	51,58	51,73

La formule Fe^3Tu correspond à la composition théorique

Fer	47,73
Tungstène	52,27

L'attaque par le sel cuivrique provoque la décomposition de cet alliage et donne un résidu de tungstène libre avec un peu d'acide tungstique. »

Molybdène. — Les aciers au molybdène, traités par les acides étendus, à l'abri de l'air, abandonnent un résidu composé de fer et de molybdène, dont les proportions répondent exactement à la formule Fe^3Mo^2.

Nous avons trouvé, en effet, en partant de deux échantillons différents :

	I.	II.		I.	II.
Fer.	0gr,1470	0gr,2135	soit p. 100. . .	46,52	46,66
Molybdène . .	0gr,1660	0gr,2441	— . . .	53,48	53,34

« La formule Fe^3Mo^2 correspond à :

Fer	46,67
Molybdène.	53,33

Le chlorure de cuivre et de potassium, même bien neutre, ne permet pas de laisser tout le molybdène dans le résidu insoluble.

En résumé, le manganèse, le nickel, le cuivre et le titane paraissent se trouver simplement dissous dans les aciers; une portion du manganèse peut, d'ailleurs, être à l'état de sulfure ou de siliciure dans les fontes;

Le chrome forme des composés complexes et peut-être multiples avec le fer et le carbone.

Le tungstène et le molybdène sont à l'état de combinaisons définies avec le fer, représentées par les formules

$$Fe^3Tu \text{ et } Fe^3Mo^2.$$

Ces éléments, généralement considérés comme des métaux, se comportent dans l'acier, à la façon des métalloïdes, tandis que l'arsenic, au contraire, y joue un rôle analogue à celui des métaux proprement dits.

Sur l'analyse de l'aluminium et de ses alliages. Note de M. **Henri Moissan** (1).

Nous avons insisté précédemment (2) sur les différentes impuretés que l'on rencontrait dans l'aluminium produit par électrolyse. Pour reconnaître et doser ces impuretés, nous avons indiqué, en 1895, une méthode d'analyse (3) des alliages d'aluminium qui présentait, il est vrai, l'inconvénient d'être assez longue et assez minutieuse.

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences,* 2 avril 1867

(2) H. Moissan, *Sur la présence du sodium dans l'aluminium préparé par l'électrolyse* (*Comptes rendus*, t. CXXI, p. 794; 1895.

(3) H. Moissan, *Analyse de l'aluminium et de ses alliages,* (*Comptes rendus*, t. CXXII, p. 851; 1895.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans une note présentée le 8 juin 1897 et portant pour titre : *Essai des ustensiles en aluminium*, M. Balland (1) a proposé, pour abréger cette méthode, quelques modifications sur lesquelles je me vois forcé d'insister.

Lorsqu'il s'agit d'aluminium non allié à d'autres métaux, M. Balland a conseillé d'attaquer l'échantillon par de l'acide chlorhydrique au 1/5e. Il considère le résidu qui reste après cette attaque comme étant formé par un mélange de silicium, de carbone et de cuivre (2). Malheureusement, il n'en est rien. Ce mélange est beaucoup plus complexe.

Nous avons traité 100 grammes d'aluminium provenant de l'usine de Froges par de l'acide chlorhydrique au 1/5. Le résidu lavé et calciné, qui était assez abondant, a été repris par les carbonates en fusion, et l'on a dosé, dans le liquide limpide obtenu, le silicium, le fer et le cuivre. Nous avons trouvé ainsi les chiffres suivants :

	1	2
Silicium	68,97	51,71
Fer	9,54	23,66
Cuivre	3,63	5,18
Matières non dosées	17,86	19,45

On voit que ce résidu contient au moins 1/10 de fer, et que nous ne pouvons pas le considérer comme formé seulement de silicium, de carbone et de cuivre.

Lorsqu'il s'agit d'aluminium allié au cuivre, M. Balland attaque l'alliage par de l'acide chlorhydrique au 1/10e. « Le cuivre, dit-il, reste absolument intact sous la forme d'un amas rougeâtre, spongieux. »

En répétant l'attaque exactement dans les conditions indiquées par M. Balland, nous avons obtenu le cuivre en partie dans le résidu insoluble, et en partie aussi dans la solution filtrée. Le liquide limpide précipitait, en effet, par l'hydrogène sulfuré et le précipité noir, ainsi obtenu, présentait tous les caractères du sulfure de cuivre.

Dans une deuxième fiole, M. Balland traite la même quantité d'alliage par l'acide chlorhydrique au 1/10e additionné de 25 à 30 gouttes d'acide nitrique : « En quelques minutes, dit-il, tout le cuivre disparaît et il ne reste que le silicium et le carbone que l'on peut recueillir sur filtre et peser après lavage et calcination (3). »

Nous avons fait l'analyse quantitative du résidu ainsi obtenu et nous avons trouvé qu'il renfermait :

Silicium	11,00
Cuivre	8,75
Fer	17,50
Matières non dosées	2,75

Ce mélange est donc très riche en fer et ne peut être regardé comme ne contenant que du silicium et du carbone.

Nous ajouterons qu'il nous semble très important, dans l'état actuel de l'industrie de l'aluminium, de faire des analyses très sérieuses de ce métal et de ses différents alliages. C'est parce que, jusqu'ici, la question analytique a été trop négligée que de nombreux déboires se sont rencontrés dans l'application de l'aluminium.

La fabrication des objets de petit équipement destinés à l'armée doit être faite avec un métal d'autant plus pur que ces objets doivent être conservés longtemps en magasin. C'est justement en exigeant un métal de plus en plus pur que la Commission de l'aluminium a pu

(1) Balland, *Essai des ustensiles en aluminium* (*Comptes rendus*, t. CXXIV, p. 1311 ; 1897).

(2) Les échantillons d'aluminium produits par électrolyse renferment tous une petite quantité de cuivre.

(3) Le dosage du silicium et du carbone est impraticable dans ces conditions.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

faire produire couramment à une usine française un aluminium ne contenant plus que 0,3 p. 100 d'impuretés.

Je citerai sur ce sujet les analyses suivantes :

Aluminium.	99,21	99,40	99,61
Fer	0,54	0,51	0,41
Silicium	0,06	0,05	0,11
Sodium	0,02	0,02	0,00

La conséquence naturelle de cette préparation plus soignée a été de faciliter l'estampage et le travail de l'aluminium.

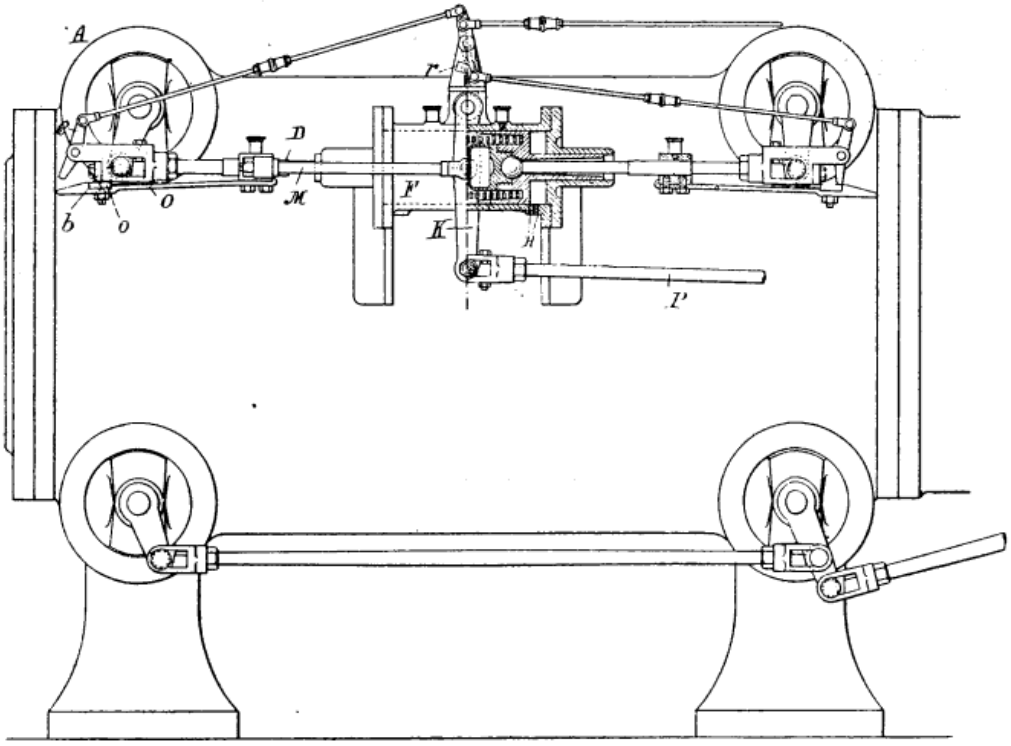
Nous estimons donc que, sous prétexte de diminuer la longueur de l'analyse, nous ne pouvons pas recourir à des méthodes imparfaites, et qu'il est de toute utilité de connaître exactement la teneur en fer, en silicium et en sodium, des aluminiums ou des alliages servant à la fabrication des bidons et des gamelles de l'armée.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

NOTES DE MÉCANIQUE

Distribution Corliss Bjornstad. — Cette distribution est remarquable par sa simplicité et la légèreté de ses organes qui lui permettent de plus grandes vitesses qu'aux distributions à déclic ordinaires.

Quand la tige M (fig. 1 et 2) recule, tirée par le levier K, que commande la tige P



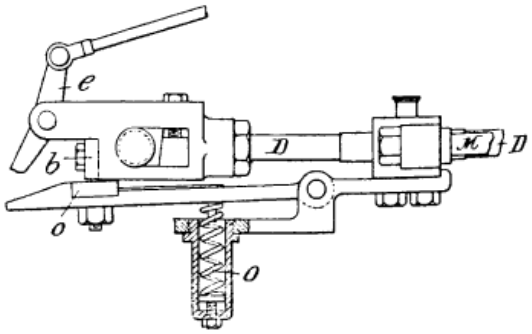


Fig. 1 et 2. — Distributeur *Corliss Bfornstad.* Ensemble et détail d'un déclic.

du plateau d'excentrique, son ressort déclic *o* enclenche en *b* la tige D du dash-pot F' dont elle comprime le ressort, en même temps qu'elle ouvre le robinet d'admission A, jusqu'à ce que la doigt *e*, soumis au régulateur, vienne, par sa poussée sur le plan incliné terminal de *o*, lui faire lâcher *b*. Le ressort du dash-pot ferme alors vivement

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'admission avec un choc amorti par les trous H. Un quadrant gradué *r* indique à chaque instant la détente correspondant à la position actuelle de *e*.

Turbine *Davidson*.

Dans cette turbine d'impulsion, l'eau à très haute pression arrive (fig. 3 à 7) au travers du régulateur P par les canaux Q (fig. 5), aux ajutages fixes R, disposés de

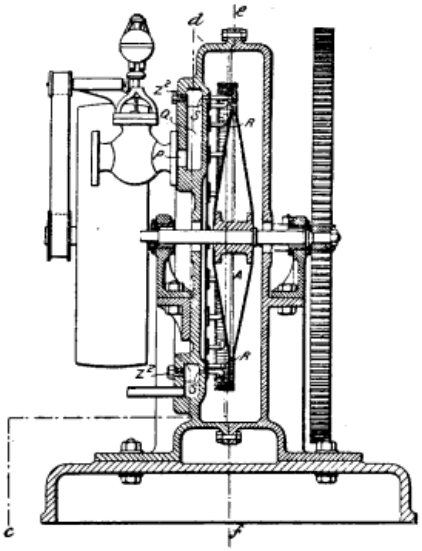


Fig. 3. — Turbine *Davidson*.

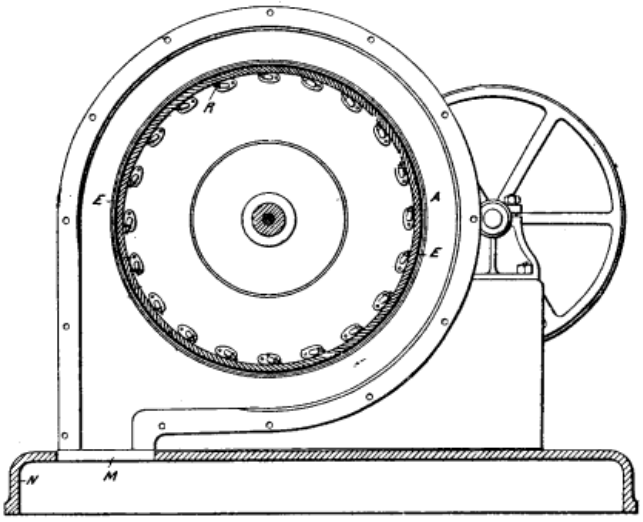


Fig. 4. — Turbine *Davidson*. Coupe *ef* (fig. 3).

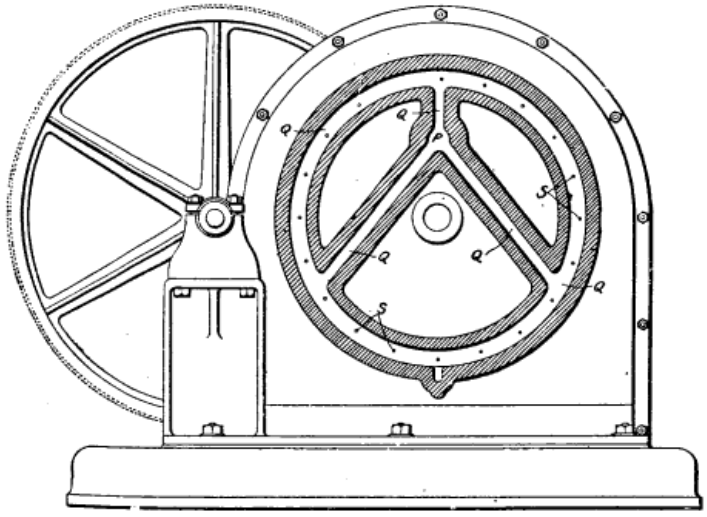


Fig. 5. — Turbine *Davidson*. Coupe *dc* (fig. 4).

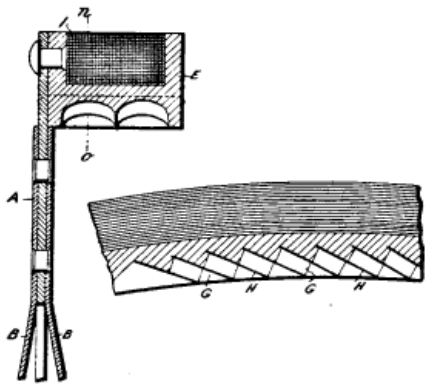


Fig. 6 et 7. — Turbine *Davidson*. Détail des aubes.

manière à envoyer leurs jets sur les aubes G (fig. 7) à cloisons H, parallèles aux jets. La double courbure des aubes G est telle que l'eau y revient sur elle-même en ayant subi, de son entrée à sa sortie de l'aube, et en pleine marche de la turbine, une dé-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

viation totale d'environ 180°, et les joues B de la roue A sont disposées de façon que la sortie de l'eau n'interfère pas avec son entrée par les jets H; enfin, la couronne E est renforcée par un enroulement en fil de fer I, qui l'arme contre la force centrifuge.

Ces turbines peuvent aussi marcher à la vapeur; elles sont, à cet effet, pourvues d'un tuyau de purge indiqué au bas de la figure 3. Des bouchons z_2 permettent de nettoyer facilement les ajutages R. S.

Frein dynamométrique autorégulateur *Kotournisky*.

Dans ce frein (fig. 8 à 11), le serrage normal de la bande H_2 est déterminé par la pression de la butée A et du bras M sur les extrémités de la bande. A' cet effet, la tige de A se termine par un filet dont l'écrou W, manœuvré par une vis sans fin, prend appui sur le bras tubulaire M, ainsi qu'on le voit au détail figure 11. L'extrémité du

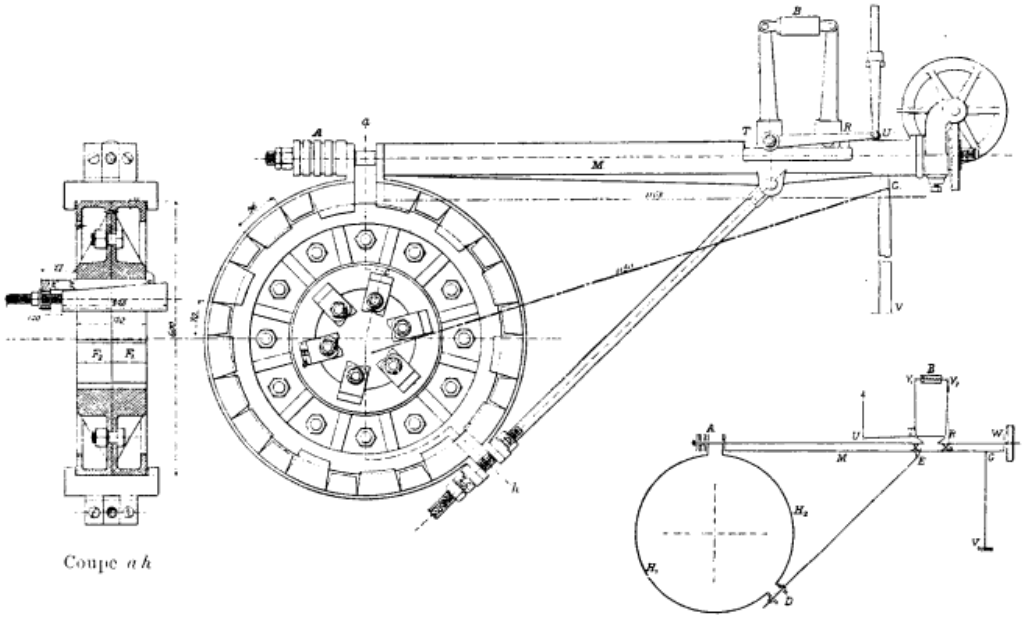


Fig. 8 à 10. — Frein *Kotournisky*. Ensemble et schéma du mécanisme.

bras M appuie par une chandelle G V sur un plateau de bascule qui indique la charge du frein.

En réalité, la tige de la butée de serrage A est (fig. 11) rompue en X_2 par deux articulations conjuguées par le renvoi $B_2X_2Y_2BY_1X_1$, à ressort B et levier T U, relié en U à une corde. Dès que le bras M s'abaisse un peu, sous l'influence d'une augmentation passagère du frottement du frein, la tension de la corde U diminue celle du ressort B, et, par suite, le serrage du frein, de manière à en ramener automatiquement le serrage à sa valeur normale.

La poulie du frein, en quatre pièces F_1 F_2, se cale sur l'arbre du moteur par six mordaches, faciles à ajuster au diamètre de cet arbre, et serrées par des coins à vis. L'eau de refroidissement circule non pas à l'extérieur, mais à l'intérieur des joues de la jante de la poulie du frein (1).

1. *Zapisky*, mai 1897. Rapport de *M. Depp*, à la *Société technique impériale Russe*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

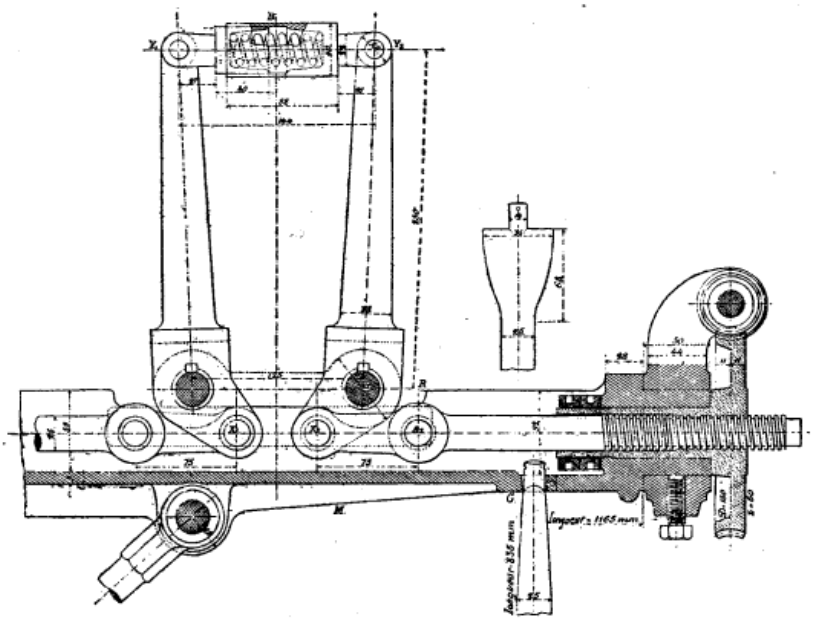


Fig. 11. — Frein *Kotoursky*. Détail du compensateur.

Transbordeur-mouleur de fonderie *Laughlin*.

Ces sortes de transbordeurs commencent à se répandre aux États-Unis comme, par exemple, aux hauts fourneaux de Lucy, à Pittsburg, pour le transbordement im-

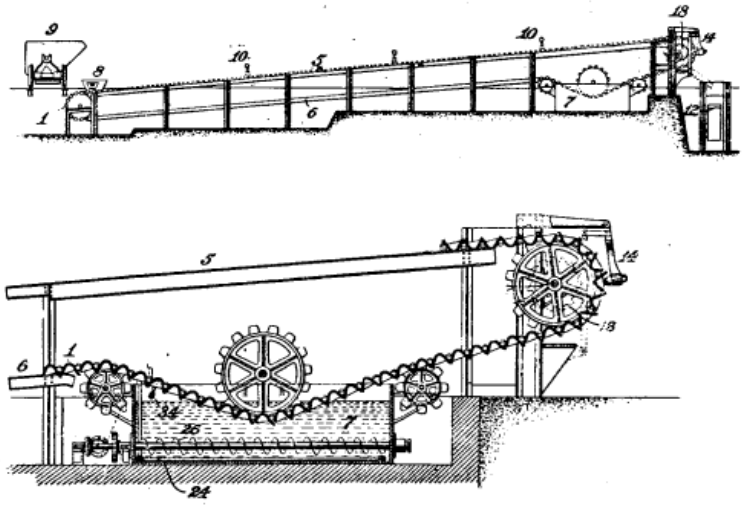


Fig. 12 et 13. — Transbordeur-mouleur *Laughlin*.

médiat des lingots ou gueuses de fonte à mesure qu'on les coule. Les schémas (fig. 12 et 13) permettront de suivre facilement la marche générale de l'appareil.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La fonte est déversée de la poche roulante 9, par la trémie 8, dans une série de moules 1, disposés en une chaîne sans fin roulant sur les rails 1 et 6. A l'extrémité de droite de la chaîne, un marteau 14, actionné par le rochet 18, frappe les moules à mesure qu'ils s'y présentent, de manière à en détacher la fonte, qui lui arrive solidifiée par les arrosages 10 et la lenteur même de son parcours de 30 à 40 mètres, puis tombe dans le transbordeur 12. Au retour, la chaîne traverse un bain 7, de terre réfractaire diluée dans de l'eau chauffée par un serpentin de vapeur 24 et agité par des hélices 20.

L'excédent de terre ainsi ramassé par des moules en est détaché par les jets d'air comprimé ou de vapeur 34. Le revêtement réfractaire des moules nécessaire pour éviter l'adhérence de la fonte et leur usure excessive se trouve ainsi entretenu automatiquement.

Concasseur a machoires *Gates et Carman*.

Dans cet appareil, construit par les *Gates Iron, Work*, de Chicago, la mâchoire mobile C (fig. 14 et 15) pivotée sur D, et à rappel M, est commandée en c et c', de l'arbre G et de l'excentrique H, par les barres K et I, qui sont actionnées, du levier E

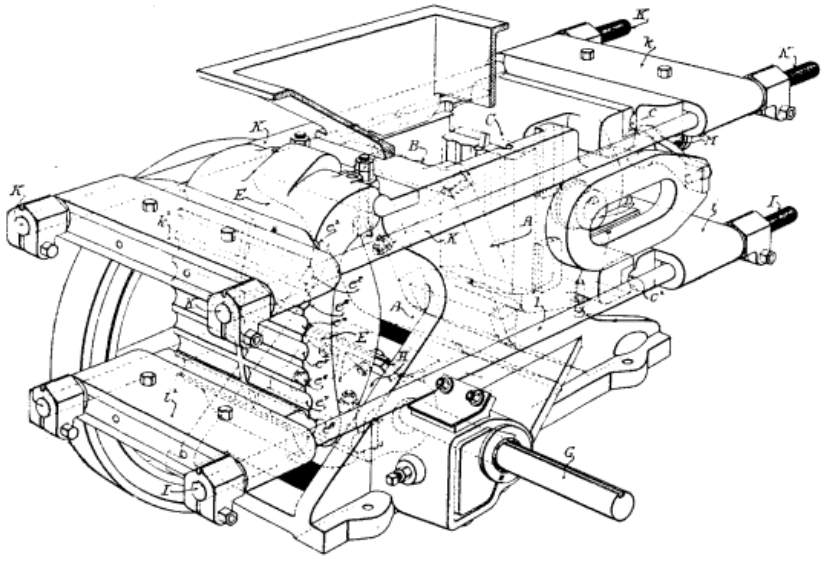


Fig. 14. — Concasseur *Gates et Carman*

pivoté en e, par l'une quelconque des encoches e, e_2... e_7. Dans la position figurée, avec i_1 en e_8 et k_1 en e_1, le haut de la mâchoire C ne bouge presque pas : l'inverse aurait lieu avec k_1 en e_8 et i_1 en e_1. L'écartement des tiges H, plus petit que celui des tiges K, permet le croisement des tiges K et I.

Cette disposition permet de faire varier le mouvement de la mâchoire mobile C par rapport à la mâchoire fixe B suivant tous les degrés nécessaires pour pouvoir adapter la machine au traitement des pierres les plus diverses, depuis les roches

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dures et friables, qui n'exigent qu'un faible mouvement des mâchoires, jusqu'aux plus tendres, qui en exigent au contraire de grands mouvements.

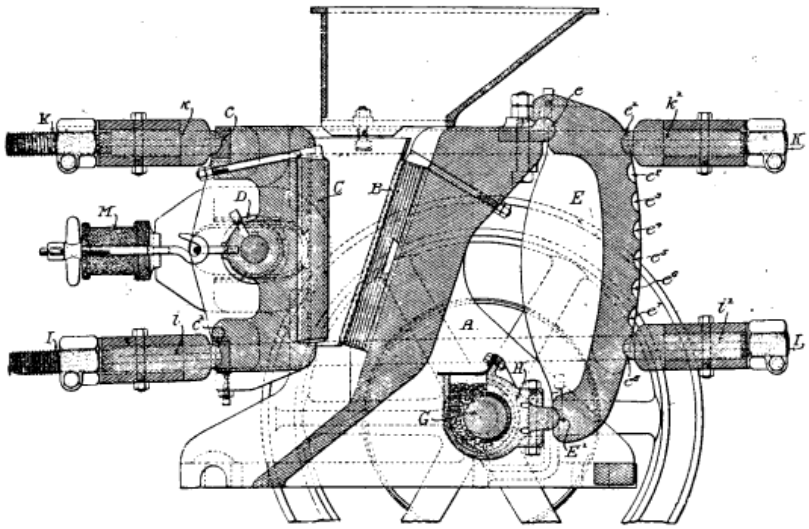


Fig. 15. — Concasseur *Gates et Carman*. Coupe verticale.

Sur le tracé pratique des engrenages. Note de **M. L. Lecornu**.

La théorie des engrenages plans conduit à profiler les dents suivant certaines courbes dont le tracé est assez délicat; aussi, les constructeurs se contentent-ils souvent de substituer à ces courbes des arcs de cercle choisis de manière à en épouser à peu près la forme. Il est dès lors intéressant de renverser les termes du problème, c'est-à-dire de supposer *a priori* les dents circulaires, et de chercher comment leurs centres et leurs rayons doivent être déterminés pour obtenir un rapport des vitesses angulaires aussi peu variable que possible. M. Sharp, de Londres, a naguère examiné cette question : il s'est imposé la condition que le rapport des vitesses angulaires eût la même valeur pour trois positions du couple de dents en contact, par exemple pour la position moyenne et pour les deux positions extrêmes. Malheureusement, la construction à laquelle il est parvenu, et qui ne repose d'ailleurs que sur des calculs approchés, présente une grande complication et ne semble pas, dès lors, offrir un avantage marqué sur la plupart des méthodes usuelles. En me bornant au cas où le pas n'est qu'une petite fraction de chacune des circonférences primitives, j'ai obtenu des résultats beaucoup plus simples.

Si l'on considère deux arbres pour lesquels le rapport des rotations est réglé par le contact de deux profils circulaires, la distance des centres de ces deux profils reste invariable, et il en est de même de la distance de chaque centre à l'axe de rotation correspondant. La transmission équivaut ainsi a celle que réaliserait un système de deux bielles reliées par une manivelle, étant bien entendu que l'on a à considérer seulement la période pendant laquelle une même paire de dents reste en contact. Le rapport des vitesses angulaires est inversement proportionnel à celui des segments interceptés par la bielle sur la ligne des centres fixes, et tout revient à faire en sorte que le point de rencontre de la bielle avec cette ligne éprouve un déplacement négligeable. Or, j'ai trouvé qu'il existe une disposition pour laquelle, à une rotation des manivelles infiniment petite du premier ordre, correspond une valeur de ce

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 19 juillet 1897.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

déplacement qui est infiniment petite du troisième ordre. La construction à faire est la suivante :

Etant donné les centres fixes O_1 *et* O_2, *marquer le point de contact* P *des circonférences primitives, mener par ce point une droite* DD', *inclinée d'un angle arbitraire* φ *sur la ligne* O_1O_2 (en pratique cet angle doit être assez voisin de 90°). *Déterminer le point* Q, *conjugué harmonique de* P *par rapport à* O_1 O_2, *et prolonger* PQ *d'une longueur* QQ' *égale à* 1/2 PQ. *Projeter ensuite le point* Q' *en* C *sur la direction* PC, *normale en* P *à* DD'. *Le point* C *est le point de concours des manivelles fictives;* DD' *est la bielle.*

Cette construction revient à faire en sorte que P soit un point de rebroussement pour l'enveloppe de la bielle.

J'ai calculé la variation éprouvée par le rapport des vitesses angulaires quand le système passe de la position initiale ainsi déterminée à une position voisine. Si s désigne l'arc décrit par un point de l'une des circonférences primitives dans ce changement de position, le rapport v des vitesses angulaires subit une variation δv, et l'on a

$$\frac{\delta v}{v} = \frac{(2R_1 + R_2)(2R_2 + R_1)(R_1 + R_2)}{18\ R^3\ R^3}\ s \operatorname{tang} \varphi$$

R_1 et R_2 désignant les rayons des circonférences primitives. Soient n_1 et n_2 les nombres de dents. Quand le point de contact d'une dent passe de la position moyenne à l'une des positions extrêmes, l'arc s est sensiblement égal à la moitié du pas, et l'on a $\frac{R_1}{n_1} = \frac{R_2}{n_2} = \frac{s}{\pi}$. Attribuons en même temps à φ la valeur 75°, ordinairement adoptée pour les engrenages à développante, et il vient

$$\frac{\delta v}{v} = 6{,}43 \times \frac{(2n_1 + n_2)(2n_2 + n_1)(n_1 + n_2)}{n_3\ n^3}.$$

Si, par exemple, les roues portent respectivement 30 et 60 dents, on trouve $\frac{\delta v}{v} = 0{,}0017$. C'est-à-dire, qu'en supposant constante la vitesse de l'une des roues, la vitesse de l'autre éprouve, de part et d'autre de sa valeur moyenne, une oscillation de 1/500 de cette valeur.

Le principal inconvénient du système consiste dans l'impossibilité de faire engrener une même roue avec des roues de différents diamètres.

Gouvernail a vapeur *Brown*.

La machine à vapeur A (fig. 16) commande, par le train hélicoïdal A C D, l'arbre B, dont le pignon G (fig. 17) engrène avec la roue satellite H, à bras H_1, fous sur B, et en prise avec les deux couronnes à dentures intérieures K et J, dont l'une, J, fixe, a deux dents de plus que celle K, solidaire du bras F F, commandant par F_1 F_2 F_1 l'arbre F_3 du gouvernail. Il en résulte un mouvement différentiel de J par rapport à K, par lequel F tourne beaucoup moins vite que B. La couronne J est immobilisée par le serrage d'un frein J_1 (fig. 16) à ressort J_2, lui permettant de céder aux coups du gouvernail. Enfin, le gouvernail peut être actionné à la main par le train P P_1 P_4, dont la couronne dentée P_1 peut être à volonté embrayée avec le plateau F_4 de F, après avoir desserré le frein J_1 de J.

On peut aussi, comme en figure 19, remplacer le train différentiel précédent par un pignon N, fou sur l'excentrique M de B, et en prise avec les dentures différentielles des pignons K et J.

Le servo-moteur de A est, dans les deux cas, commandé directement par le bras F.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

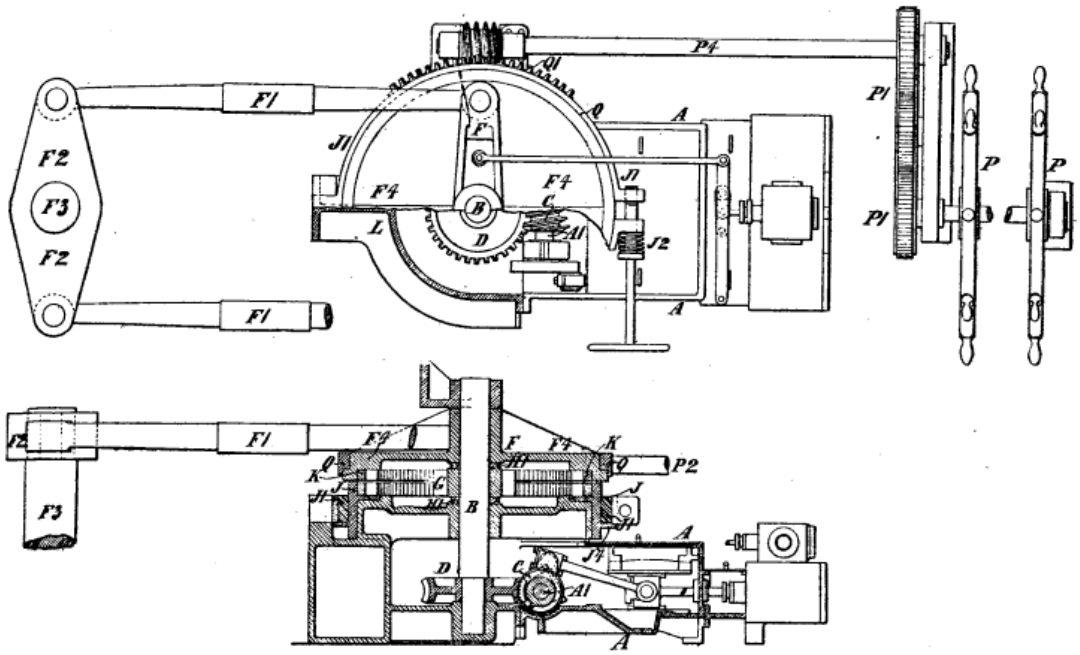
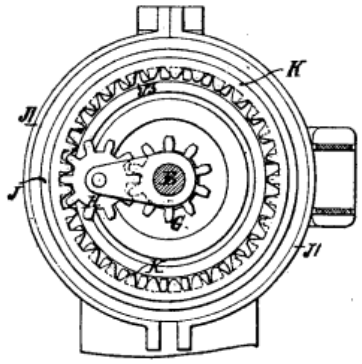


Fig. 16. — Gouvernail *Brown*. Plan et coupe verticale F_1 F_4.



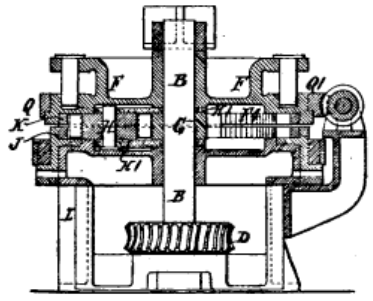


Fig. 17 et 18. — Gouvernail *Brown*.
Détail du différentiel.

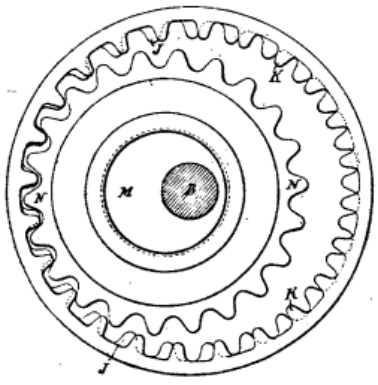


Fig. 19. — Gouvernail *Brown*.
Variante du différentiel.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Moteurs a gaz *Dick.-Kerr* et *Burt* (1).

Ces machines sont employées pour l'éclairage électrique de Belfast. Six d'entre elles sont du type horizontal et deux verticales.

Les quatre plus grandes sont (fig. 20) à deux cylindres, de 350 et 245 de diamètre, sur 510 de course, à double effet et en tandem, donnant par conséquent deux explosions par tour; poulie de $2^m,60$, à 8 cordes de 21 $^m/_m$, poids 1500 kilos ; d'une marche très régulière ; volant de $2^m,60$, pesant 3 500 kilos; vitesse, 160 tours ; puissance, 120 chevaux indiqués. Les deux autres sont monocylindriques à double effet, à cylindre de 345×510 ; volant et poulie de $2^m,13$, pesant chacune 1900 kilos; puissance 60 chevaux à 160 tours.

Le réglage s'opère non par suppression des explosions, mais par graduation de l'admission du gaz ; on marche sans passage à vide ni ratés; depuis une surcharge de 20 p. 100 jusqu'à la marche à vide; la pression d'allumage n'est plus alors que de

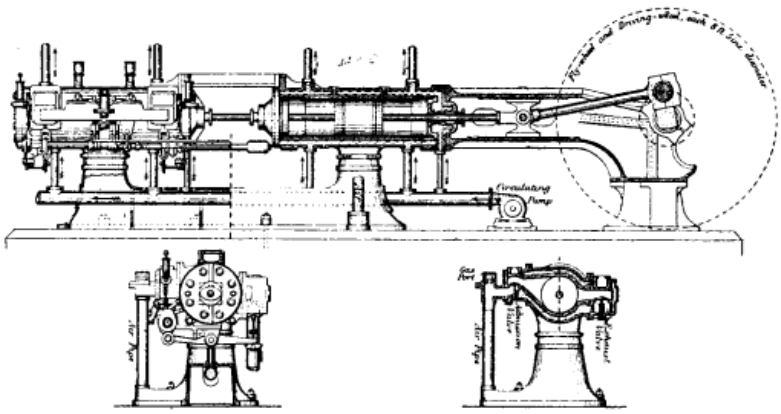


Fig. 20 à 22. — Moteur à gaz *Dick.-Kerr*.

$4^{kg},20$, tombant à $1^{kg},4$ au milieu de la course et à $0^{kg},2$ à la fin. Ces résultats n'ont pu être obtenus que grâce à la stratification du mélange gazeux dans le cylindre telle que ce mélange reste aux environs du point d'allumage assez riche pour en assurer l'efficacité, bien que la teneur en gaz de l'ensemble de la charge totale présente au cylindre fût beaucoup trop pauvre. Dans ces machines, le gaz est admis, à cet effet, derrière une couche d'air à laquelle il ne se mélange que très peu, et d'autant plus tard que le travail du moteur diminue : cette admission est commandée par une came feuilletée très ingénieuse, soumise au régulateur (2). L'allumage par tubes a lieu toujours au même point de la course. Les stuffing-box des tiges de piston, à garnitures d'amiante, ont parfaitement résisté. La circulation de l'eau de refroidissement des cylindres se fait par une petite pompe centrifuge, l'eau allant se refroidir dans un grand réservoir de 50 mètres cubes et de $1^m,20$ de profondeur, où elle tombe en jets très divisés. Le gaz, amené par un tuyau de 200 millimètres de diamètre, arrive à chaque

(1) *Institution of Mechanical Engineers Proceedings*, 1896, n° 3, p. 304. Mémoire de M. *M. Coven*.
(2) G. Richard. *Les moteurs à gaz et à pétrole en 1893*, p. 23.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

machine par un branchement de 76 millimètres, avec poche à gaz; l'échappement se fait par des branchements de 150 millimètres de diamètre, raccordés à un tuyau prin-

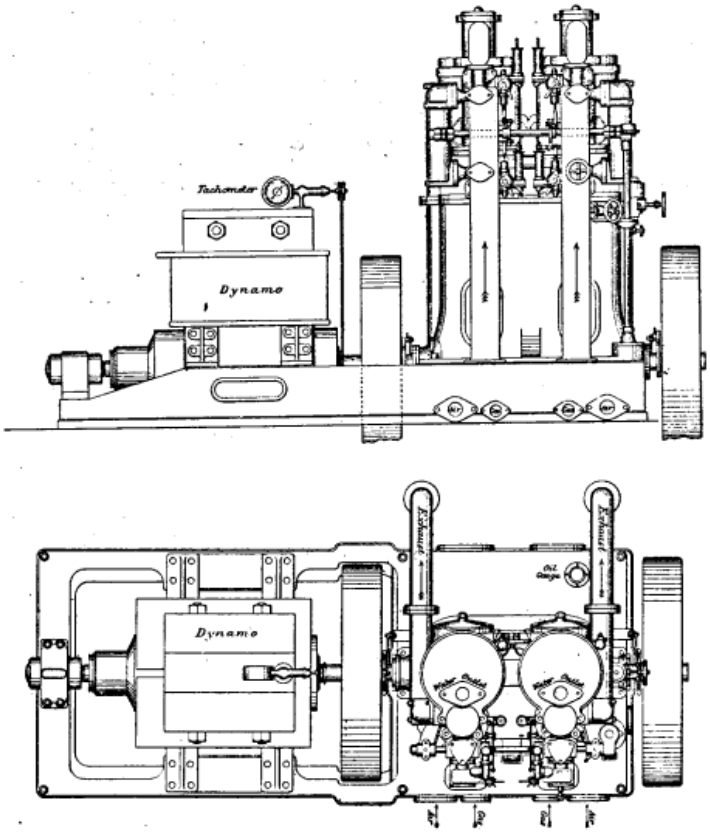


Fig. 23 et 24. — Moteur à gaz *Burt*. Élévation et plan.

cipal de 460 millimètres de diamètre. Les principaux résultats des essais de ces machines sont donnés aux tableaux ci-dessous.

ESSAI DU MOTEUR TANDEM

Tours par minute	166,5	167,5	168	166	168	167
Puissance électrique E.	92ch,3	77,9	57,8	40,3	19,4	0
— indiquée I.	120,5	101,4	80,2	64,4	45	
Rendement $\frac{E}{I}$ (1).	76,6 °/₀	76,8	71,8	62,7	43,2	
Gaz par cheval-heure indiqué (2).	0m3,595	0,625	0,710	0,850	1m3,12	

(1) Rendement organique, 85 p. 100.
(2) De 6 780 calories par mètre cube.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MOTEUR MONOCYLINDRIQUE

Tours par minute	160,3	162	160,3	163	160	161	163
Puissance électrique E.	41ch,7	35,1	26,8	19	8,4	17,9	8,4
— indiquée I.	57,6	48,8	43,1	33,2	23,8	29,8	22,3
Rendement $\frac{E}{I}$	72,2 %	71,8	62,3	57,3	35,5	60,1	37,9
Gaz par cheval-heure indiquée.	0m,600	0,625	0,660	0,835	1,10	0,620	0,70

Les machines verticales, du type *Burt* (1) (fig. 23 à 25), construites par la *Acme Gas Engine C°*, de Glasgow, sont au nombre de deux, de 150 chevaux chacune, à 4 cylin-

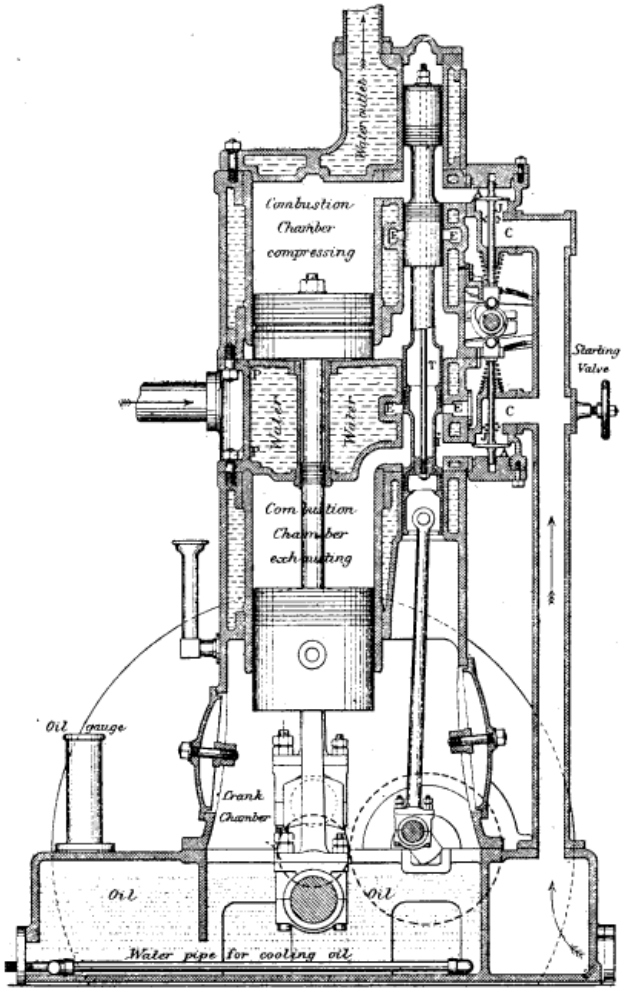


Fig. 23. — Moteur à gaz *Burt*. Coupe verticale.

Combustion chamber, Chambre de combustion. *Compressing*, comprimant. *Exhausting*, Échappant. *Crank chamber*, chambre de la manivelle. *Oil*, huile. *Water Pipe for cooling oil*, tuyau d'eau pour refroidir l'huile. *Starting valve*, valve de mise en train par l'air comprimé.

dres à simple effet (un coup tous les deux tours) de 260 × 200 de course, en deux groupes en tandem sur manivelles à 180° ; deux volants de 0m,90, pesant 1200 et

(1) *Revue de mécanique*, mars 1897, p. 258.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1400 kilos. Chaque cylindre peut être séparé des autres, et a son réglage par régulateur pendule indépendant, coupant l'admission. Le mélange d'air admis par C A, et de gaz par J A, au moyen de soupapes desmodromiques, est introduit aux cylindres par un tiroir piston T, qui fait aussi l'échappement par E. L'allumage se fait par tube. Les principaux résultats des essais de ces machines sont donnés au tableau ci-dessous :

Tours par minute	356	370	383	384	390	395
Puissance électrique E.	106	109	97,6	72,7	48,8	24
— indiquée I.		140	133	101	81	60
Rendement $\frac{E}{I}$		73 °/₀	73,2	71,6	60,5	40,2
Gaz par cheval-heure indiqué. .		0^{m3},535	0,540	0,570	0,590	0,600

La mise en train se fait soit par les dynamos converties en moteur, soit par de l'air comprimé à 7 kilogrammes dans un réservoir de 3^{m},60 $\times$ 1^{m},20 de diamètre par une pompe qu'actionne une dynamo de 6 chevaux.

L'éclairage de Belfast a donc ses dynamos actionnées par 900 chevaux de moteurs à gaz, dans l'établissement desquels on s'est, à juste titre, attaché plus à la sûreté et à la régularité de la marche qu'à une économie exagérée de gaz ; l'unité de lumière, la bougie-heure, coûte ainsi environ 10 litres de gaz aux machines.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

BIBLIOGRAPHIE

Traité des Routes, Rivières et Canaux, par M. P. Berthot, ingénieur des Arts et Métiers, 3 vol. in-4; 2 300 p., 1 900 figures, G. Fauchon, édit.

Dans ces différents traités, l'auteur s'est placé à un double point de vue :

1° Décrire les procédés les plus récents appliqués à ces genres de travaux;

2° Indiquer les moyens simples à employer dans les pays primitifs, et cela au point de vue de notre extension coloniale. Un long séjour passé au Brésil lui a permis de parler d'après sa propre expérience.

Le premier volume, celui des *routes* contient dans le premier chapitre l'historique des routes chez les peuples anciens et un fac-similé de la carte de Peutinger qui est le seul renseignement cartographique que l'on possède sur les voies romaines. Une superposition de ces voies avec le réseau de nos principales lignes des chemins de fer montre que les circonstances économiques de notre pays ont peu varié depuis cette époque.

Le deuxième chapitre est consacré au tracé des routes dans les différents cas qui peuvent se présenter, soit qu'il existe, soit qu'il n'existe pas de cartes du pays. Dans ce dernier cas, les procédés les plus simples pour fixer les positions astronomiques des points extrêmes afin d'avoir une vérification sont indiqués avec soin. Les différentes méthodes pour comparer entre eux plusieurs tracés au point de vue économique sont également décrites.

Dans le troisième chapitre, il est traité du choix des profils en travers, et, dans le quatrième, du résultat des expériences sur le tirage des voitures.

Le chapitre suivant comprend la rédaction du projet définitif et des devis conformément aux instructions ministérielles les plus récentes, avec l'indication des procédés en usage pour le calcul des déblais et des remblais.

Ce chapitre est suivi de deux autres, traitant, le premier, de l'infrastructure des différentes chaussées (dallées, en cailloux roulés, étêtés, en briques, en fascinage, en asphalte comprimé, en bois), et le second, de la construction de la surface de roulement de ces chaussées.

Un autre chapitre est consacré aux travaux accessoires : ponceaux, aqueducs, bornes kilométriques, plantations, etc.

Dans le chapitre IX, il est traité des différents modes d'entretien des chaussées, et les trois derniers se rapportent à la législation, aux contrats avec les entrepreneurs, au personnel et à la comptabilité.

Le *Traité des Rivières* comporte dix divisions.

La première est consacrée à la recherche des sources à leur captation, et aux différents genres de la navigation fluviale, tant au point de vue général du commerce qu'à celui du régime et de la conservation des voies navigables. Dans le second chapitre, après avoir établi la division des cours d'eau naturels en torrents, rivières torren-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tielles et fleuves, l'auteur a donné une étude théorique de l'écoulement de l'eau, des différents modes de jaugeage et du calcul des débits.

On trouve, dans le chapitre suivant, une étude sur les torrents, sur leur extinction, ainsi que les procédés d'amélioration des rivières torrentielles, de la défense des voies et sur le colmatage, ainsi que sur le déplacement des sables dans le lit des rivières.

Le chapitre IV traite des étiages et des inondations et contient une description complète du système employé en France pour la prévision de ces dernières, ainsi que des différents travaux proposés pour en combattre les effets. Cette étude est suivie d'une autre sur l'amélioration des rivières, soit par des dragages, soit par leur canalisation.

Le chapitre VI est consacré en entier à l'utilisation des cours d'eau par l'industrie, soit au point de vue de la création des chutes d'eau, soit au point de vue du choix des moteurs dans les différents cas qui peuvent se présenter. Il est complété par le texte des lois qui régissent la matière et des remarques sur la jurisprudence adoptée.

Le chapitre suivant est consacré à l'utilisation de l'eau par l'agriculture. L'auteur, après avoir, comme ci-dessus, donné un résumé de la législation, entre dans des détails circonstanciés sur les irrigations appliquées aux différentes cultures, sur le colmatage, sur l'assainissement des marais et des villes, et termine par un exposé de la pisciculture et des avantages qu'elle peut procurer à certaines localités.

Les derniers chapitres ont trait au personnel spécial employé dans ce service, à la comptabilité et à la reproduction des lois qui n'ont pu trouver place dans le corps du volume.

Le traité des *Canaux* formant le 3e volume est dressé en onze chapitres.

Dans le premier et le second, après un historique des canaux chez les anciens, l'auteur, après avoir recherché toutes les causes de dépense d'eau et les avoir évaluées, a indiqué les différents moyens naturels et artificiels de se procurer cette eau soit par la création de réservoirs, soit par l'installation de machines élévatoires.

Le troisième chapitre comprend l'étude du tracé des canaux de navigation et d'irrigation, et le suivant celle des procédés et des engins employés aux travaux de terrassement, depuis les plus sommaires jusqu'aux excavateurs les plus perfectionnés. Il se termine par la construction des tunnels et des exemples des procédés d'étanchement.

Le cinquième chapitre est consacré tout entier à l'étude théorique et pratique de l'établissement des écluses, des élévateurs, etc. Le sixième traite des barrages de toute nature et des prises d'eau.

On trouve ensuite la description des travaux accessoires, puis enfin une statistique et un état détaillé de toutes les voies navigables de France et des principales de l'étranger. Enfin, le dernier chapitre s'occupe du personnel spécial attaché à leur exploitation.

Tel qu'il est, ce travail nous a paru très complet, au double point de vue auquel il a été conçu, et nous pensons qu'il peut rendre de réels services à toutes les personnes qui ont à exécuter des travaux généraux ou particuliers de cette nature, aussi bien dans notre pays que dans nos nouvelles colonies.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Cuirassés et Projectiles de marine, par M. VALLIER (E.), chef d'escadron d'artillerie, correspondant de l'Institut. Petit in-8 (*Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire*). Paris, Gauthier-Villars.

Après une description des cuirassés lancés jusque dans ces dernières années, au point de vue de leur cuirassement et de leur résistance à l'artillerie, l'auteur étudie les projectiles destinés à leur attaque et examine les conditions de leur emploi. Après les formules relatives aux perforations, nous rencontrons une théorie nouvelle sur l'appréciation des effets des explosifs, selon que le projectile doit éclater au sein d'une masse résistante, telle qu'un blindage, ou tout au contraire à l'air libre.

Vient ensuite l'étude des plaques Harvey, de leurs propriétés si remarquables au point de vue métallurgique et de leurs conséquences en ce qui concerne la construction des nouveaux cuirassés, principalement en Angleterre.

Les améliorations apportées depuis à la métallurgie des plaques comme à la fabrication des projectiles et un chapitre de conclusions sur les conditions du combat, suivi de tableaux numériques relatifs à l'armement des diverses puissances, terminent cet ouvrage.

Les Huiles minérales de pétrole, schiste, lignite, par M. François MIRON, licencié ès sciences physiques, ingénieur civil. Petit in-8 (*Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire*).

M. Miron a résumé, dans cet ouvrage, l'étude de nos connaissances sur la fabrication des *huiles minérales* pour éclairage, graissage, etc.

L'huile de pétrole, par suite de son importance prépondérante, a reçu un développement particulier; l'huile de schiste, qui vient en second lieu, est l'objet de la seconde partie de l'ouvrage, et l'huile de lignite, fort employée en Allemagne, est étudiée dans la troisième partie.

Pour chacun de ces produits, l'auteur étudie successivement les gisements de la matière première, leur prospection, leur exploitation, puis le traitement de la matière première et la fabrication des différents produits auxquels elle donne naissance.

Les rendements des différentes phases de la fabrication, les consommations en combustible et produits divers sont indiqués, et le lecteur peut en déduire sans difficulté les prix de revient d'une fabrication. Enfin, l'étude des propriétés physiques et chimiques, ainsi que de la composition élémentaire des différentes provenances, rendra service à ceux qui veulent approfondir cette industrie.

Un chapitre spécial est consacré à l'essai des huiles brutes et des huiles pour l'éclairage et le graissage.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LITTÉRATURE

DES

PÉRIODIQUES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE DE LA SOCIÉTÉ

Du 15 Juillet au 15 Août 1897

DÉSIGNATIONS ABRÉGÉES DES PUBLICATIONS CITÉES

Ag. . . . Journal de l'Agriculture.
Ac. . . . Annales de la Construction.
Acp. . . . Annales de Chimie et de Physique.
AM. . . . Annales des Mines.
Ap. . . . Journal d'Agriculture pratique.
APC. . . . Annales des Ponts et Chaussées.
At. . . . Annales télégraphiques.
Bam. . . . Bulletin technologique des anciens élèves des écoles des arts et métiers.
Btp. . . . Bulletin du ministère des Travaux publics (statistiques).
BMA . . . Bull. du ministère de l'Agriculture.
Ci. . . . . Chronique industrielle.
Co. . . . . Cosmos.
CN. . . . Chimical News (London).
Cs. . . . . Journal of the Society of Chemical Industry (London).
CR. . . . Comptes rendus de l'Académie des Sciences.
DoL. . . . Bulletin of the Department of Labor des États-Unis.
Dp. . . . Dingler's Polytechnisches Journal.
E. . . . . Engineering.
E'. . . . . The Engineer.
Eam. . . . Engineering and Mining Journal.
EE. . . . . Eclairage Électrique.
El. . . . . Electrician (London).
Elé. . . . L'Électricien.
Ef. . . . . Économiste français.
Es. . . . . Engineers and Shipbuilders in Scotland (Proceedings).
Fi . . . . Journal of the Franklin Institute (Philadelphie).
Gc. . . . Génie civil.
Gm. . . . Revue du Génie militaire.
IC. . . . . Ingénieurs civils de France (Bull.).
Ie. . . . . Industrie électrique.
Im . . . . Industrie minérale de St-Étienne.
IME. . . . Institution of Mechanical Engineers (Proceedings).
IoB. . . . Institution of Brewing (Journal).
La . . . . La Locomotion automobile.
Ln. . . . . La Nature.
Ms. . . . . Moniteur scientifique.
N. . . . . Nature (anglais).
Pc. . . . . Journal de Pharmacie et de Chimie.
Pm. . . . *Portefeuille* économ. des *machines*.
Rgc. . . . Revue générale des chemins de fer.
Rgds. . . . Revue générale des Sciences.
Ri . . . . Revue industrielle.
RM. . . . Revue de mécanique.
Rmc. . . . Revue maritime et coloniale.
Rs. . . . . Revue Scientifique.
Rso. . . . Réforme Sociale.
RSL. . . . Royal Society London (Proceedings).
Rt. . . . . Revue technique.
Ru. . . . . Revue universelle des mines et de la métallurgie.
SA. . . . Society of Arts (Journal of the).
ScP. . . . Société chimique de Paris (Bull.).
Sfp. . . . Société française de photographie (Bulletin).
Sg. . . . . Bulletin de la Société de géographie.
Sgc. . . . Bulletin de la Société de géographie commerciale.
Sie. . . . . Société internationale des Électriciens (Bulletin).
SiM. . . . Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse.
SiN. . . . Société industrielle du Nord de la France (Bulletin).
SL. . . . . Bull. de statistique et de législation.
SNA. . . . Société nationale d'agriculture de France (Bulletin).
SuE. . . . Stahl und Eisen.
USR. . . . Consular Reports to the United States Government.
VDI. . . . Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure.
ZOI. . . . Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieure und Architekten-Vereins.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

AGRICULTURE

Arbre à huile de Chine. *USR. Août* 477.
Bétail. Assurance des Sociétés landaises pour —. *Ap.* 12 *Août*, 225. Elevage du porc en France. *Rgds.* 15 *Août*, 618.
— La peste bovine au Transvaal (Edinglon). *RSL.* 31 *Juillet*, 357.
— Les Shorthorns. *Ap.* 12 *Août*, 233.
Betteraves. Espacement des —. *Ag.* 31 *Juillet*, 186; 14 *Août*, 272.
— Culture en Amérique. *Ap.* 5 *Août*, 197.
Blé. Nielle du —. *Ag.* 17 *Juillet*, 110.
— Composition et analyse du —. *Ap.* 22 *Juillet*, 113.
— Amélioration de la culture. *Ag.* 7 *Août*, 216.
— Meilleure variété de —. *Ap.* 12 *Août*, 230.
Beurre. Micrococcus du —. *Technology Quatterly. Juin*, 247.
Cattleya (Orchidée) Dégénérescence des —. (Hébert et Truffaut). *Cs.* 20 *Juillet*, 712.
Culture alternée en Normandie. *Ap.* 15 *Juillet*, 97.
Défrichements. Emploi de la dynamite. *Ag.* 17 *Juillet*, 93.
Engrais. La Nitragine. *Ag.* 31 *Juillet*, 178; 14 *Août*, 258; *Ap.* 5 *Août*, 191.
— Nitrate de soude et sulfate d'ammoniaque. *Co.* 14 *Août*, 196.
— Phosphates, consommation et production. *Ef.* 14 *Août*, 205.
— Composition des eaux de drainage (Dehérain). *CR.* 26 *Juillet*, 209.
Enseignement de l'agriculture en Angleterre. *Ap.* 29 *Juillet*, 166.
Haricots, lentilles et pois. Composition des —. (Balland). *CR.* 12 *Juillet*, 119.
Lait. Approvisionnement de Paris. *Ap.* 29 *Juillet*, 98. (Conservation du) procédé. *Casc. Rt.* 10 *Août* 347.
Machines Agricoles. Presses à foins. *Gc.* 17 *Juillet*, 183.
— Accidents causés par les machines à battre. *Ap.* 22, 29 *Juillet*, 124, 164.
Topinambours (Les). *Ap.* 5 *Août*, 201.
Vigne. Formation de l'ammoniaque dans les vins (Muntz et Rousseaux). *Ap.* 15 *Juillet*, 77.
— Absorption de l'oxygène dans la casse des vins. *CR.* 26 *Juillet*, 248.
— Bouillies cuivriques au savon. *Ap.* 12 *Août*, 237.

CHEMINS DE FER

Chemins de fer. En Chine. *E.* 16 *Juillet*, 83.
— Français en 1896. *Ef.* 24 *Juillet*, 107.
— États-Unis en 1893. *Rgc. Juillet*, 42.
— Métropolitain de Paris. *Gc.* 31 *Juillet*, 220.
— Transsibérien. *Ef.* 14 *Août*, 205.
— Voies normale et étroites, étude comparative. *Rt.* 25 *Juillet*, 316. 10 *Août*. 339.
Exploitation. Service des trains spéciaux de voyageurs pour les courses de Chantilly. *Rgc. Juillet*, 3.
Frein Westinghouse pour grandes vitesses. *RM. Juillet*, 707.
Locomotives diverses. *Dp.* 6, 13 *Août*, 128, 145; du Waterford Limerick. *Rg E'.* 13 *Août*, 154.
— Oscillations des —. *E'.* 6 *Août*. 141.
— 8 couplées du chemin stratégique du Soudan (voie de 1 m.). *E.* 23 *Juillet*, 106.
— Express 4 couplées de l'Illinois central. *E.* 13 *Août*, 209.
— Compound 8 couplées Sheneelady. *E.* 16 *Juillet*, 54.
— Chaudières des. *RM. Juillet*, 706.
— Avance des tiroirs des —. *E'.* 6 *Août*, 141.
— Automobile postale Serpolet. *Ln.* 7 *Août*, 157.
— Tiroirs Watkey. *RM. Juillet*, 707.
Matériel roulant. Ventilation des voitures à voyageurs (Dudley). *Fi. Juillet*. 1.
— Wagons en acier Joaghins et Schoen. *RM. Juillet*, 708.
— Bandages. Ruptures de, en Allemagne, 1894. *Rgc. Juillet*, 708.
— Bogie Joughins. *RM. Juillet*, 707.
— Éclairage électrique des trains. *Gc.* 31 *Juillet*, 219; 7-14 *Août*, 230, 248; du Jura Simplon. *EE.* 31 *Juillet*. 248.
— Suspension Amendale. *RM. Juillet*, 708.
Signaux. Pédale Prokov. *Dp.* 6 *Août*, 135.
Voie. Déformation permanente de la — (Couard). *Rgc. Juillet*, 25.
— Enclenchement. Bourré. *Rgc. Juillet*, 3.
— Influence des rampes sur le trafic. *E.* 13 *Août*, 203.

TRANSPORTS DIVERS

Automobiles. Casman, Pennington. *E.* 61 *Juillet*, 98.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Automobiles. Concours des poids lourds. *La.* 5 *Août*, 362.
Électriques. Les —. *Elé.* 31 *Juillet*, 65.
— Columbia. *La.* 15 *Juillet*, 325. *E.* 13 *Août*, 187.
— Clubbe et Southey. *E.* 16 *Juillet*, 98.
Pétrole. Levassor : quadricycle pour service postal du Chemin de fer du Nord. *La.* 15 *Juillet*, 328 ; Grivel. *La.* 22 *Juillet*, 333; Tavernier, *id.* 336; Klause, *id.* 339; Landry et Beyroux. *Id.* 5 *Août*, 361; de Cosmo. *Id.* 12 *Août*, 370; Briggs, *id.* 374 ; Clubbe et Southey. *RM. Juillet*, 709; Cars. *La.* 15 *Juillet*, 329; Richard, *id.* 29 *Juillet*, 346.
Vapeur. Train Scott pour ambulances. *La.* 15 *Juillet*, 323.
— Davies. *E.* 16 *Juillet*, 97; Labitte. *RM. Juillet*, 709.
— Weidknecht. *Ri.* 14 *Août*, 325.
— Transmission Wellington. *La.* 12 *Août*, 377.
— Guidage Faure. *RM. Juillet*, 709.
Tramways *Électriques*. Les (Pelissier). *EE.* 31 *Juillet*, 241 ; 7 *Août*, 298. A' Caniveaux. *ZOI.* 13 *Août* 489.
— De Berlin. *Pm. Juillet*, 98.
— De Lausanne, avec moteur à gaz. *E'.* 16 *Juillet*, 60.
— De Hanovre. *Ri.* 17 *Juillet*, 288.
— Corrosions électrolytiques par courants de retour (Hanarte). *Ru. Juillet*, 10
— Emploi du 3e rail comme conducteur. *Elé.* 17 *Juillet*, 36.
— Signal pour Parrish. *EE.* 17 *Juillet*, 175.
— *A air comprimé*. Hardie. *RM. Juillet*, 710.
Vélocipèdes. Fabrication à Hartford. *E.* 16, 30 *Juillet*, 65, 131.
— Construction des — (Osmond). *E'.* 30 *Juillet*, 116.
— Bicyclette à pétrole de Cosmo. *La.* 12 *Août*, 370.

CHIMIE ET PHYSIQUE

Acétone. Titrage volumétrique. *Ms. Août*, 607.
Acide phosphorique. Méthodes diverses de dosage (A. Cameron). *Cs.* 30 *Juin*, 499.
— hypoiodique (Taylor). *CN.* 16 *Juillet*, 27.
— lactique; fabrication et applications (Claffin). *Cs.* 30 *Juin*, 516.
Acide disulfurique (réaction colorée de l') (Barral). *Pc.* I. *Août*, 104.
— sulfurique dilué; point de congélation. *Cs.* 30 *Juin*, 535.
— borique; dosage dans le lait (Denigès). *Pc.* 15 *Juillet*, 49.
Acoustique, limite de l'audition (Rayleigh). *N.* 22 *Juillet*, 285.
Alcaloïde nouveau. *CR.* 9 *Août* 360. Divers. *Cs.* 30 *Juin*, 453. 31 *Juillet* 630.
Alcoolates d'aluminium. *CN.* 30 *Juillet*, 53.
Albumine commerciale (Essai de l') (Carles). *Pc.* 1 *Août*, 102.
Alumine. Séparation du béryllе par l'acide chlorhydrique (Harvens). *American Journal of Science. Août*, 111.
Amidon. Fabrication, organismes, transformation. *Cs.* 30 *Juin*, 547.
Amidines (Nouveau groupe d'). *CR.* 26 *Juillet*, 243.
Argentaurum. *Co.* 31 *Juillet*, 132.
Barium (Peroxyde de). Danger du transport. Dupré. *Cs.* 30 *Juin*, 492.
Blanchiment. Divers. *Cs.* 30 *Juin*, 535.
Briques (Four à cuire les). *Ci.* 7 *Août*, 356.
Brasserie. Divers. *Cs.* 30 *Juin*, 549. 31 *Juillet*. 625. *IoB. Mai* 430, 461. *Eaux de. IoB. Mai*. 344. *Nourrissage des levures* (Matthews). *Id.* 369. *Couleurs de la bière* (Lovibond). *Id.*, 405.
Chaux et Ciments. Divers. *Cs.* 31 *Juillet*, 612. Cahiers des charges des ingénieurs architectes hongrois. *Le Ciment*, 25 *Juillet*, 200.
— Rendement et compacité des mortiers. *Le Ciment*, 25 *Juillet*, 207.
— Essais à l'eau chaude (Le Chatelier), *id.* 206.
— Emploi du sable humide. *Ac. Août*, 123.
Caféine (Dosage de la) dans le café (Tassily). *ScP.* 5 *Août*, 761, 766.
Carbonne (Spectre du) (de Gramont). *CR.* 19 *Juillet*, 172.
Chimie pure (*Revue de*). (A. Etard). *Rgc.* 30 *Juillet*, 293.
Cérium purification et poids atomique (Wyroubof et Verneuil). *Cs.* 20 *Juillet*, 679.
Céramique. Divers. *Cs.* 30 *Juin*, 737.
— Fabrication de la porcelaine de Chine à Limoges. *USR. Juillet*, 427.
Chlore et Soude. Fabrications chimique et électrolytique. *Ms. Août*, 589.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Cryoscopie de précision Ponsot). *ScP.* 5 *Août*, 741; du lait, *id.* 737.

Cuivre (Sels basiques de) (Sébastien). *CR.* 18 et 19 *Juillet*, 101, 175.

Cœsium et Rubdium (Sels double de) (Wells et Foote). *CN.* 16 *Juillet*, 31.

Combinaisons des corps solides par choc et pression (Dussaud et Jaubert). *Actualités chimiques. Juillet*, 217.

Diamants (Les) (Crookes). *CN.* 16 *Juillet*, 25; *N.* 5 *Août*, 325.

Dissociation (La) et les rayons X (Guillaume). *Rgc.* 15 *Juillet*, 349.

Décanteur Solvay. *E.* 13 *Août*, 218.

Explosifs. Poudres sans fumée nouvelles (Maxim). *E'.* 39 *Juillet*, 97. *Cs.* 30 *Juin*, 495.

— Acide fulminique et fulminates (Dupont). *Actualités chimiques. Juillet*, 228.

— Grandes explosions et leur rayon de *danger*. *E.* 13 *Août*, 187.

Équivalent mécanique de la chaleur. Recherches récentes (Griffith). *N.* 15 *Juillet*, 258.

Essences diverses. Cs. 30 *Juin*, 534.

Fermentations du tanin. (Culture d'un bacille pur de la) (Wood et Wilcox). *Cs.* 30 *Juin*, 510.

— Oxydases ou ferments solubles dans les oxydants (G. Bertrand). *Cs.* 17 *Juillet*, 65. *ScP.* 5 *Août*, 753, 756.

— Stérilisation par courants de haute tension. *Elé.* 31 *Juillet*, 67.

— Diastase. Action de la lumière (Green). *Pc.* 1 *Août*, 128.

— (Formation de l'alcool amylique dans les) (Gentil). *Ms. Août*, 568.

Gaz. Coefficients de dilatation d'après la théorie des valances Sperberi. *CN.* 13 *Août*, 75.

Gaz d'éclairage. Divers. *Cs.* 30 *Juin*. 523. 31 *Juillet*, 603.

— Gaz à eau carburé aux Saltley Gas Works. *E.* 25 *Juillet*, 109.

Acétylene. Divers. *Cs.* 30 *Juin*, 524. 31 *Juillet*, 604. *Rc.* 24 *Juillet*, 297.

— Four Regnoli pour fabrication du carbure de calcium *EE.* 17 *Juillet*, 175.

Glycérine. Dosage par le bichromate de potasse. *Pc.* 15 *Juillet*, 55.

— Divers. *Cs.* 30 *Juin*, 545.

Graisses. Divers. *Cs.* 31 *Juillet*, 619. Analyse. (des) (Lewkowitsh). *Cs.* 30 *Juin*, 503.

Isomérie des combinaisons. Azo^2H^2. *Ms. Août*, 572.

Laboratoire. Divers. *Cs.* 30 *Juin*, 561. 31 *Juillet* 634. Analyse des bronzes phosphoreux. *Cs.* 31 *Juillet* 638. — Des borax commerciaux. *Ms. Août*, 164.

— Dosage alcalimétrique des métaux. Mercure (Lescœur). *Cs.* 20 *Juillet*, 706; de la chaux, de l'aluminium, chromo nickel, zinc, cobalt Cushman). *CN.* 6 *Août*, 65; de l'alumine et du fer dans les phosphates minéraux (Lindet). *CR.* 26 *Juillet*, 246. — volumétrique du zinc par le ferrocyanure de potassium. *CN.* 16, 23, 30 *Juillet*, 29, 38, 51. — de l'oxygène dans l'eau de mer. *CN.* 23 *Juillet*, 37. — de l'acide sufurique fumant. *Ms. Août*, 617. — Du phénol dans les savons. *Pc.* 15 *Août*. 164.

— Séparations, par l'acétate de soude (Bearley). *CN.* 30 *Juillet*, 49.

Lucium (Le). (W. Shapleigh). *Fi. Juillet*, 68.

Laccase. Constitution chimique (Bertrand). *ScP.* 5 *Août*, 733.

Linoléum (Fabrication du). *E.* 6 *Août*, 155.

Margarine, usine de Southall. *Gc.* 14 *Août*, 246.

Optique. Télescope à réflexion Poor. *CN.* 16 *Juillet*, 27.

— Jumelles diverses. *Gc.* 7 *Août*, 236.

— Absorption de la lumière par les cristaux (Agafonoff). *CR.* 12 *Juillet*, 87.

— Dispersion rotatoire du quartz dans l'infra rouge. *CR.* 26 *Juillet*, 228.

Rayons X. Rgc. 15 *Juillet*, 250. *EE.* 17. 24 *Juillet*. 157, 185, 225.

— *CR.* 19 *Juillet*, 167, 171, 216, 230, 234.

— *N.* 22 *Juillet*, 271; 5 *Août*, 316.

— *Acp. Août*, 496.

Oxydation et chloruration. Procédé Villiers. *Cs.* 20 *Juillet*, 675.

— Débuts de la combinaison entre l'oxygène et l'hydrogène (Berthelot). *CR.* 2 *Août*, 271.

Ozone. Recherches récentes (Blondin). *EE.* 24 *Juillet*, 204.

Nitrate de soude du commerce (Évaluation du) (Pauli). *Cs.* 30 *Juin*, 494.

Papier. Divers. *Cs.* 30 *Juin*, 553. 31 *Juillet*, 630.

Parfumerie. Industrie en France (Rouché). *Rgds.* 30 *Juillet*, 570. 15 *Août* 624.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Percarbonates de potasse; préparation. *Ms. Août*, 597.

Pegmatoïd (Le). *Industria.* 8 *Août*, 501.

Pétrole. Divers. *Cs.* 31 *Juillet*, 606. Gaz naturel aux États-Unis. *IC. Juin*, 795.

— Emploi au chauffage. *Ap.* 12 *Août*, 240.

Poids atomiques (Les). *Pc. I. Août*, 135. Azote, chlore et argent (Leduc). *CR.* 2 *Août*, 299.

Points de fusion et chaleur latente (Rapports des) (Deer). *CN.* 13 *Août*, 81.

Résines et Vernis. Divers. *Cs.* 30 *Juin*, 546.

Sucrerie. Divers. *Cs.* 30 *Juin*, 547. 31 *Juillet*, 622. *Les Saccharéides.* (Moinet et Katschet) *Cs.* 20 *Juillet.*

Soie artificielle. Chardonnet. *Actualités chimiques. Juillet*, 242.

Soude à l'ammoniaque aux États-Unis. Ms. Août, 579.

Sulfocyanure de baryum. Fabrication par les mélanges épurants du gaz d'éclairage (Holbing). *Ms. Août*, 594.

Teinturerie. Divers. *Cs.* 30 *Juin*, 529, 533. 31 *Juillet*, 607, 609, théorie de la (Vignon). *CR.*, 9 *Août*, 357.

— Vert phtalique (Le) (Haller et Guyot). *CR.* 26 *Juillet*, 221, 690. Matières organiques colorantes. *Cs.* 31 *Juillet*, 589.

Tannage. Divers. *Cs.* 31 *Juillet* 620. Bibliographie. *Dp.* 16 *Juillet*, 67.

— Recherches sur le (Bartel). *Dp.* 6-13 *Août*, 137, 161.

Thérébentine (Huile de), et ses substituts (Conradson). *Cs.* 30 *Juin*, 519.

Thermochimie. Des composés cuivriques (Sabatier). *CR.* 2 *Août*, 301.

Thermomètres (Les) et la déformation permanente des verres (Marchis). *CR.* 2 *Août*, 294.

Thorium et Cerium (Séparation des oxydes de). *Ms. Août*, 598.

Torsion des fils fins (Bouasse). *Acp. Août*, 433.

Tungstène (Oxydes de). 5 *Août*, 984.

COMMERCE ET ÉCONOMIE POLITIQUE

Algérie (Situation des indigènes en). *Ef.* 31 *Juillet*, 145.

Alcoolisme en Normandie. *Rso.* 1er *Août*, 215.

Assurance contre les maladies et les accidents en Suisse. *Musée social.* Circulaire nº 11, série B.

Baisse de l'intérêt. Ef. Juillet, 137; 7 *Août*, 169.

Contributions indirectes (Projet de refonte des). *Ef. Juillet*, 65.

Chine (Commerce avec la). *E.* 13 *Août*, 202.

Couture et confection, industrie à Paris. *Musée social.* Circulaire nº 14.

Enseignement technique. Congrès de Londres. *SA.* 16, 23, 30 *Juillet*, 787, 839, 887; 6, 13 *Août*, 935, 998.

Grèves de Hambourg. *Ef.* 31 *Juillet*, 143.

— et recours à l'arbitrage en 1896. *Ef.* 17 *Juillet*, 76.

— des mécaniciens en Angleterre. *E'.* 6, 13 *Août*, 135, 161.

— *Habitations à bon marché.* Cottage d'Athis. *Ef.* 7 *Août*, 170.

Japon. Commerce en 1896. *E.* 30 *Juillet*, 144.

Journée de 8 heures (La). *E.* 13 *Août*, 201.

Liberté testamentaire à l'étranger. *Rso.* 1er *Août*, 153.

Marine commerciale française (La). *E'.* 13 *Août.* 160.

Régime corporatif en Autriche. Rso. 1 *Août*, 179.

République Sud-Africaine. État économique en 1896. *Gc.* 7 *Août*, 234.

Science et industrie (Haller). *Actualités chimiques. Juin*, 1897.

Sibérie (La). *Ef.* 14 *Août*, 205.

Sol francais (Valeur du). *Ef.* 24 *Juillet*, 105.

Syndicats. Mouvement syndical en France. *Musée social.* Circulaire nº 15.

Travail (Législation du). *E.* 23 *Juillet*, 113.

Trade Unionisme aux États-Unis. *Musée social.* Circulaire nº 18, série B.

— Les Trades Unions. *E.* 30 *Juillet*, 143.

Timbre-poste international, son utilité. *Ef.* 24 *Juillet*, 117.

CONSTRUCTIONS ET TRAVAUX PUBLICS

Canal de Chicago. E. 30 *Juillet*, 135; *E'* 6, 13 *Août*, 125, 147.

— de la Marne au Rhin (Reconstruction, *Zol*; 6 *Août* 481.

Ciments armés (Travaux en). *Le Ciment.* 25 *Juillet*, 193, 196.

Digue de Bouzey. Gc. 17 *Juillet*, 187. 202.

Égouts. Moyens d'augmenter le débit des bouches. *Pac. Juillet*, 102.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Fermes (Principe de construction des) (Cilley) *Technology Quarterly. Juin*, 250.
Incendies (Protection contre les) en Europe. *E.* 13 *Août*, 183.
Planchers Weller. 201, 6 *Août*, 486, en papier, *USR*, *Août*, 490.
Pont en béton d'Ehingen. *Ac. Juillet*, 98.
— de Tarbes (Accident du). *Gc.* 24, 31 *Juillet*, 205, 209.
— anglais et américains. *E'.* 13 *Août*, 159.
— tournant sur la Neva. *E'.* 23 *Juillet*, 77.
— (Efforts réels dans les pièces de) *E.* 13 *Août*, 183.

ÉLECTRICITÉ

Accumulateurs (Chargement des) Stromberg. *E.* 23 *Juillet*, 125.
— (Commutateur bipolaire pour). *EE.* 31 *Juillet*, 269.
— à électrodes solubles Lake. *EE.* 24 *Juillet*, 211.
— au plomb. Capacité de décharge. *Elé.* 24 *Juillet*, 55; *Ie.* 25 *Juillet*, 309.
Blanchiment électrique. *Elé.* 24 *Juillet*, 56.
Canalisations aériennes. *Elé*, 14 août, 107.
Clapets électriques Polak. *EE.* 17 *Juillet*, 177.
Constances diélectriques à la température d'ébullition de l'eau liquide (Dewar et Fleeming). *RSL.* 31 *Juillet*, 358, 368, 380.
Commutateurs Siemens et Bartlett. *EE.* 31 *Juillet*, 268.
Distributions. Localisation des fuites. *E'.* 16 *Juillet*, 52.
— (Dangers des). *EE.* 7 *Août* 331.
— Résistance des conducteurs en courants variables. *EE.* 17, 24 *Juillet*, 149, 200.
— Distribution automatique Atherton. *EE.* 24 *Juillet*, 213.
— Canalisations aériennes. *Elé.* 24 *Juillet*, 60.
— Partage d'un courant alternatif entre deux circuits dérivés ayant de l'induction mutuelle. *Elé.* 24 *Juillet*, 57.
Dynamos. Calcul des. *Ie*, 10 *Août*, 321. Ferranti, Johnston et Steele, Jackson et Lewis (Guilbert). *EE.* 17 *Juillet*, 145.
— (Les) (Mordey). *E.* 23 *Juillet*, 117; *Ie.* 25 *Juillet*, 209.
Moteur asynchrone monophasé. Démarrage. *EE.* 31 *Juillet*, 268.
Éclairage électrique. Belfast. *IME. Juillet*, 1896, 304.
— Bruxelles. *Elé.* 17 *Juillet*, 35.
— Utilisation diurne des station. *EE. Juillet*, 276.
— *Arc*. L'arc électrique (Blondel). *CR.* 19 *Juillet*, 164.
— — En vase clos. *EE.* 7 *Août*, 312.
— — *Incandescence* (Lampes à), 110 et 200 v. Howell. *EE.* 24 *Juillet*. 217.
— — (Action du champ magnétique sur les). *EE.* 24 *Juillet*, 228.
— — (Étalonnage des). *EE.* 31 *Juillet*, 279.
Électricité. Histoire chronologique (Mottelay). *EE.* 7 *Août*, 321.
Électro-chimie. Divers. *L'Électro-chimie, Juillet. Cs.* 31 *Juillet*, 617.
— Traitement des résidus d'eau de savon. *Elé.* 17 *Juillet*, 39.
— Électrolyse du chlorure de sodium, procédé Hargreaves. *L'Électro-chimie, Juillet*, 202.
Mesures. Voltmètre thermique à mercure Camichel. *CR.* 12 *Juillet*, 90.
— Enregistreur Arnoux-Chauvin. *Elé.* 7 *Août*, 80.
— Étude optique des courants alternatifs (Abraham et Buisson). *CR.* 12 *Juillet*, 92.
— de l'énergie électrique (Armagnat). *EE.* 24 *Juillet*, 195.
— des intensités dans les transmissions polyphasées (Vogel). *EE.* 6 *Août*, 289.
— Étude optique des courants alternatifs. Abraham et Buisson. *EE.* 24 *Juillet*, 221.
Ondes de Hertz (Modèle des) (S. P. Thompson). *N.* 12 *Août*, 342.
Piles (Résistance intérieure des). *Elé. Juillet*, 33.
— à circulation continue Turner. *EE.* 17 *Juillet*, 173.
Stations centrales. Rheinfelden. *Gc.* 17 *Juillet*, 180.
— En Allemagne. *Ie.* 25 *Juillet*, 297.
— à courants triphasés; influence des moteurs synchromes. *Ie.* 25 *Juillet*, 307.
Télégraphie. Progrès récents. *EE.* 7 *Août*, 308.
— sans fils, Marconi. *EE.* 24 *Juillet*, 219; *Ri.* 31 *Juillet*, 308. Elé, 14 *Août*, 97.
— Sous-marine (La) (Rossel). *EE.* 24 *Juillet*, 193.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Télégraphie. Nouveau matériel. *Elé.* 17 *Juillet*, 40.
— — Matériel pour l'immersion des câbles. *Elé.* 24 *Juillet*, 49.
— — Enregistreurs Ader. *Ri.* 17 *Juillet*, 282; *Ln.* 24 *Juillet*, 115; *EE.* 7 *Août*, 295.
— translation à double courant. *EE.* 7 *Août*, 307.
Transformateurs. Pertes par hystérésis Fluschman. *EE.* 7 *Août*, 305.
Transport de force dans les ateliers. *Elé.* 17 *Juillet*, 45.
— Niagara-Buffalo. *Gc.* 24 *Juillet*, 202.
— Isoverde à Gênes. *Elé.* 31 *Juillet*, 71; 14 *Août*, 89, 104.
— Usine de Limoges. *Pac. Août* 121.
— Rheinfelden. *VDI.* 14 *Août*, 930.

GUERRE

Artillerie. Applications de l'électricité. *Rgc.* 15 *Juillet*, 544.
— Fermetures de culasse à vis. *RM. Juillet*, 666.
Canons démontables Lycoudis. *Rt.* 10 *Août*, 355.
— Monte-obus Vavasseur. *RM. Juillet*, 710.
Fort Pampus à Amsterdam. *Gm. Juillet.* 53.
Torpilles aériennes Maxim. *E'.* 16 *Juillet*, 57.

HYDRAULIQUE

Accumulateur Wilkinson. *RM. Juillet*, 711.
Bélier Blake. *RM. Juillet.* 701.
Conduites d'eau. Calcul par la nomographie. AC. *Août*, 114.
— en bois aux États-Unis. *IC Juin*, 798.
Distributions d'eau de Birmingham. *E'.* 30 *Juillet*, 117.
— de Budapesth. *Gc.* 31 *Juillet*, 215.
Eaux souterraines. Recherche des (Chalon). *Ic. Juillet*, 38.
Irrigations. Les réservoirs du Nil (E. Badois). *IC. Juin*, 719.
Forces hydrauliques des Alpes-Maritimes. L'*Électro-chimie. Juillet*, 97.
Marées (Utilisation des) (Bouytaud). *Bam. Juillet*, 841.
Pompes. Schey. *E.* 16 *Juillet*, 97.
— directe Evans. *E'.* 6 *Août*, 133.
Pompes rotatives Shoeddin. *E.* 23 *Juillet*, 126.
— des eaux de Herford. *E'.* 30 *Juillet*, 114.
Centrifuges. Théorie des (Lencauchez). *Ic. Juillet.* 22.
Pulsomètre Fish. *RM. Juillet*, 711.
Turbines Singrun. *Ie.* 10 *Août.* 322.

HYGIÈNE

Eaux. Divers. *Cs.* 30 *Juin*, 531.
Égouts. Traitement des ordures ménagères par la vapeur d'eau sous pression (Desrochers des Loges). *IC. Juin*, 767. *Ri.* 14 *Août*, 321.
— Aspirateur Liernur. *Rt.* 25 *Juillet*, 233.
— Combustion des immondices (Cadish). *Rs.* 7 *Août*, 171. Four Meldrum (*E.* 13 *Août* 218).

MARINE, NAVIGATION

Batellerie. Essais de la Société *IRP. Gc.* 31 *Juillet*, 213.
Constructions navales. Théorie du navire (Reed). *E.* 16 *Juillet*, 13 *Août*, 67, 215.
— Progrès des (Durston). *E.* 16 *Julliet*, 91.
— Frottement des coques (Shaw). *E.* 16 *Juillet*, 71, 91.
— Portes étanches Wilson. *E.* 30 *Juillet*, 154; Kirkaldy. *E'.* 30 *Juillet*, 106.
— Évaluation graphique du poids des coques. *E.* 23 *Juillet*, 121.
— Navire à roue Franz Joseph pour le Danube. *VDI.* 24 *Juillet*, 853.
— Bateau de rivières à fond plat Simpson. *E.* 6 *Août*, 160.
Ferry boats et brise-glaces Tuxen. *E.* 16 *Juillet*, 69, 83.
Gouvernail Kervode. *E.* 23 *Juillet.* 104.
— à commande électrique. *Elé.* 24 *Juillet*, 53.
Hélices à grandes vitesses Barnaby. *E.* 16 *Juillet*, 75; *E'.* 23 *Juillet*, 85.
Machines marines (arbres des) (Manuel). *E.* 10 *Juillet*, 71, 74.
— Triple expansion à roues Denny. *E'.* 16 *Juillet*, 53.
— Du *Powerfull* (essais) (Roche). *RM. Juillet*, 644.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Machines marines. (Corrosion des) (Mac Coll). *IME. Juillet*, 345.
Marine de guerre. Marine anglaise. *E.* 30 *Juillet*, 141. *E'.* 30 *Juillet*, 111. Contre-torpilleurs. *Rmc. Juillet*, 187. Croiseur Pelamus. *Rmc. Juillet*, 143.
— Américaine. *Rmc. Juillet*, 190.
— Allemande. *Rmc. Juillet*, 163, 200.
— *Plaques de blindages* trempées (Les) (Bertin). *E.* 30 *Juillet*, 150, 13 *Août*, 211.
— — Anglaises. *E'.* 6 *Août*, 135.
Naufrages en 1894 (statistique des). *Rmc. Juillet*, 5.
Pêches. Diverses. *Rmc. Juillet*, 209
— Pisciculture marine de Floedevig. *Rs.* 24 *Juillet*, 108.
— Voile Gelone. *N.* 12 *Août*, 342.
Phares. (Progrès de 1887-1897). *N.* 22 *Juillet*, 283.
— du Japon. *E.* 30 *Juillet*, 129.
Port de Salford. Magasins. *E'.* 30 *Juillet*, 107.
— de la Plata (Outillage du). *VDI.* 7 *Août*, 901.
Sauvetage (Engins de) sur les navires à passagers. *Rt.* 25 *Juillet*, 326.
Signaux de route à éclats. *Elé.* 7 *Août*, 85.
Touage électrique Denèfle. *Rt.* 25 *Juillet*, 313.
Volga (Navigation du). *E.* 23 *Juillet*, 101.

MÉCANIQUE

Accidents de machiness. Moyens de prévention. Rapport de M. de Sapincourt à l'Association Normande. *Bulletin de la Société industrielle de Rouen*, *Mai*, 289.
Air comprimé. Moteur Molas. *E.* 16 *Juillet*, 98.
— Machines soufflantes. *Dp.* 2, 9 *Juillet*, 6, 28.
— Compresseur Adamson. *RM. Juillet*, 137.
Aérostation. Le vol plané (Lockyer). *N.* 12 *Août*, 344.
Broyeur Sutherland. *Gc.* 9 *Août*, 238.
Chaudières *tubulées* à la mer (Segaudy). *E.* 12 *Août*, 195. *RM. Juillet*, 705.
— Belleville à réchauffeur. *RM. Juillet*, 693. Mac Intyre, *Id.*, 704.
— *marines* américaines. *E'.* 23 *Juillet*, 82.
— verticale Robson. *RM. Juillet*, 764.
Chaudières (Manque d'eau dans les) (Walckenaer). *AM. Juillet*, 101.
— Alimentateur Yarrow. *E.* 23 *Juillet*, 126.
— Émulseur Dubian. *ZOI*, 30 *Juillet*, 469.
— Bouteille Scott. *RM. Juillet*, 705.
— Évaporateur condenseur Thomson. *Ri.* 17 *Juillet*, 282.
— Économiseur Pimbley. *E.* 12 *Août*, 197.
— *Foyers* au pétrole (Roque). *Bam. Juillet*, 834, dans la marine *Bam. Août*, 941.
— — au charbon pulvérisé. *Ri.* 24 *Juillet*, 294.
— *Fumivorité* (La). *Fi. Juilett*, 17.
— Grille de Laval. *RM. Juillet*, 703.
— Injecteurs Desmond et Mack. *RM. Juillet*, 700.
— — Penberty, *Id*, 705.
— Garnitures réfractaires pour portes de foyer. *Pm. Juillet*, 109.
— Niveaux avertisseurs Brown. *E'.* 6 *Août*, 142. Serveau. *Pm. Août*, 121.
— Tampons de nettoyage. *Ri.* 31 *Juillet*, 303.
Courroies (Machine à lacer les) (Jackson). *Ri.* 24 *Juillet*, 295.
Coussinets Dewrance. *Ri.* 24 *Juillet*, 293.
Dynamomètre de rotation Bedell. *Ie.* 25 *Juillet*, 307.
Embrayage Lindsey. *Ri.* 31 *Juillet*, 304.
Engrenages moulés (Les). *E.* 10, 30 *Juillet*, 63, 127.
— (Tracés des) (Stribeck). *VDI.* 14 *Août*, 936.
Froid (Production mécanique du) (Ewing). *SA.* 13 *Août*, 987.
Graissage des organes mécaniques (Le) (Maglin). *RM. Juillet*, 657.
Indicateurs divers. *Dp.* 16 *Juillet*, 57.
Levage. Basculeur Howatt. *E.* 10 *Juillet*, 97.
— Élévateur pneumatique Duckham. *E.* 16 *Juillet* 97.
— Chèvre flottante de 60 tonnes Summers. *E.* 13 *Août*, 193.
Levage Conveyeurs pour charbons Kochs. *E'.* 30 *Juillet*, 100. Wrigston. *E.* 13 *Août*, 194.
Machines-outils à faire les tubes sans soudure Hollings. *E.* 16 *Juillet*, 97.
— Fabrication des tubes aux Alma Works. *E.* 30 *Juillet*, 130; des canons de fusils Hesse. *RM. Juillet*, 694.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Machines-outils. A l'Exposition de Leipsick *VDI*, 17, 31 *Juillet*, 826 878.
— Filière Mosberg. *RM. Juillet*, 137.
— Cisaille circulaire Bass. *Ri.* 31 *Juillet*, 303.
— Fraiseuse Cleaves. *RM. Juillet*, 137.
— Laminoir à roues Muller. *E.* 23 *Juillet*, 125.
— Machine à graver. *Gc.* 31 *Juillet*, 221.
— Affûteuse pour scies Schmaltz. *E.* 30 *Juillet*, 149.
— Tour à plaque Hartness. *Gc.* 24 *Juillet*, 193.
— Poinçonneuses-découpeuses diverses. *Dp.* 2, 23 *Juillet*, 13 *Août*, 8, 73, 157.
— Poinçonnage (Le). *Dp.* 16 *Juillet*, 49.; taraudeuse Baldwin. *RM. Juillet*, 137.
— Presse à courber les plaques de blindage Hayward Tyler. *E.* 30 *Juillet*, 140.
— — à découper Bliss. *Ri.* 31 *Juillet*, 301.
— — à emboutir Schencetady. à forger Gledhill. *RM. Juillet*, 136.
— Procédés de forgeage dans l'industrie (Codron). *Bam. Juillet*, 731.
— Forgeage des canons, frettes, obus, (Chomienne). *Bam. Juillet*, 760. *Août*, 878.
— Raboteuse Whitehouse. *E.* 23 *Juillet*, 125.
— Riveuse aéro-hydraulique Winans. *RM. Juillet*, 694.
— **à bois**. Chapeau de sûreté pour scie circulaire Oberlin. *Ri.* 17 *Juillet*, 284.
— — Scie à ruban électrique d'Oerlikon. *Ln.* 24 *Juillet*, 117.

Machines à vapeur sans condensation. Calcul rapide (Seguelas). *Pm. Août*, 121.
— Rapides à graissage automatique (Morcom). *E.* 13 *Août*, 215.
— aux États-Unis (Thurston) *RM. Juillet*, 621.

Machines à vapeur. Distributions Kay Paxman et Peache Duff. *RM. Juillet*, 716, 717.
— Garnitures des pistons (Les) (Reyman). *Fi. Août*, 113.
— (Graissage des) (Morcon). *E.* 6 *Août*, 169, 177.
— Pompe à air Edwards. *RM. Juillet*, 716.
— Régulateur astatique Pilet. *Ru. Juillet*, 1.
— — de sûreté Barclay. *RM. Juillet*, 628.

Machines à vapeur. Tarage des Indicateurs. *Pm. Juillet*, 106.
— Turbines T Parsons. *EE.* 31 *Juillet*, 260.
— *Turbo-machines* (Les) (Rateau). *RM. Juillet*, 629.
— **à air chaud** (Divers). *Dp.* 16, 23 *Juillet*, 53, 80.
— **à gaz.** Divers. *Dp.* 13 *Août*, 149. Diesel. *VDI.* 17, 24 *Juillet*, 817. 845; Simplex. *E.* 13 *Août*, 190; Westinghouse et Rudd. *RM. Juillet*, 697; Thwaite (à gaz de hauts fourneaux). *Id.* 699.
— *à alcool. Co.* 14 *Août*, 192.
— *à pétrole* Clayton et Shuttleworth. *Ri.* 17 *Juillet*, 281; Loyal. *Ln.* 31 *Juillet*, 131; Millot. *Pm. Août*, 114: Benz. *Ri.* 7 *Août*; Dawson Capitaine; Duryea Clerk; Day; Winter; Trotter; Mallet; Querfurth; Rolfe et Hornby. *RM. Juillet*, 679.

Pesage. Bascule pour locomotive. *Gc.* 24 *Juillet*, 205.

Résistance des matériaux. Fatigue des rails d'acier Andrews. *E.* 23 *Juillet*, 99.

Robinetterie. Divers. *Dp.* 30 *Juillet*, 101; 6 *Août* 124; Robinet équilibré Harrison. *RM. Juillet*, 703.
— Transmissions par cordes (Combe). *IME. Juillet*, 1896, 355.

Textiles. Théorie des cardes. *Dp.* 6-13 *Août*, 132. 159.

Ventilateurs divers. *Dp.* 9 *Juillet*, 29.

MÉTALLURGIE

Alliages. Étain-antimoine. Étain-arsenic. Étude micro-métallurgique (Stead). *Cs.* 30 *Juin*, 506.

Aluminium. Préparation de l'alumine (Sutherland). *Ms. Août*, 596. Séparation de l'oxyde de fer. *Id.*, 605.
— Soudure par l'iodure de cadmium. *N.* 12 *Août*, 353.
— Emploi dans les arts. (Hunt). *Fi. Août*, 81.

Bronze phosphoreux. Fabrication. *Cs.* 31 *Juillet*, 615

Fer et acier. Industrie en Amérique. *E.* 23 *Juillet*, 114.
— (Micro-métallurgie des). *Eam.* 17 *Juillet*, 69.
— (Carbures dans les). *Cs.* 30 *Juin*, 540.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Fer et acier. Carbones de trempe et combiné. *SuE.* 15 *Juillet*, 573.
— Aigreur des; influences du phosphore. *Cs.* 30 *Juin*, 543.
— Acier au molybdène. *SuE.* 15 *Juillet*, 571. Martin. Progrès divers. *SuE.* 1er *Août*, 622.
— Carbone et fer (Saniter). *E'.* 13 *Août*, 150.
— Théorie cellulaire de l'acier (Baclé). *Ru. Juillet*, 65.
— Grue de coulée locomotive. *SuE.* 15 *Juillet*, 569.
— Phosphore dans les minerais de fer (Dosage du). *Fi. Août*, 137.
— Affinage du fer. Théorie thermo-chimique (Ponthière). *E'.* 13 *Août*, 150.
— *Hauts fourneaux*. Manutention des scories. *SuE.* 1er 15 *Août*, 635. 665.
— *Fonte*. Production des États-Unis en 1897. *Eam.* 31 *Juillet*, 128. Machine à monter. *Gc.* 14 *Août*, 250.
— *Fonte malléable*. *Cs.* 30 *Juin*, 541.

Or. Procédé *Pelatan Clerici*. *Eam.* 7 *Août*, 155.

MINES

Cuivre. Mines de l'Arizona. *Eam.* 24 *Juillet*, 97.
Diamants du Cap (Les) (de Launay). *Rgds.* 15 *Juillet*, 335.
Épuisement. Pompe Davey à la mine de Lowfield. *E'.* 30 *Juillet*, 118. Directe Evans. *E'.* 6 *Août*, 132.
Étain. Gites de Meynac (Burthe). *AM. Juillet*, 1.
États-Unis. Industrie minérale en 1896. *Ru. Juillet*. 59.
Forages divers. *Dp.* 2 *Juillet*, 1.
Houilles. Triage Durnford. *E.* 23 *Juillet*, 125.
— Terrains carbonifères des environs de Mâcon. *CR.* 26 *Juillet*, 262.
— Grisou et explosifs en France. (Schmerber). *Gc.* 7-14 *Août*, 228. 244.
Hongrie. Industrie minérale en 1896. *Ru. Juillet*, 71.
Respirateur Benda. *Eam.* 31 *Juillet*, 129.
Monazite dans l'Idaho. *Eam.* 17 *Juillet*, 69; *Ln. Fi. Août*, 127.
Minéraux (Détermination des) (J. W. Richards). *Fi. Août*, 139.
Tirage des mines. Manet Gaupillat. *Ri.* 17 *Juillet*, 285.
Or. Mines du Whitewatersrand. *Eam.* 10, 17, 24, 31 *Juillet*, 36, 97, 130. 7 *Août*, 160.
— — de Russie. *Gc.* 24 *Juillet*; 7 *Août*, 193, 225.
— — de Golden Leaf. *Eam.* 17 *Juillet*, 64.
Perforatrices. Siemens Ingersollrices Sergeant. *RM. Juillet* 715.
Préparation mécanique. Trieurs électromagnétiques. *Dp.* 30 *Juillet*, 108.
— Concentrateur Wetherill. *Eam.* 24 *Juillet*, 98.
Sel. Dépôts salins du nord de l'Allemagne. *Ru. Juillet*, 36.

PHOTOGRAPHIE

Cinématographe (dangers du) *Sfp.* 1er *Août*, 361.
Colorations photographiques et leur renversement (Gravier). *Sfp.* 15 *Juillet*, 343.
— Essais photographiques de verres verts. (Gravier) *Sfp.* 15 *Juillet*, 342.
Photographie. Divers. *Cs.* 30 *Juin*, 559.
— Revue de (Granger). *Ms. Août*, 561.
— Dans les mines. *Eam.* 31 *Juillet*, 125.
Réseaux et trames en photogravure. *Sfp. Juillet*, 337.
Triamidophénol et triamido-résorcine comme révélateurs. *Sfp.* 1er *Août*, 373.
Zinc. Action sur la plaque photographique. *Sfp.* 1er *Juillet*, 316.
Voile photographique (Le). (Villard). *CR.* 26 *Juillet*, 232.

Le Gérant : Gustave Richard.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

96e ANNÉE. Cinquième Série, Tome II. SEPTEMBRE 1897.

BULLETIN
DE
LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT
POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

ARTS MÉCANIQUES

ÉTUDE EXPÉRIMENTALE DU CISAILLEMENT ET DU POINÇONNAGE DES MÉTAUX

par **M. Ch. Frémont.**

CISAILLEMENT

« La résistance au cisaillement soit pur, soit combiné avec la traction ou la flexion, intervient dans la solidité d'un grand nombre de pièces mécaniques, telles que la plupart des organes de machines à vapeur, les broches des chaînes de Galle et des chaînons de ponts suspendus, les clavettes d'entraînement des arbres et des moyeux d'hélice, etc.; elle joue un rôle capital dans les ouvrages constitués par des assemblages rivés, dont le domaine, aujourd'hui si étendu, comprend les navires en fer et en acier, les ponts métalliques, les chaudières à vapeur, les réservoirs de toutes sortes.

« Les ingénieurs et les constructeurs ont donc le plus grand intérêt à connaître aussi exactement que possible la valeur de la résistance au cisaillement.

« On dit qu'il y a cisaillement lorsque la force extérieure qui tend à rompre la pièce agit dans le plan de la section de rupture (1). »

Or, il est généralement admis que le cisaillement est un phénomène de glissement, et que l'effort à développer pour obtenir ce glissement est simplement proportionnel à l'aire de la surface tranchée.

Si cette appréciation était exacte, il en résulterait que le *travail* nécessaire pour effectuer le cisaillement d'une barre de métal de section rectangulaire devrait rester le même, que la barre soit placée sur champ ou à plat, c'est-à-dire

(1) *Commission des méthodes d'essai des matériaux de construction*. Rapport de M. Daymard, t. III, p. 209.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

que le cisaillement pourrait s'opérer indifféremment suivant la plus grande ou la plus petite dimension du rectangle, puisque, dans ces deux cas, la surface tranchée est la même.

Mais il est facile de constater, qu'en pratique, il n'en est pas ainsi.

Il suffit, en effet, de faire l'expérience sous une cisaille à lames parallèles en tranchant un morceau de fer de section rectangulaire, si l'on a soin de prendre une barre assez forte pour que le travail accumulé dans le volant de la machine ne soit pas très supérieur au travail nécessaire pour effectuer le cisaillement à plat. On constate en effet que la barre placée à plat peut être cisaillée dans ces conditions, tandis qu'il est impossible d'y parvenir si elle est posée sur champ; le travail accumulé dans le volant est alors insuffisant et la machine s'arrête, impuissante.

De même, sans atteindre ce cas extrême, si l'on interpose un dynamomètre de rotation entre le moteur et la cisaille afin de pouvoir mesurer le travail absorbé par le fonctionnement de l'outil, on constate immédiatement, lorsqu'on opère le cisaillement de la même barre en la plaçant successivement sur le grand puis sur le petit côté de la section, que la dépense totale de travail est plus forte dans la position sur champ que dans celle à plat.

M. E. Hartig, professeur de technologie mécanique à l'École polytechnique de Dresde, a bien essayé de son côté de faire l'étude du cisaillement en employant le dynamomètre de rotation (1).

Les essais de M. Hartig ont été effectués au nombre de sept, sur une cisaille hydraulique à lames parallèles construite par MM. Tangye frères, de Birmingham, et au nombre de cinq sur une cisaille à excentrique, dont la lame supérieure attaquait obliquement le métal, cette dernière machine sortait des ateliers Rich. Hartmann.

Il opérait par différence, en se contentant de retrancher du travail total dépensé pendant l'opération du cisaillement le travail correspondant à la marche à vide, qu'il avait mesuré à part.

Les expériences furent effectuées sur des barres en fer forgé.

Les résultats obtenus sont présentés comme ayant démontré que le travail dépensé reste le même quelle que soit la forme des lames de la cisaille : parallèles ou obliques.

M. Hartig les résume dans la formule suivante, qui tient compte dans une certaine mesure de la position donnée à la barre cisaillée, puisqu'elle fait intervenir l'épaisseur de métal tranchée.

$$T = S \times (0{,}25 + 0{,}0145\ d) \times 3{,}71$$

T étant le travail nécessaire pour effectuer le cisaillement.
S la surface tranchée exprimée en millimètres carrés.
d l'épaisseur du métal cisaillé.

(1) Versuche uber leistung und arbeits. verbrauch der Werkzeugmaschinen. Leipzig, 1873.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans des essais de poinçonnage, M. Hartig a obtenu des résultats analogues à ceux du cisaillement, car il en donne la même formule, dans laquelle la section S est alors égale à D=d, D étant le diamètre du poinçon.

Les essais de M. Hartig présentent certainement un grand intérêt, mais on

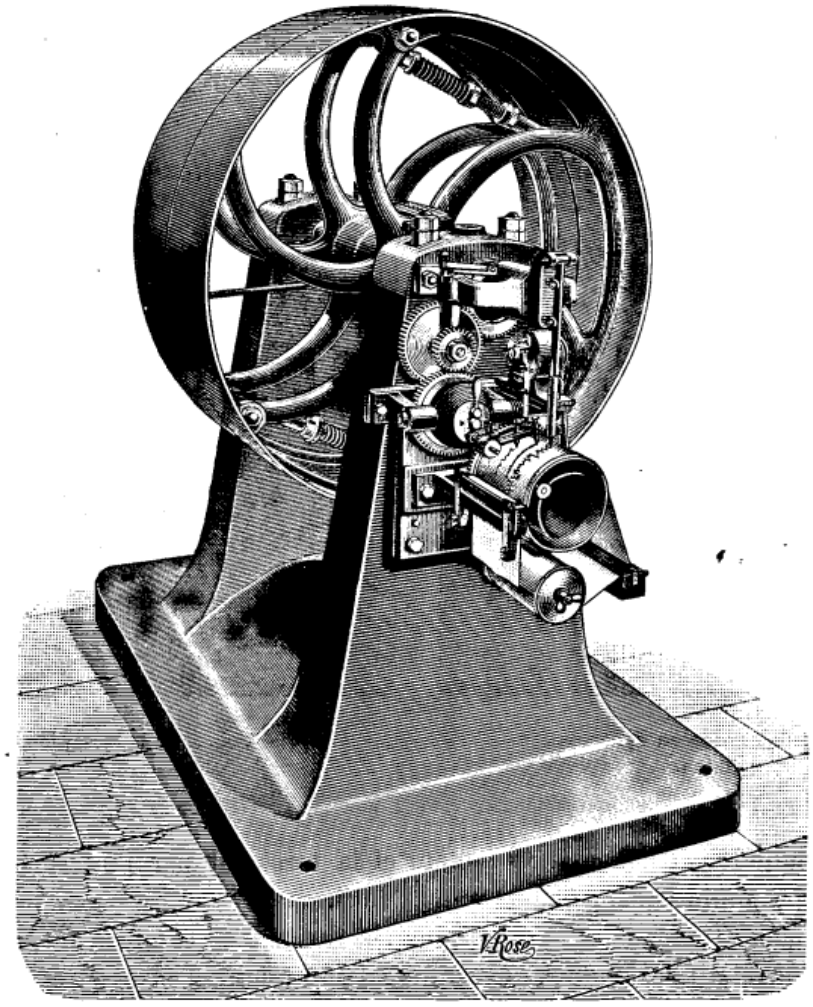


Fig. 1. — Dynamomètre de rotation.

ne peut pas dire qu'ils puissent trancher définitivement la question, car il n'a pas été tenu compte de certains éléments qui exercent cependant une influence considérable.

Tel est le cas, par exemple, en ce qui concerne la qualité du métal, qui devrait certainement intervenir dans la formule. D'autre part, en ce qui concerne le poinçonnage, l'influence du jeu de la matrice n'a pas été constatée.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

J'ajouterai en outre que le travail absorbé par le seul fonctionnement de la machine-outil n'est certainement pas le même suivant que la machine travaille à vide ou sous un grand effort, car il n'est pas douteux que dans ce dernier cas les frottements des organes augmentent avec la valeur des efforts qu'ils ont à supporter.

Mes premières recherches sur le cisaillement et sur le poinçonnage furent aussi effectuées à l'aide d'un dynamomètre de rotation.

Cet instrument n'existant pas dans le commerce, je dus en étudier et en construire un de mon système.

La figure 1 montre l'ensemble de la disposition des divers organes.

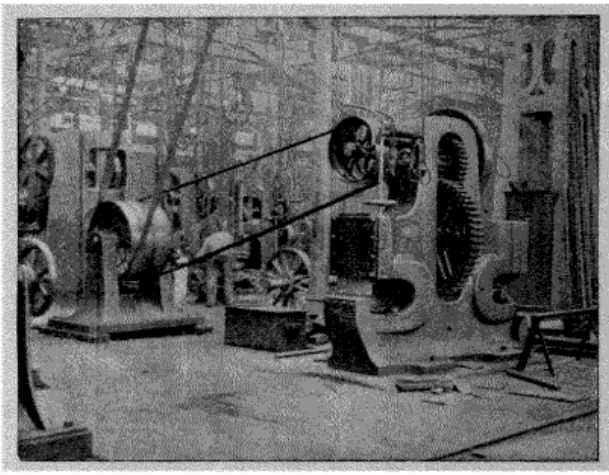


Fig. 2. — Cisaille essayée au dynamomètre de rotation.

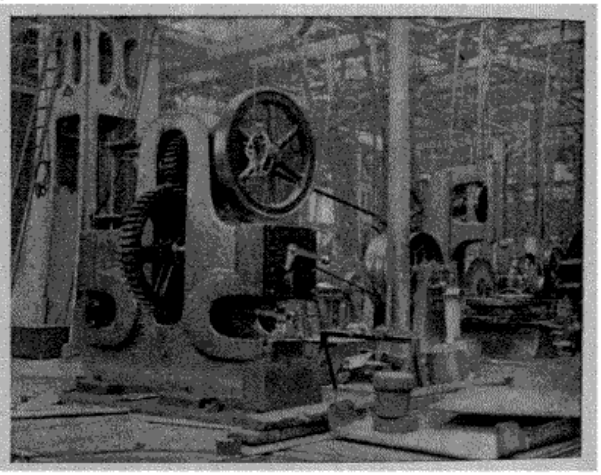


Fig. 3. — Poinçonneuse essayée au dynamomètre de rotation.

Une poulie reçoit l'énergie du moteur et la transmet par l'intermédiaire de ressorts à la poulie voisine qui actionne l'outil.

Plus l'effort transmis est grand, plus les ressorts se compriment, et plus le déplacement relatif des poulies s'accentue ; il suffit donc d'enregistrer ce déplacement angulaire des poulies pour connaître l'effort développé sur la courroie. le papier se déroule en une longue bande avec une vitesse proportionnelle à celle de la courroie, 5 millimètres de papier correspondant à un espace de 1 mètre parcouru par la courroie. Un chronographe trace les secondes et les quarts de seconde Le diagramme ainsi obtenu donne en abscisses l'espace parcouru et le temps en secondes, les ordonnées marquent les efforts.

Le travail est ainsi connu dans tous ses détails.

Les figures 2 et 3 montrent la disposition d'installation du dynamomètre actionnant une poinçonneuse-cisaille construite par M. Elwell.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les figures 4, 5, 6, 7 et 8 donnent les diagrammes obtenus. En haut, sous forme d'escalier, le tracé du chronographe marque le temps.

Chaque échelon correspond à un quart de seconde ; un escalier de quatre paliers indique donc que le papier a avancé de 26 millimètres par seconde ; la vitesse du papier étant de 5 millimètres pour 1 mètre de parcours de courroie, la vitesse de la courroie est de $5^{m},20$ par seconde.

La première partie du diagramme (fig. 4) donne le travail absorbé pour la mise en mouvement du volant ; la courroie, poussée vivement de la poulie folle sur la poulie fixe, ne peut communiquer immédiatement sa propre vitesse

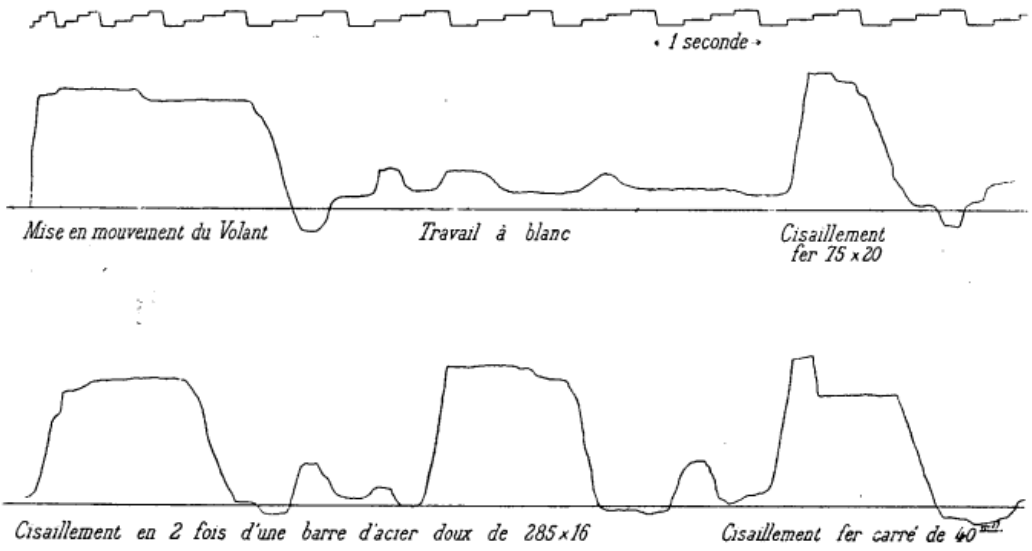


Fig. 4, 5, 6, 7, 8. — Diagrammes de cisaillement. (Echelle de réduction, 1/2.)

au volant qui résiste par son inertie, il se produit donc un glissement de courroie, qui va du reste en diminuant progressivement jusqu'à ce que la vitesse soit atteinte.

Cette mise en train, d'une durée de quatre secondes et quart, a exigé un effort moyen de 88 kilos sur la courroie, l'ordonnée du diagramme ayant une valeur de $3^{kg},100$ par millimètre de hauteur, valeur donnée par un tarage antérieur du dynamomètre muni de la même série de ressorts.

Le travail total emmagasiné par le volant, atteint ainsi $88^{kg} \times 4^{s},^{m} \times 525,20$; soit, en chiffres ronds, 2000 kilogrammètres.

Le travail à vide de la machine-outil est (fig. 5) de $6^{mm},5 \times 3^{kg},1 \times 5^{m},20$ ou, en chiffres ronds, de 100 kilogrammètres par seconde.

Les lames de la cisaille ne sont pas parallèles, la lame supérieure est oblique par rapport à la lame inférieure ; la surface du métal en prise avec les lames est donc variable.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les diagrammes figures 6 à 10 se rapportent aux opérations suivantes : *Cisaillement* d'une barre de fer de 75 × 20 (fig. 6).

Cisaillement en deux fois d'une barre d'acier doux de 285 millimètres de largeur et de 16 millimètres d'épaisseur (fig. 7).

Cisaillement d'une barre de fer carré de 40 millimètres de côté (fig. 8).

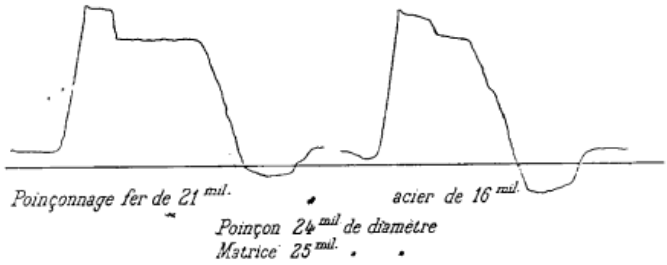


Fig. 9, 10. — Diagrammes de poinçonnage. (Échelle de réduction 1/2.)

Poinçonnages, avec un poinçon de 24 millimètres de diamètre et une matrice de 25 millimètres, d'abord dans du fer de 21 millimètres d'épaisseur (fig. 9) et ensuite dans de l'acier de 16 millimètres d'épaisseur (fig. 10).

Un autre essai dynamométrique a été fait sur une cisaille représentée figure 11.

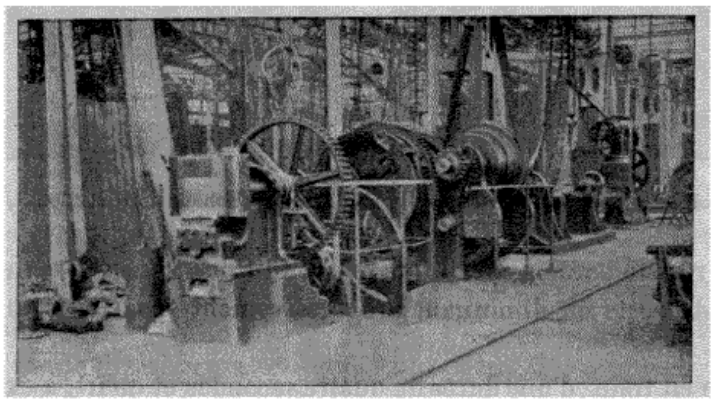


Fig. 11. — Cisaille à lames obliques.

La vitesse de la courroie indiquée par le chronographe est de 3m,80 à la seconde.

Le diagramme enregistré comprend :

1° Le travail d'une petite transmission intermédiaire (fig. 12);

2° Le travail du volant mis progressivement en mouvement à l'aide d'un embrayage à vis, pour éviter le glissement de la courroie (fig. 13) ;

3° Le travail à blanc, c'est-à-dire celui de la transmission intermédiaire et de la machine (fig. 14) ;

4° Ce travail et celui du cisaillement, en trois fois, d'une barre de fer 255 mil-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

limètres de large et de 14 millimètres d'épaisseur (fig. 15); le premier coup de cisaille entamait la barre de 115 millimètres, le deuxième de 85 millimètres, ce qui faisait 200, et enfin le dernier de 55 millimètres, ce qui fait 255 millimètres.

En résumé, ces renseignements, très précieux pour l'étude de la répartition du travail dans une machine-outil et pour le calcul de son rendement, sont insuffisants pour éclairer sur le détail de chaque opération du cisaillement et du poinçonnage. Pour obtenir ce résultat, il faut connaître le diagramme de l'opéra-

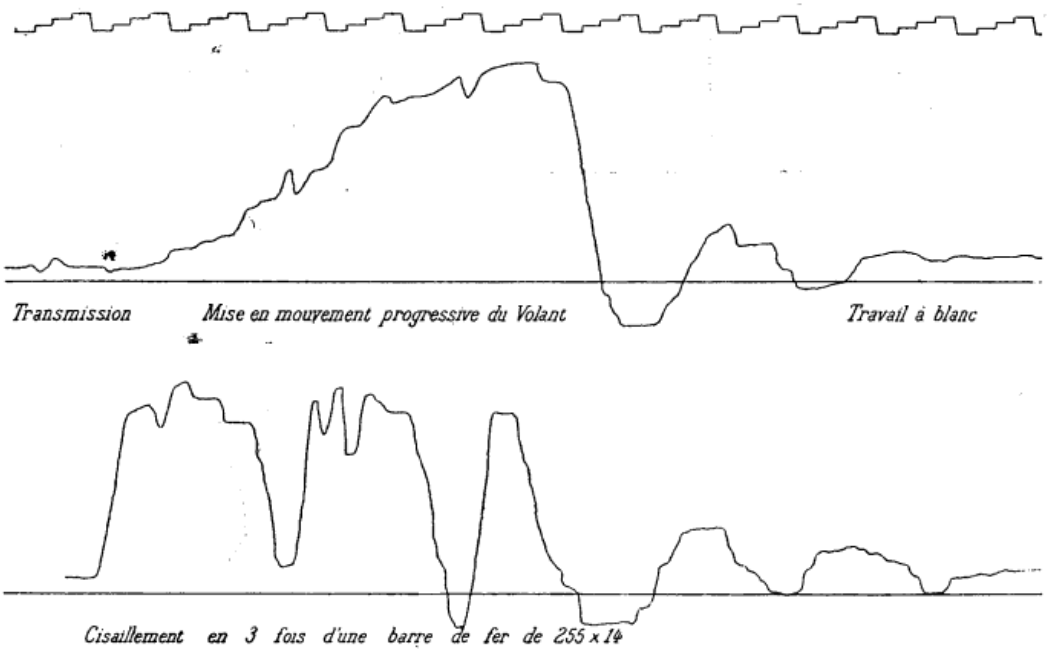


Fig. 12, 13, 14, 15. — Diagrammes de cisaillement. (Échelle de réduction 1/2.)

tion, c'est-à-dire l'effort développé à chaque instant de la course de l'outil, et non pas le total seul du travail dépensé.

Cette observation avait déjà frappé M. K. Keller, professeur à l'École polytechnique de Carlsruhe, qui a fait l'étude du poinçonnage en partant du principe ainsi posé.

Il a utilisé une machine à essayer les métaux en inversant le sens de l'effort, c'est-à-dire en faisant de la compression avec un organe de traction.

En l'absence de laboratoire de mécanique, et ne possédant pas de machine à essayer, j'ai dû imaginer un procédé permettant d'enregistrer directement le diagramme sur la machine-outil.

J'ai profité (1) de l'élasticité du bâti de la machine qui poinçonne et cisaille

(1) Communication faite à l'Académie des Sciences le 10 décembre 1894.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pour enregistrer en ordonnées les efforts sur l'outil et en abscisses la course amplifiée de ce même outil.

L'appareil de mesure, l'élasticimètre, se compose (fig. 16) de deux branches, l'une droite C et l'autre, B, courbée à une extrémité pour venir s'articuler en N sur la première, comme un compas dont la tête serait déportée ; un ressort anta-

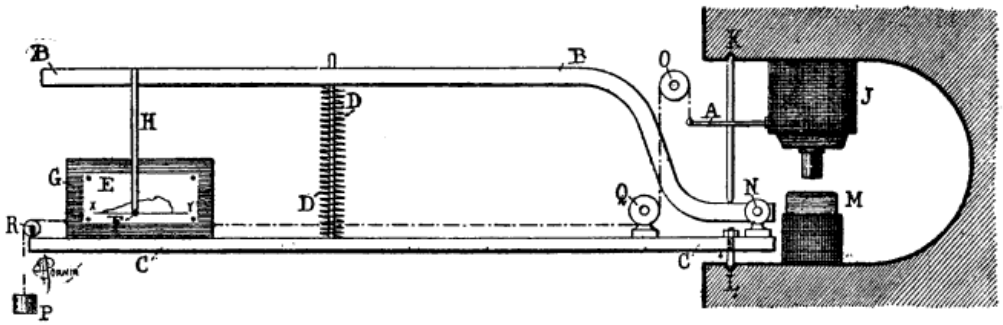


Fig. 16. — Élasticimètre enregistrant le travail dans le poinçonnage et le cisaillement.

goniste D tend à écarter ces deux branches, qui sont en contact avec le bâti ; la branche C étant fixe, c'est la branche B qui s'écarte et entraîne le crayon F par l'intermédiaire de la tige H.

Le crayon trace presque verticalement une ordonnée proportionnelle à l'effort développé par la machine. Pendant que la planchette G de l'enregistreur est

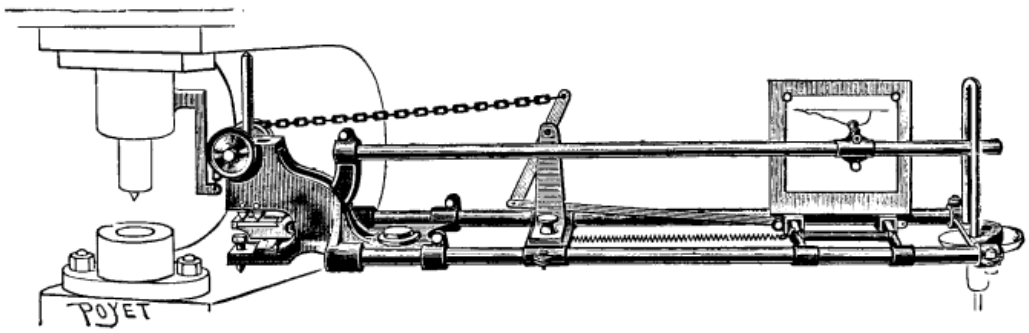


Fig. 17. — Élasticimètre perfectionné.

entraînée horizontalement par un fil qui, passant sur les poulies Q et O, est attaché à une touche A, suivant le mouvement du porte-outil J.

La poulie Q est différentielle pour amplifier la course.

Les abscisses tracées sur le papier par le crayon F sont donc proportionnelles à la course de l'outil, et la courbe enregistrée représente très exactement le travail nécessaire pour l'opération exécutée, sans intermédiaire hydraulique ou autre faussant le résultat.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'usage pratique de cet élasticimètre m'a révélé quelques légères défectuosités de construction ; ainsi, le diagramme est tracé de droite à gauche, contrairement à l'habitude. J'ai été amené ainsi à apporter quelques modifications dans la disposition des organes :

1° Le bras de levier enregistreur est monté sur couteaux ; il agit par son propre poids.

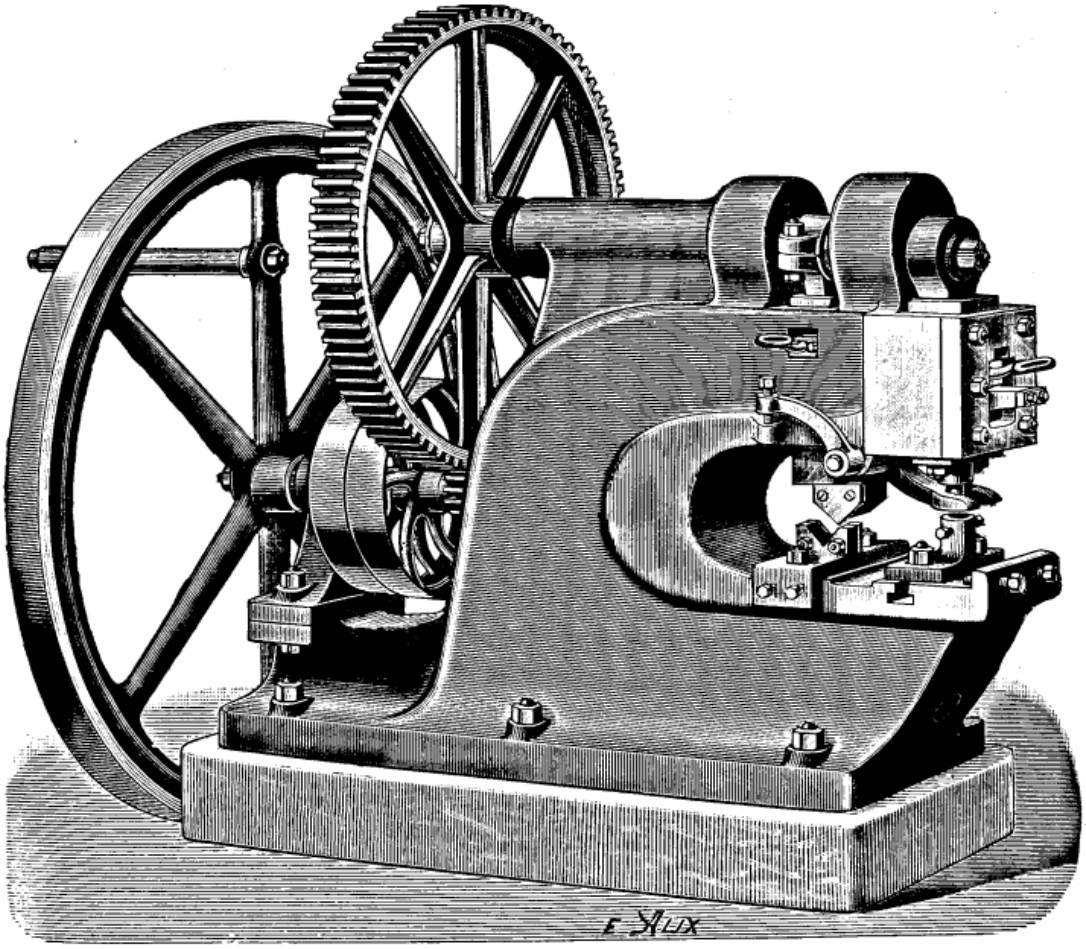


Fig. 18. — Poinçonneuse-cisaille.

2° Le diagramme est tracé de gauche à droite à l'aide de quelques artifices dans la disposition des organes.

La figure 17 représente cet appareil perfectionné, qui m'a servi dans toutes les expériences ultérieures.

L'élasticité du bâti est exactement proportionnelle à l'effort qu'il supporte ; pour vérifier cette proportionnalité, il suffit de cisailler, avec des lames *parallèles*, d'abord un morceau de fer d'une section quelconque, puis, et à la fois, les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

deux morceaux provenant de la coupe précédente, en ayant soin de les placer l'un à côté de l'autre, *non superposés*. On constate alors que la seconde ordonnée obtenue est exactement le double de la première. Ainsi, cet essai, effectué sur une cisaille d'atelier, avec un morceau de fer de 50×25, a donné une ordonnée maximum de 23 millimètres, et l'essai pratiqué sur les deux morceaux de 50×25 (ce qui fait une section de 100×25) a donné une ordonnée maxima de 46 millimètres.

On peut donc affirmer que les diagrammes obtenus sur les poinçonneuses-cisailles par l'élasticimètre ont leurs *ordonnées proportionnelles à l'effort subi par le bâti.*

Il suffit ensuite d'en faire le tarage pour en déterminer la valeur exacte. Pour exécuter ce tarage, on opérera le poinçonnage ou le cisaillement, suivant le cas, en employant une machine à essayer les métaux disposée à cet effet, mais qui indiquera l'effort maximum développé.

On reprendra sur la machine à tarer la même opération, avec les mêmes outils et le même métal, et l'ordonnée tracée sur le diagramme ainsi obtenu aura pour valeur le nombre de kilogrammes précédemment trouvé.

Ce tarage peut être encore effectué d'une façon plus simple en écrasant dans le plan du poinçon et de la cisaille un ou plusieurs *crushers* métalliques, de cuivre par exemple. Si la résistance des crushers est connue, on aura immédiatement la valeur de l'ordonnée maximum tracée par l'élasticimètre ; si cette résistance n'est pas connue, il suffira de porter le crusher écrasé sous une machine à essayer et de déterminer ainsi la pression nécessaire pour obtenir le début d'un nouvel écrasement.

Mes expériences ont été exécutées à l'aide d'une poinçonneuse-cisaille de quincaillerie (fig. 18), d'un poids moyen de 1300 kilos.

La distance du bâti au poinçon est de.	0^m, 430
Le diamètre maxima à poinçonner.	0^m, 020
L'épaisseur maxima à poinçonner	0^m, 018
Cisaillant fer carré de.	0^m, 035
— fer plat de	0^m,075 × 0 018

Cette machine, n'ayant pas le plan des lames de cisaille en coïncidence avec le plan du poinçon, a dû être tarée pour chacune des deux opérations : cisaillement et poinçonnage.

L'axe du poinçon est exactement à 0^m,437 du fond du col de cygne. L'axe des lames de cisaille est plus éloigné de 37 millimètres; il est situé à 0^m.474 du fond du bâti.

Les lames de cisaille sont parallèles.

La machine tarée avec des crushers d'artillerie a donné 25980 kilos pour

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

29 millimètres d'ordonnée sur le diagramme de cisaillement, ce qui équivaut à 900 kilos par millimètre d'ordonnée pour le *cisaillement*.

Pour le tarage du poinçonnage, les crushers ont donné 24 millimètres d'ordonnée pour une pression de 24100 kilos, ce qui équivaut à 1 000 kilos par miltimètre d'ordonnée pour le poinçonnage.

Pour vérifier la proportionnalité des ordonnées à l'effort subi par le bâti, j'ai employé le procédé indiqué plus haut en cisaillant un morceau de fer carré de 21 millimètres de côté, j'ai obtenu un diagramme dont l'ordonnée maxima est de 15 millimètres. J'ai opéré ensuite sur les deux morceaux provenant de cette première coupe, en ayant soin de les placer l'un à côté de l'autre, *non superposés*, j'ai obtenu un second paragramme ayant exactement 30 millimètres pour ordonnée maxima; la proportionnalité est donc parfaite.

La figure donne les tracés superposés de ces deux diagrammes.

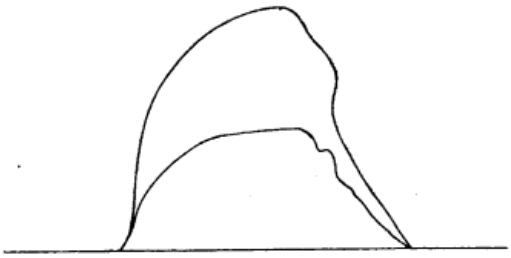


Fig. 19. — Diagrammes montrant la proportionnalité des ordonnées.

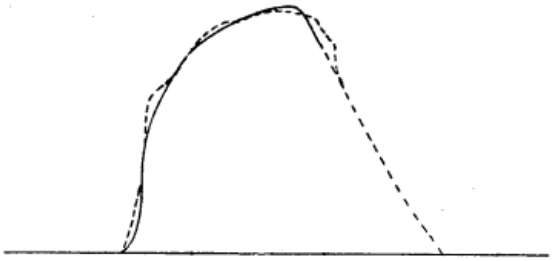


Fig.20. — Diagrammes de deux cisaillements semblables mais effectués à des vitesses très différentes.

Je me suis attaché tout d'abord à déterminer *l'influence de la vitesse de marche de la machine sur la valeur de l'effort développé;* et, à cet effet, j'ai effectué deux expériences : l'une à faible vitesse, avec le volant mû à bras, et l'autre à grande vitesse, en recourant à l'emploi du moteur à vapeur pour actionner la cisaille.

Dans le premier cas, la durée de l'opération a dépassé plusieurs minutes, dans le second, elle s'est abaissée à une demi-seconde environ; le tracé du diagramme obtenu est plus tourmenté, mais l'ordonnée maxima conserve une valeur égale à celle qu'avait donnée l'expérience faite trois cents à quatre cents fois plus lentement. La vitesse de l'opération n'a donc pas d'influence dans le cisaillement.

La figure 20 donne, en trait plein, le diagramme du cisaillement de deux morceaux de fer carré de 21 millimètres de côté, placés l'un près de l'autre et cisaillés lentement, et en trait pointillé le même cisaillement fait avec rapidité.

Dans la pratique industrielle, la vitesse est moins grande, les machines donnent généralement 16 à 18 coups à la minute; dans cette expérience, je n'ai pas craint d'exagérer un peu, en donnant 22 coups à la minute pour mieux faire ressortir l'influence de la vitesse.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Étude des différentes phases de la déformation du métal sous l'action du cisaillement et étude correspondante du diagramme donnant l'évaluation du tra-

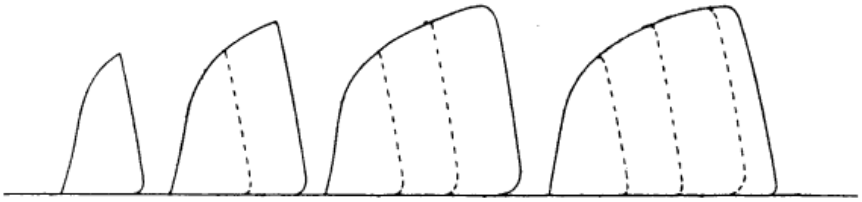


Fig. 21, 22, 23, 24. — Diagrammes de quatre cisaillements partiels et successifs d'un morceau de fer *cisaillé à plat.*

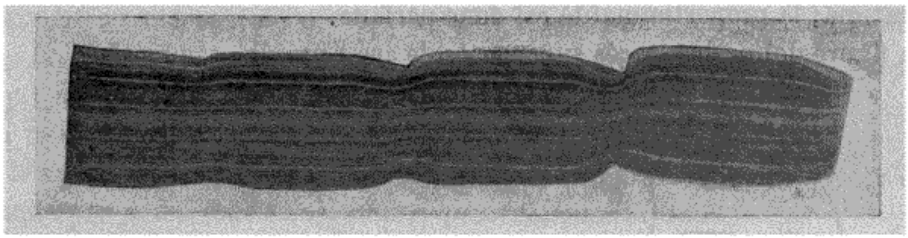


Fig. 25. — Photographie montrant les déformations internes produites par quatre cisaillements partiels et successifs d'un morceau de fer *cisaillé à plat.*

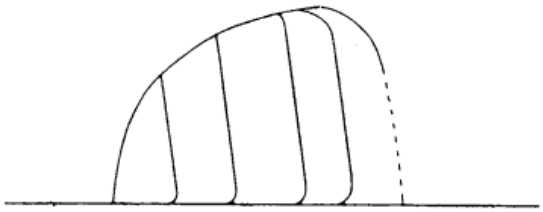


Fig. 26. — Diagrammes superposés de cinq cisaillements partiels et successifs d'un morceau de fer *cisaillé sur champ.*

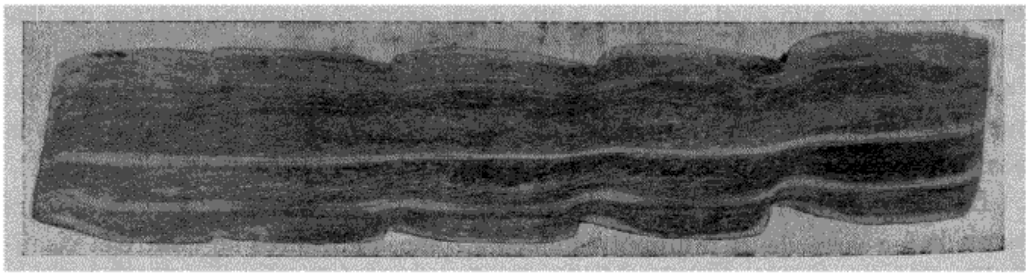


Fig. 27. — Photographie montrant les déformations internes produites par cinq cisaillements partiels et successifs d'un morceau de fer *cisaillé sur champ.*

vail dépensé — Pour étudier les différentes phases du cisaillement, j'ai dû opérer sur du fer misé, avec lequel l'attaque à l'acide donne une image suffisamment

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nette des déformations subies par le métal ; je me suis attaché à suivre les déformations successives ainsi produites ; et, à cet effet, j'ai donné sur le même morceau de fer, une série de coups de cisaille d'intensités différentes, de telle sorte que le premier coup de cisaille n'entamât que peu le métal, et les suivants chacun un peu plus que le précédent, jusqu'à la rupture de la barre. Puis j'ai poli, damasquiné et photographié la face latérale du morceau de fer ainsi préparé.

Pendant ces cisaillements successifs, l'élasticimètre enregistrait, de son côté, les diagrammes successifs qui, naturellement, se superposaient. Ainsi, un morceau de fer de section rectangulaire de 32×20 millimètres,

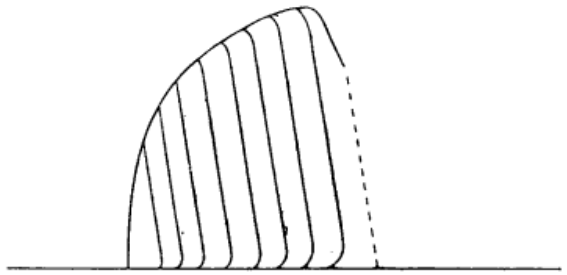


Fig. 28. — Diagrammes superposés de neuf cisaillements partiels et successifs d'un morceau de fer carré.

cisaillé *à plat* avec des *lames parallèles*, m'a permis d'obtenir quatre diagrammes. Le premier (fig. 21) correspond à la première déformation sensible du métal ; le second (fig. 22) correspond à une pénétration de la lame de cisaille à peu près double de la pénétration précédente ; le troisième (fig. 23) donne le travail pour une pénétration plus profonde ; la figure 24 donne le travail dépensé pour la rupture complète de la barre. Sur le papier qui reçoit le tracé de l'appareil enregistreur, ces quatre diagrammes sont superposés, mais il est facile de les y distinguer par l'observation de la ligne que trace le crayon en revenant à la ligne des abscisses lorsque la machine, dans son mouvement de retour en arrière, cesse de faire pression par la lame tranchante.

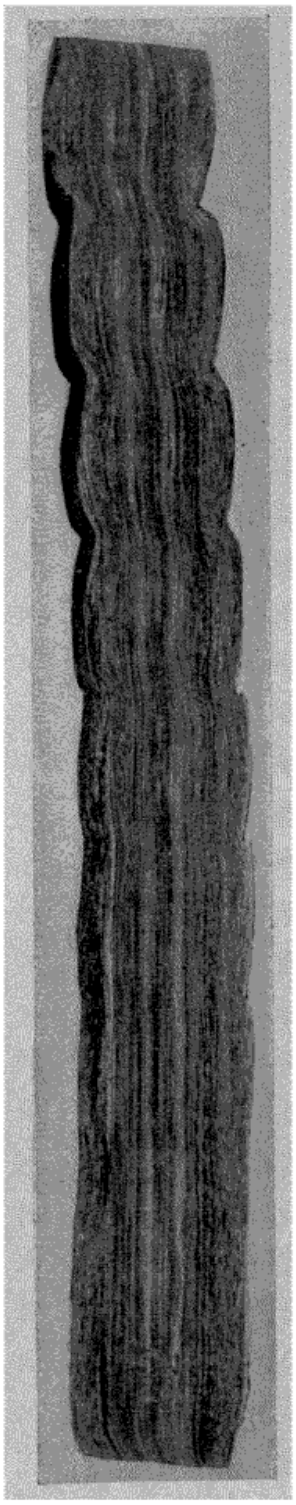


Fig. 29. — Photographie montrant les déformations internes produites par neuf cisaillements partiels et successifs d'un morceau de fer carré.

La figure 25 est la photographie de la partie latérale polie et damasquinée

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

après ces cisaillements partiels et successifs; les déformations correspondant aux divers cisaillements y sont très apparentes et permettent ainsi l'étude du phénomène.

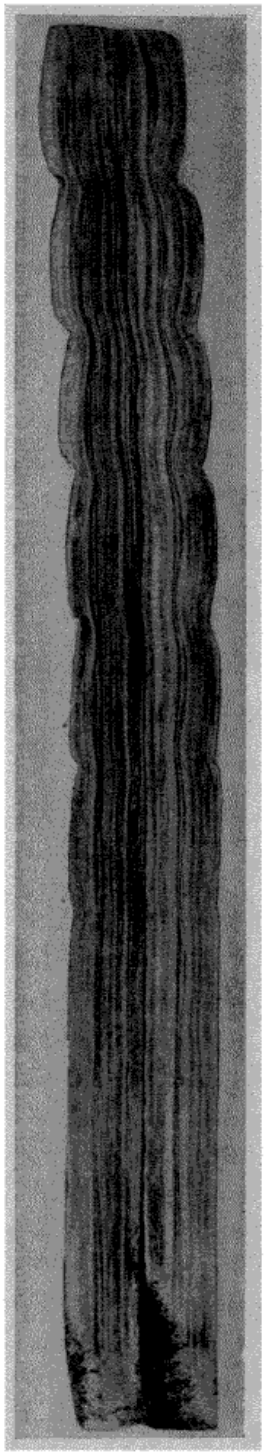


Fig. 31. — Photographie montrant les déformations internes produites par des cisaillements de deux barres de fer *superposées*.

La même barre de fer de 32×20 millimètres, cisaillée cette fois sur *champ*, toujours avec des lames parallèles, m'a donné les cinq diagrammes superposés (fig. 26) et la photographie (fig. 27).

Une barre de fer carré de 30 millimètres de côté cisaillée successivement neuf fois, a donné les neuf diagrammes superposés (fig. 28) et la photographie (fig. 29).

Deux barres de fer plat 30×14 *superposées* ont

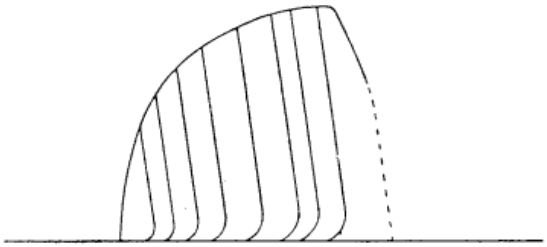


Fig. 30. — Diagrammes superposés de cisaillements de deux barres de fer *superposées*.

donné les neuf diagrammes superposés fig. 30 et la photographie fig. 31.

Enfin une barre de fer rond de 30 millimètres de diamètre a subi huit cisaillements, dont les diagrammes sont représentés en figure 32 et la photographie en figure 33.

Il est facile de suivre les déformations subies par un morceau de fer *misé;* car, poli et damasquiné, il laisse apparaître une stratification produite par les mises de constitutions différentes, dont la reproduction photographique ne présente pas de difficultés.

Au moment où la barre de métal est attaquée par les lames de cisaille, elle développe une résistance qui, pour une largeur de section égale, s'accroît évidemment avec la dureté du métal et l'épaisseur de la section à trancher; la partie du métal en contact avec chacune des deux lames subit une double compression qui tend à produire le cisaillement. Or, cette compression a pour premier effet de produire, sous la lame, un écrasement du métal

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'autant plus sensible que le métal est plus ductile et l'effort développé plus grand. Le début du cisaillement est donc un phénomène d'écrasement affectant également les deux faces de la lame en dessus et en dessous, et il suffit donc d'étudier l'action développée sur l'une d'entre elles; nous examinerons à cet effet spécialement la première mise.

Si l'on place sous la cisaille deux petits morceaux de fer superposés, et qu'on fasse agir la pression, la lame supérieure commence par comprimer les deux morceaux, puis, immédiatement on les voit se cintrer, comme s'ils se pliaient sur l'arête de la lame. La figure 34, qui représente ce phénomène, a été obtenue en traçant exactement le bord de deux morceaux de fer de 14 millimètres d'épaisseur chacun, qui viennent d'être entamés

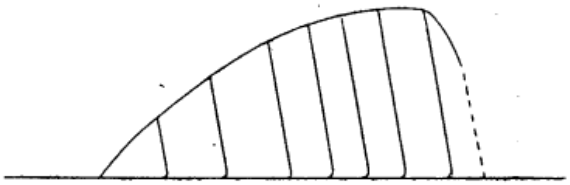


Fig. 32. — Diagrammes superposés de cisaillements d'une barre de fer rond.

de 2 millimètres de profondeur. La largeur des morceaux; qui était primitivement de 30 millimètres, atteint alors 31 millimètres à l'endroit de l'empreinte des lames; il y a donc augmentation de largeur, montrant bien la diminuation d'épaisseur résultant d'un écrasement.

La face opposée à celle qui s'est écrasée s'est cintrée et présente une surface courbe; une des extrémités de chaque morceau, celle qui est extérieure à l'arête tranchante de la lame, s'est pliée, en s'écartant très sensiblement de sa position première de contact avec l'autre morceau de métal; sous la pression des lames, cet écartement était alors beaucoup plus considérable; mais, dès que la pression a cessé, son action, le pliage a diminué par le fait de l'élasticité du métal.

Fig. 33. — Photographie montrant les déformations internes produites par des cisaillements d'une barre de fer rond.

Voyons quelle est la cause de ce pliage. La partie écrasée en *a* (fig. 35) ne s'est pas séparée franchement de la partie *b*; il n'y a pas eu un *glissement* de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

matière, mais on constate au contraire que la partie *b* a été entraînée, tirée par un ligament très court, puis que, par l'effet de ce pliage de la fibre, il y a eu une *traction* analogue à celle que subissent les éprouvettes d'essais de métaux à la traction, et qu'il s'est fait en C (fig. 36) une striction d'autant plus sensible que l'écrasement en *a* augmentait. Cette striction est extérieure au plan PP de la lame, pour cette double raison que la fibre *ab* (fig. 37), que je considère comme une éprouvette, s'est élargie par l'écrasement, tandis qu'elle conserve sa largeur primitive en *b*, et surtout parce que, en *a*, sa résistance propre a été très sensiblement augmentée par la pression de la lame.

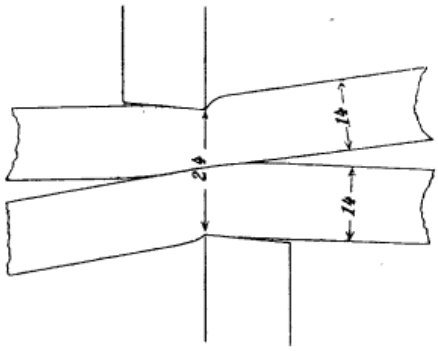


Fig. 34. — Cisaillement de deux morceaux de fer superposés.

L'écrasement par la lame produit donc une traction localisée dans la partie extérieure, et à fleur du plan de coupe, et un effet de pliage de cette fibre autour

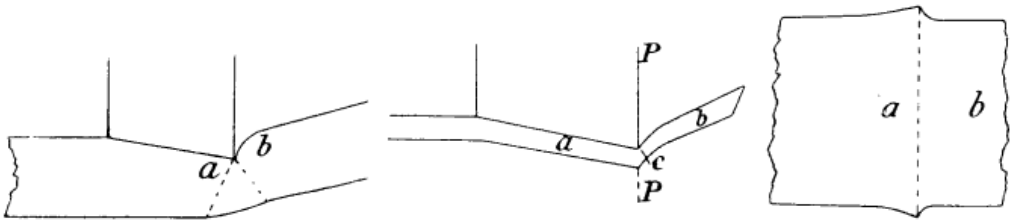


Fig. 35, 36, 37. — Schémas montrant les déformations du métal cisaillé.

de l'arête de la lame. L'écrasement continuant, la traction augmente jusqu'à la striction et provoque la rupture de la fibre.

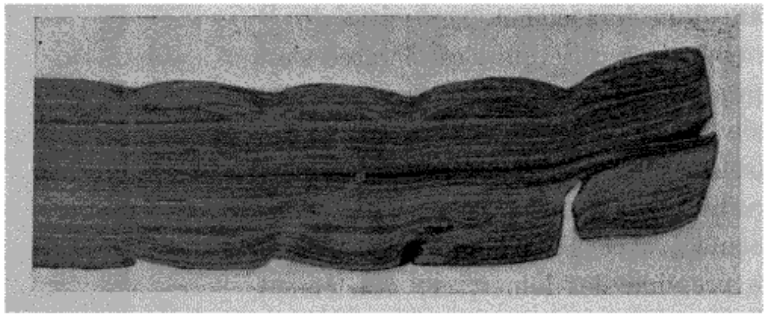


Fig. 38. — Photographie montrant les déformations internes résultant du cisaillement de deux morceaux de fer superposés.

La photographie (fig. 38) montre bien ce phénomène complexe de pliage et de rupture par traction.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Si l'expérience est reprise avec quatre morceaux de fer superposés, on constate sur la première mise le phénomène de pliage autour de l'arête de la lame, comme dans l'expérience effectuée avec deux morceaux de fer, mais on observe cependant une différence dans la déformation de la seconde mise; la surface de contact commune à ces deux morceaux est à double courbure, et le pliage se fait suivant cette surface et non plus suivant la ligne de l'arête de la lame; le ligament qui subit la traction est plus long, l'allongement résultant est donc lui-même plus grand que précédemment; aussi constate-t-on que la seconde mise résiste et s'allonge encore quand la première mise est déjà rompue.

La figure 39 représente cet essai de quatre morceaux superposés, elle est obtenue en traçant exactement le bord de ces morceaux.

Voyons comment cette seconde mise va se rompre. Sur le schéma (fig. 40),

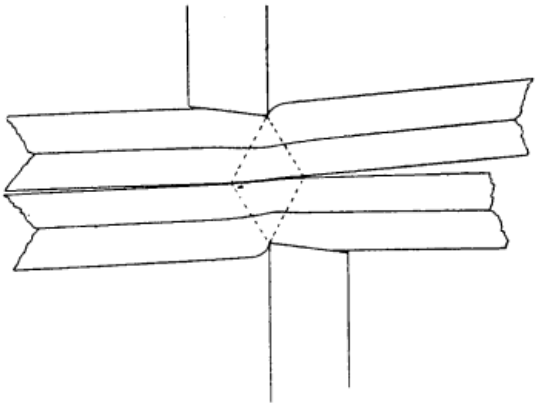


Fig. 39. — Cisaillement de quatre morceaux de fer superposés.

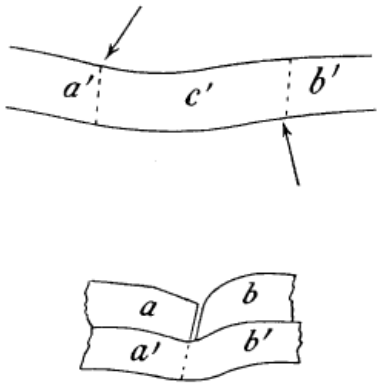


Fig. 40, 41. — Schémas montrant les déformations du métal cisaillé.

les flèches indiquent les rayons de la double courbure; le ligament C', que j'appelle l'éprouvette, par analogie avec les essais de traction, va s'allonger suivant ce que nous avons constaté pour la première mise; mais comme il a une longueur plus grande, il prendra un allongement relatif qui sera lui-même plus grand, la pression de la lame transmise par la première éprouvette agira sur la seconde en a' et la rupture se fera dans le même plan que la rupture de la première mise, car nous aurons alors un ligament travaillant à la traction comme une éprouvette entaillée, la partie a' restant solidaire de la partie a (fig. 41) soit par la simple action de la pression, s'il s'agit de morceaux superposés, soit par adhérence et pression, s'il s'agit de mises d'un même morceau. On peut facilement continuer ce procédé d'expérimentation et constater que, le nombre de morceaux de fer augmentant, ceux-ci se cintrent sous la pression des lames d'après le principe que nous venons d'exposer; ce cintrage s'effectue suivant une surface à double courbure, dont les arcs en contact sont *concentriques* et non parallèles, c'est-à-dire que le rayon va croissant avec le nombre et l'épaisseur des mises, ce qui

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fait que chaque éprouvette va en augmentant de longueur au fur et à mesure que l'on approche du milieu de la masse cisaillée ; il s'ensuit que l'allongement va lui-même en croissant, et que les mises ou couches centrales résistent encore et s'allongent quand les premières sont déjà rompues. Si, au lieu d'être concentriques, les arcs étaient parallèles, c'est-à-dire avaient un même rayon, les éprouvettes seraient toutes de même longueur, et la rupture aurait lieu en même temps pour toutes les mises, il y aurait une sorte de glissement; mais ce n'est jamais le cas.

Il est facile de le constater sur les photographies fig. 25, 27, 29, 31, 33, 38, où

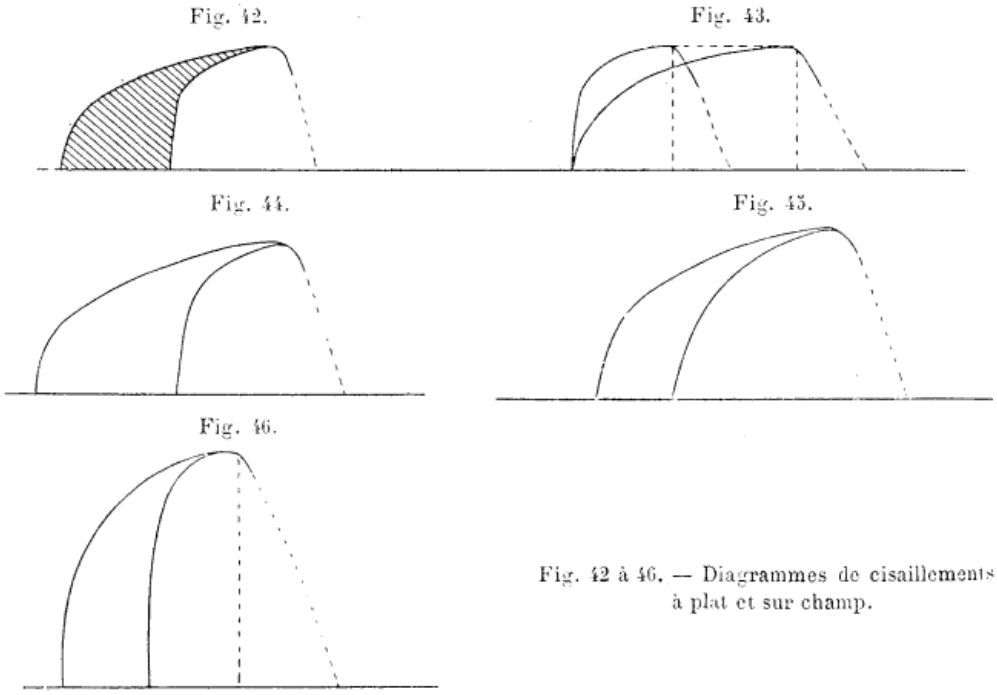


Fig. 42 à 46. — Diagrammes de cisaillements à plat et sur champ.

des cisaillements successifs et partiels reproduisent dans leurs détails tous ces phénomènes.

Quant, au lieu d'être distinctes et isolées, les mises sont réunies et soudées. c'est-à-dire quand la masse cisaillée est compacte, les phénomènes sont les mêmes, mais alors les couches ne peuvent pas s'écarter des couches voisines, elles les entraînent un peu moins, parce que celles-ci offrent une résistance propre, qui ne se retrouve pas sur les lames simplement superposées.

Comparaison du travail dans le cisaillement à plat et dans le cisaillement sur champ d'un morceau de métal de section rectangulaire. — Ainsi qu'il est indiqué plus haut, il est facile de constater qu'il faut une plus grande quantité de *travail* pour cisailler une même barre de métal à section rectangulaire quand on opère sur champ, c'est-à-dire sur son plus grand côté au lieu de la poser à plat.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On peut se demander si cette différence dans la quantité totale de travail dépensé provient d'un accroissement de la valeur de l'effort, de la durée de l'action qu'il exerce, ou des deux causes réunies.

Pour élucider cette question, j'ai opéré d'abord sur une barre de fer de 30×14.

Le rapprochement des diagrammes superposés fig. 42 montre immédiatement que l'effort maximum reste le même dans les deux cas, et que la différence de travail, mesurée par l'espace haché de la même figure, provient de ce que la lame a dû fournir une course plus longue avant de provoquer la rupture dans le cisaillement opéré sur le champ.

C'est là un fait dont il est facile d'expliquer la raison.

D'abord l'effort total maximum, conservant la même valeur, s'est trouvé reporté alors sur une surface plus faible, l'écrasement initial a été plus marqué, et comme la hauteur de la masse cisaillée était plus forte, la longueur des éprouvettes qui se sont formées dans la région du milieu s'est trouvée elle-même augmentée, et l'allongement résultant ainsi obtenu a pris par suite une valeur plus forte.

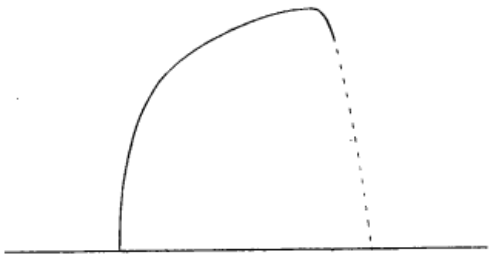


Fig. 47. — Diagrammes identiques *superposés* de deux cisaillements de fer carré effectués sur deux faces voisines.

On voit dès lors que le cisaillement opéré sur champ a provoqué dans la barre expérimentée des déformations beaucoup plus considérables, et on s'explique par suite que l'opération ainsi effectuée dépense une somme de travail plus forte que le cisaillement à plat. L'examen des diagrammes donne du reste la confirmation immédiate de ce résultat, puisque nous voyons que l'effort maximum, qui conservait la même valeur dans les deux cas, a dû cependant s'exercer sur un parcours plus considérable dans le cisaillement sur champ.

Si les diagrammes sont superposés à partir d'une origine commune, afin de permettre de comparer les efforts sous une même course de la lame, on obtient la figure 43 pour les essais du même fer de 30×14.

La figure 44 donne les diagrammes de cisaillement à plat et à champ d'un fer de 30×16;
— 45 — — — — de 30×20;
— 46 — — — d'un acier de 32×16.

Il est facile de constater, en comparant les deux figures 44 et 45, que la différence de travail va toujours dans le même sens que l'écart existant entre les deux côtés du rectangle donnant la section de la barre; elle devient évidemment nulle quand le rectangle se transforme en carré; ce fait se reconnaît immédiatement sur la figure 47, qui ne donne plus qu'un seul diagramme pour deux cisaille-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ments effectués sur les deux faces voisines d'un fer carré de 30 millimètres.

Lorsqu'il s'agit d'un métal dur, offrant une grande résistance à l'écrasement,

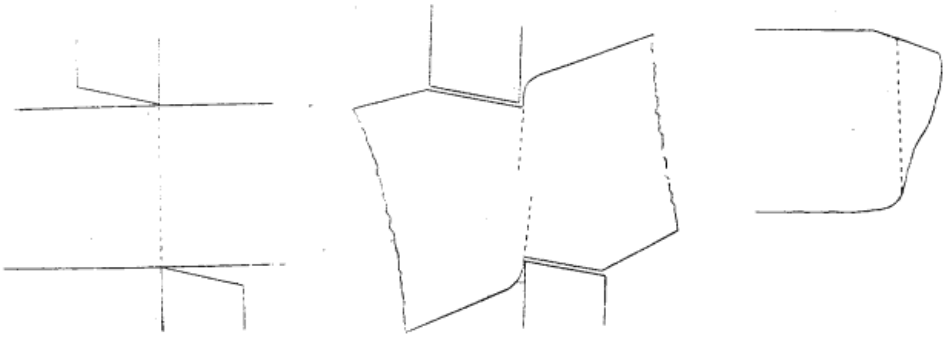
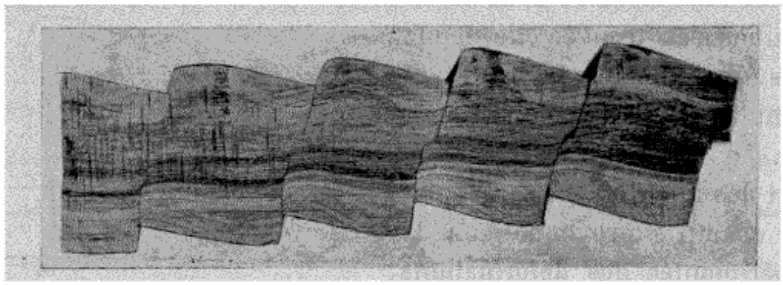


Fig. 48, 49, 50. — Schémas des déformations successives du plan de rupture d'un morceau de fer cisaillé.



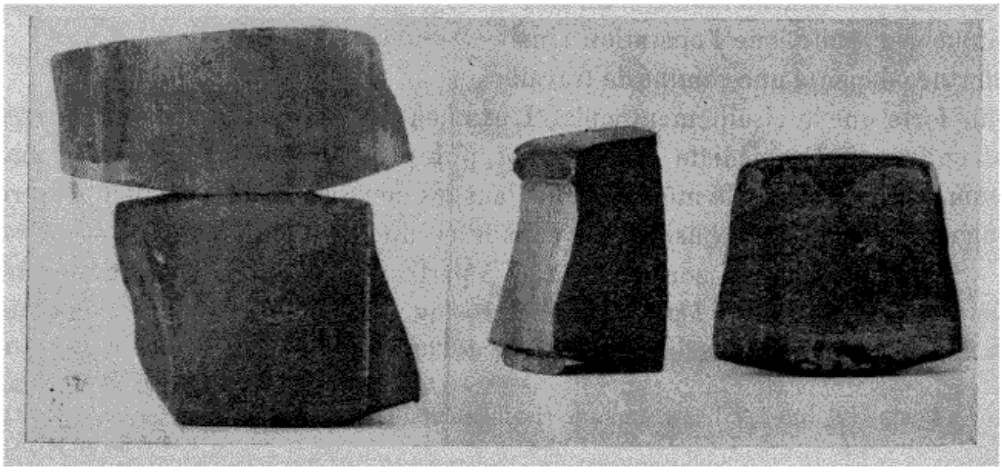


Fig. 51, 52, 53, 54. — Photographies montrant les déformations du plan de rupture de morceaux de fer cisaillés.

la course active de la lame devient presque proportionnelle à l'épaisseur cisaillée. Ainsi, dans la figure 46, on voit que, en opérant sur une barre d'acier de 32×16, la course active de la lame se trouve doublée, suivant qu'on effectue le cisaillement sur l'épaisseur de 16 ou celle de 32 millimètres.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Étude de la surface de rupture dans le cisaillement.

Quand on examine les diagrammes de cisaillement (fig. 24, 26, 28, 30, 32), on constate que la pression va croissant au fur et à mesure que l'opération s'effectue, il s'ensuit que les effets de cette pression tels que l'écrasement de la surface en contact avec la lame, l'entraînement de la surface extérieure et le pliage de la partie détachée vont eux-mêmes en augmentant.

Lorsqu'une barre de métal de section rectangulaire se trouve (fig. 48) attaquée par les lames, le plan de rupture ainsi déterminé dès le début est d'abord normal aux surfaces rectangulaires de la barre; mais il s'incline ensuite sous l'influence de l'inclinaison que prend elle-même la barre (fig. 49) et, finalement, la section de rupture prend la forme indiquée par la figure 50 et par les photographies (fig. 51, 52, 53, 54).

La déformation résultante est très sensible sur le morceau de fer carré de 30 millimètres (fig. 52), car elle donne une saillie apparente de 7 millimètres, et il ne faudrait pas enlever moins de 10 millimètres de métal sur le bout de la barre pour le mettre d'équerre.

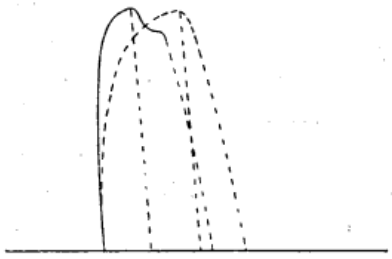


Fig. 55. — Diagrammes de deux cisaillements semblables effectués avec et sans butée de retenue.

Pour diminuer autant que possible cette déformation excessive, on limite l'inclinaison que la barre tend à prendre pendant son cisaillement en mettant directement au-dessus de la barre une butée qui l'immobilise, et on conçoit immédiatement que les déformations sont d'autant mieux atténuées que le jeu ainsi ménagé entre la barre et la butée est lui-même plus faible. L'inclinaison se trouvant limitée, l'allongement est réduit et la rupture se fait plus rapidement, c'est-à-dire avec une plus faible course de la lame de cisaille.

La figure 55 donne les diagrammes obtenus en opérant le cisaillement, avec des lames parallèles, sur une même barre d'acier de 32×16, cisaillée à plat avec et sans butée, le diagramme en trait plein correspond au premier cas et le diagramme en trait pointillé au second, c'est-à-dire la barre conservant alors toute liberté de s'incliner sous l'action de la cisaille.

Par suite du surcroît d'allongement, la course de l'outil a pris alors une valeur double de celle qu'avait donnée le cisaillement opéré avec butée de retenue.

On sait que lorsqu'on veut obtenir dans le cisaillement un certain nombre de morceaux de même longueur, on emploie un guide qui limite l'écartement des coupes successives, ce qui évite ainsi de faire le traçage de chacune d'elles. On voit immédiatement que, dans ce cas, la déformation du plan de coupe a encore pour effet d'augmenter la longueur de chaque morceau par suite des saillies en bout.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En outre, cette saillie peut faire coincer le morceau cisaillé en le comprimant entre la lame fixe et le guide limite.

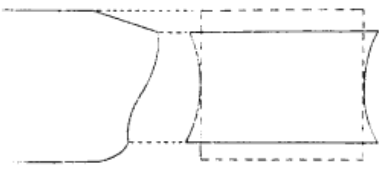


Fig. 56. — Schéma de la déformation de la surface de rupture dans le cisaillement.

Nous venons d'étudier la déformation latérale de la barre; examinons maintenant celle que subit la face tranchée de l'extrémité de cette barre.

Cette déformation peut être étudiée à deux points de vue : soit en ce qui concerne les dimensions de la section, soit en ce qui concerne la texture du métal.

Par suite de l'écrasement d'une face et de l'entraînement de la face opposée, la section, primitivement rectangulaire, diminue d'épaisseur et augmente de largeur, comme l'indique le schéma fig. 56 et la photographie fig. 57.

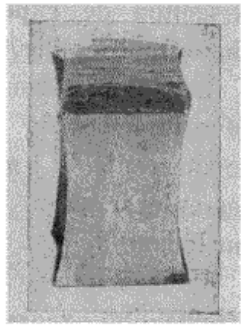


Fig. 57. — Photographie montrant la déformation de la surface de rupture dans le cisaillement.

La barre représentée, qui était en fer, avait une section rectangulaire de 30×14; après un cisaillement opéré sur champ, la cote de 30 millimètres se trouve réduite à $24^{mm},5$ et la cote de 14 millimètres à 17 millimètres.

Il est clair que cette déformation augmente avec l'épaisseur à cisailler de la même manière et pour la même cause que la déformation latérale.

Quant à la texture, on constate deux zones distinctes, une petite zone brillante et une plus grande zone mate.

La zone brillante est le résultat du frottement exagéré qu'a subi la surface de la partie entraînée en glissant sur la lame tranchante; il se produit alors un fort grippement qui apparaît sous forme de stries parallèles.

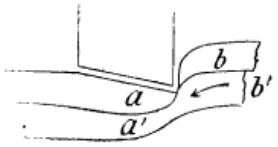


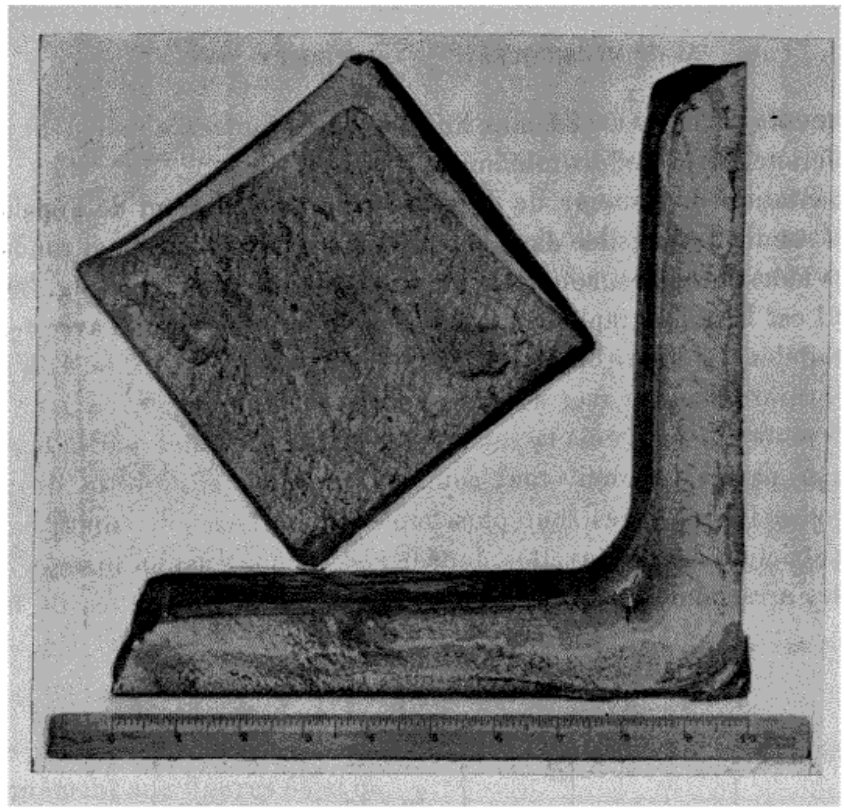
Fig. 58. — Schéma montrant, dans le cisaillement, le phénomène de traction des fibres rompues entraînées par les fibres sous-jacentes non rompues.

Les fibres qui ne sont pas rompues et subissent la traction entraînent dans leur mouvement les fibres rompues qui leur sont adhérentes (fig. 58); la fibre b a été rompue, mais la fibre b' est tirée fortement par la partie a', et, comme b et b' sont solidaires, il s'ensuit que la fibre b appuie fortement sur la lame tranchante.

Cette pression subsiste pendant tout le temps qu'agit l'effort de traction pour opérer le cisaillement, elle augmente donc avec cet effort; plus la barre est épaisse, plus la zone brillante a de hauteur, et cette hauteur de zone, ajoutée à la déformation par écrasement et entraînement, mesure la course du cisaillement.

Le graissage de la lame n'a pas d'influence sensible, car la grande pression développée chasse l'huile des surfaces frottantes; les diagrammes relevés sur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



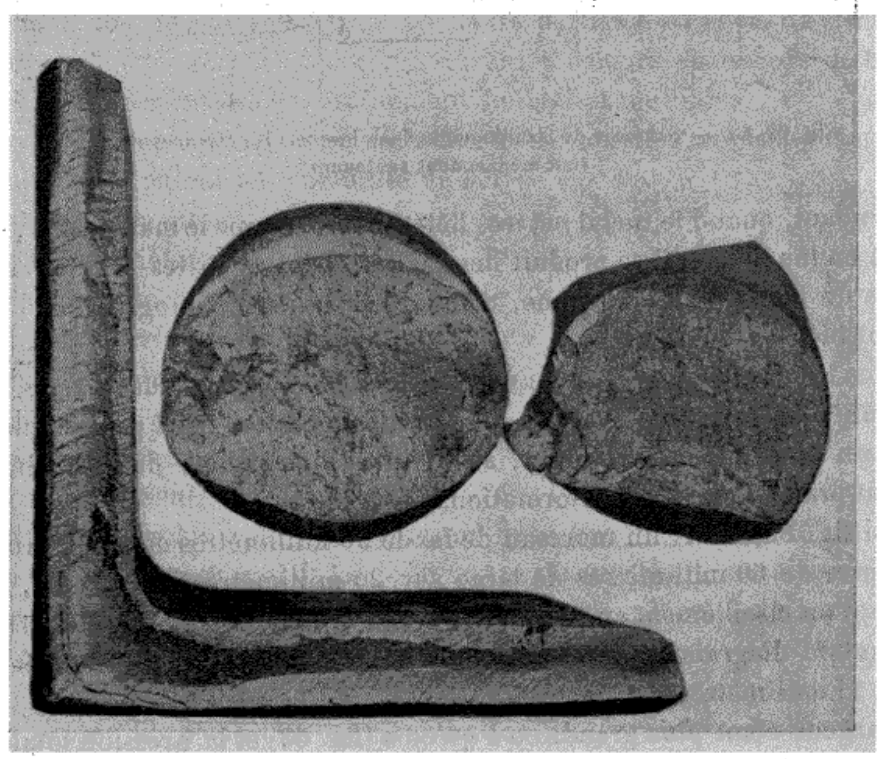


Fig. 59, 60, 61. — Photographies des surfaces rompues par cisaillement dans des fers ronds, carré, cornières.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des cisaillements effectués avec lames huilées et non huilées n'indiquent en effet aucune différence dans l'effort maximum.

L'augmentation de hauteur de la zone brillante résultant de l'épaisseur à cisailler est rendue très visible dans le cisaillement de fers carrés et ronds cisaillés avec des lames profilées, comme le montrent les photographies (fig. 59 et 60). La figure 61 est la photographie d'un morceau de fer rond cisaillé avec des lames droites parallèles. La figure 62 montre la photographie des deux faces tranchées dans une cornière cisaillée avec des lames profilées.

La zone mate qui succède à la zone brillante est constituée par la texture du métal rompu par la traction, tout comme dans une éprouvette de traction ordinaire, et si les aspérités sont plus faibles, la surface plus unie, cela tient à ce que la striction des éprouvettes, dans le cisaillement, est localisée et ne peut produire des arrachements aussi étendus que dans les éprouvettes de traction.

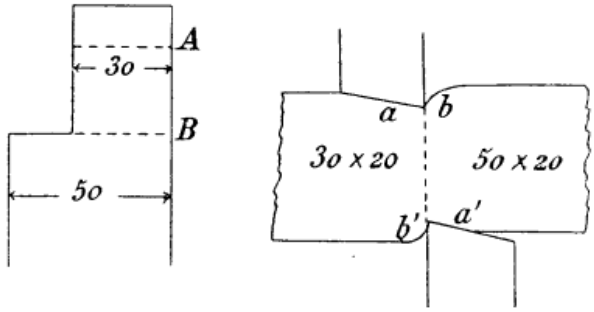


Fig. 62, 63. — Schémas de cisaillements dans lesquels les surfaces rompues sont inégalement soutenues.

Cependant, quand le métal est très hétérogène, comme le mauvais fer, la zone mate est moins unie et il se produit des cavités et des aspérités plus importantes que dans un métal plus homogène, comme l'acier. Les photographies 57 et 60 montrent bien cette différence.

Toutes les expériences mentionnées ont été effectuées sur des barres de section régulière et constante. Dans le cas où cette condition n'est pas remplie, il se produit un phénomène particulier, affectant le diagramme du cisaillement et modifiant profondément les déformations observées.

Ainsi (fig. 62), dans un morceau de fer de 30 millimètres de large, provenant d'une barre de 50 millimètres de large sur 20 millimètres d'épaisseur, le diagramme d'un cisaillement en A a indiqué une ordonnée maximum de 19 millimètres, et le diagramme de cisaillement en B a indiqué une ordonnée maximum de 21 millimètres.

La largeur étant plus grande en *b* qu'en *a* (fig. 63) et la pression totale développée par les lames sur les deux faces opposées étant égale, puisque la réaction est égale à l'action, la lame inférieure produira en *a'* un écrasement moindre

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qu'en *a*, car cette même pression se trouve répartie sur une plus grande surface, et l'affaissement sera moindre en *b* que si la section était constante; au contraire, cet affaissement sera plus grand en *b'* que pour une section égale. La photographie fig. 64 montre une série de morceaux de cuivre cisaillés dans ces conditions; l'affaissement est d'autant plus grand que la résistance est moindre.

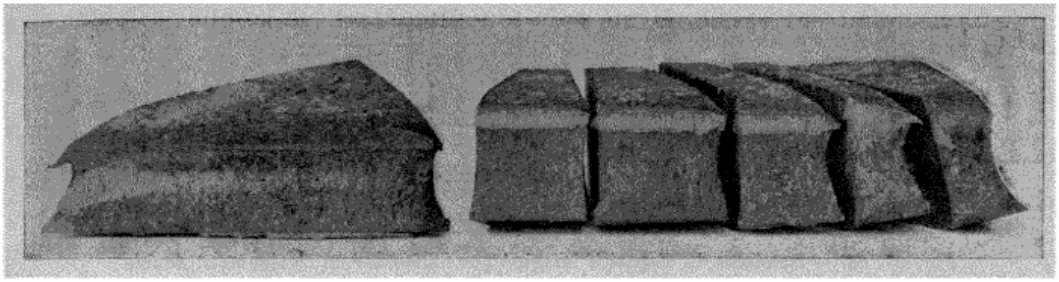


Fig. 64. — Photographies de cisaillements dans lesquels les surfaces rompues étaient inégalement soutenues.

Ces cisaillements ont été faits sur deux barres de cuivre rouge préparées conformément aux figures 65 et 66.

Cisaillement double. — Une pièce travaille au cisaillement *double* ou *multiple* quand elle résiste en deux ou plusieurs parties à un effort de cisaillement. Le boulon dans une chape, le rivet serrant plusieurs épaisseurs de tôle, etc., sont soumis à des efforts de cisaillement doubles et multiples.

Il est important de savoir si, dans une pièce soumise au cisaillement double ou multiple, la résistance par unité de surface est la même que lorsqu'elle fatigue par cisaillement simple.

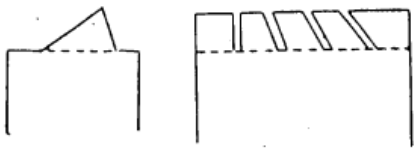


Fig. 65, 66. — Schémas des tracés des cisaillements d'une barre de cuivre dont les surfaces de rupture sont photographiées en figure 64.

La règle admise par le Board of Trade, le Lloyd et le Véritas consiste à prendre pour résistance au cisaillement double R_{cd} les 0,875 de la résistance au cisaillement simple R_{cs}.

Pour connaître la différence du travail dans les cisaillements simple et double, j'ai fait l'expérience à l'aide d'un poinçon carré de 35 millimètres de côté, pénétrant dans une matrice de 35,5.

J'ai opéré sur une barre de fer de 30×14 et sur une bande de cuivre de 35×15.

Chaque morceau a été d'abord poinçouné vers le milieu de la barre (fig. 67), ce qui a constitué un cisaillement double, puis, reprenant les deux barrettes provenant de ce cisaillement, je les ai replacées sous le même poinçon, mais en laissant un espace libre entre les deux extrémités (fig. 68), ce qui constitue deux fois le cisaillement simple.

Les diagrammes obtenus sont représentés (fig. 69 et 70) avec en trait plein,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le cisaillement double et en trait pointillé le cisaillement simple fait deux fois comme il vient d'être dit.

On constate que le phénomène est le même que dans le cisaillement avec ou sans butée de retenue, décrit plus haut, c'est-à-dire que l'effort maximum est le même, mais qu'il y a plus d'allongement dans le cas du cisaillement simple, parce que la barre a pu se plier.

En effectuant ces essais, je me suis toujours attaché à ce que les plans de

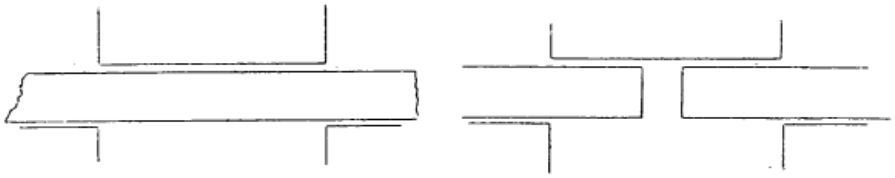


Fig. 67, 68. — Schémas du dispositif imaginé pour effectuer un cisaillement double et un cisaillement égal à deux cisaillements simples.

rupture conservent, dans le cisaillement double, un écartement suffisant pour ne pas être influencées par les déformations internes résultant de la rupture provoquée dans la seconde section de la pièce.

Ces essais de cisaillements simples et doubles ont été effectués avec des outils :

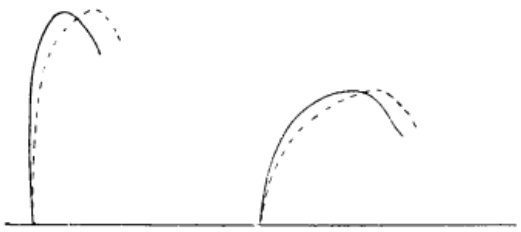


Fig. 69, 70. — Diagrammes d'un cisaillement double et d'un cisaillement égal à deux fois un cisaillement simple : 1° dans du fer de 30 × 14 (fig. 69) ; 2° dans du cuivre de 35 × 15 (fig. 70).

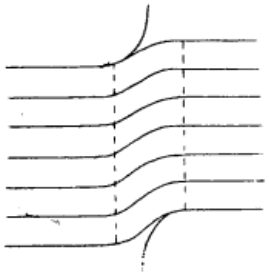


Fig. 71. — Schéma des déformations internes dans le cas d'un cisaillement effectué par des lames arrondies.

lames, poinçons, matrice en acier trempé, qui ne se sont pas déformés sous l'effort du cisaillement.

En pratique, il n'en est pas toujours de même. Ainsi, les rivets d'une charpente réunissent des pièces dont la matière est à peu près de même qualité ; il s'ensuit que, si la surface du métal cisaillé subit l'écrasement, l'intrados du trou se déforme également, et on se trouve dans le cas d'un cisaillement effectué avec des lames ébréchées ou arrondies.

Le quadrilatère limite des éprouvettes subissant la traction tend à se rapprocher de deux parallèles (fig. 71) et la résistance au cisaillement tend à se rapprocher de la résistance à la traction.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

POINÇONNAGE

Il y a deux sortes de poinçonnages :

1° Le poinçonnage par *écrasement* et *refoulement* latéral du métal sous la pression du poinçon (fig. 72);

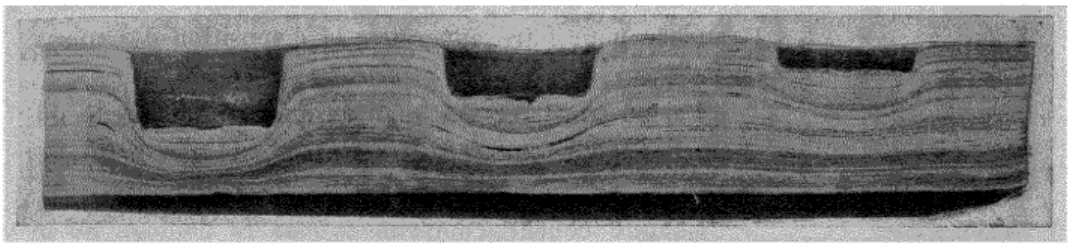


Fig. 72. — Photographie de poinçonnages par écrasement.

2° Le poinçonnage par *cisaillement* et détachement du métal sous forme de débouchure.

C'est de ce dernier poinçonnage que nous traitons dans le présent mémoire.

Ce poinçonnage exige l'emploi d'une contre-matrice.

Le poinçonnage avec contre-matrice est un cisaillement dans lequel la partie détachée de la barre primitive est *contrebutée* et ne peut s'écarter dans le *plan* de cette barre.

Ainsi, il y a (fig. 73) cisaillement quand la partie détachée B peut s'écarter de la partie primitive A, et dans son même plan; il y a poinçonnage (fig. 74) quand cette partie B ne peut s'écarter de la partie A, maintenue contre tout déplacement dans le même plan par des butées latérales; en effet, la partie B' du morceau B ne peut s'écarter de la partie A, parce qu'elle est retenue en arrière par la partie A'.

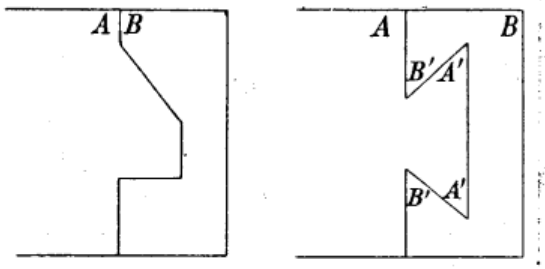


Fig. 73, 74. — Schémas différenciant le cisaillement du poinçonnage.

Étude des différentes phases de la déformation du métal sous l'action d'un poinçon avec matrice et étude correspondante du diagramme donnant l'évaluation du travail dépensé.

Pour connaître les différentes phases de la déformation du métal dans le poinçonnage, j'ai donné (1), dans un morceau de fer misé, sept coups succes-

(1) Communication à l'Académie des Sciences du 10 décembre 1894.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sifs avec le même poinçon, mais de telle sorte que le premier coup de poinçon n'entamât que peu le métal, et les suivants chacun un peu plus que le précédent, jusqu'au septième, où la perforation fut complète.

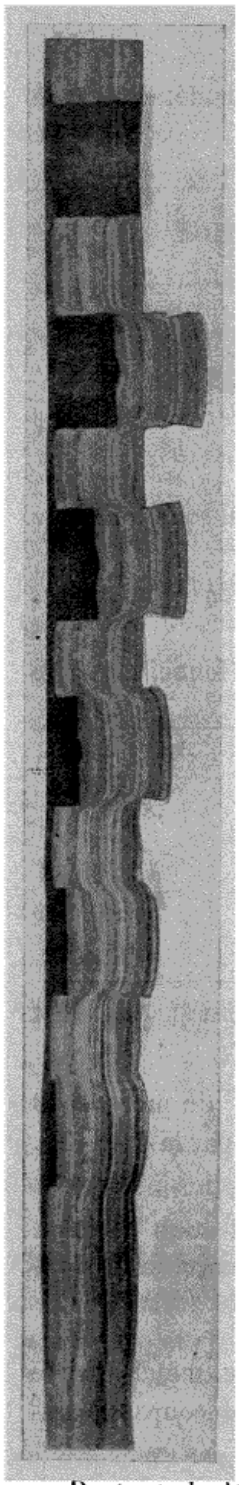


Fig. 75. — Photographie d'un morceau de fer montrant les déformations successives dans le cours du poinçonnage.

Puis, coupant la barre longitudinalement par le milieu de ces trous, j'ai poli et damasquiné la surface tranchée pour faire apparaître la disposition des mises (fig. 75).

J'ai pu constater tout d'abord que le phénomène du poinçonnage est un travail de *traction* et non de glissement.

Chaque couche comprimée sous le poinçon ne se sépare pas immédiatement de la couche dont elle provient; elle ne glisse pas, mais reste rattachée par un ligament qui va s'allongeant sous l'effort du poinçonnage. J'ai appelée ce ligament *éprouvette*, par analogie avec les pièces préparées pour subir les essais, notamment ceux de traction.

Ces éprouvettes ont des *longueurs différentes*, suivant les couches auxquelles elles appartiennent, et elles atteignent leur longueur maximum vers le milieu de l'épaisseur.

Cette augmentation doit être attribuée à ce fait que les couches intéressées dans l'effort du poinçonnage se contournent *concentriquement*, avec des rayons graduellement croissants depuis les bords jusqu'au milieu de l'épaisseur, et non pas parallèlement, avec des rayons égaux dans toute l'épaisseur du métal, comme le suppose la théorie du glissement. Les figures schématiques 76 et 77 représentent les déformations que devrait entraîner le poinçonnage d'un morceau de fer dans l'hypothèse du glissement. La figure 78 représente le schéma du poinçonnage d'après la théorie expérimentale : c'est un phénomène de *traction*.

Dans cette figure 78, les losanges A,B,C,D.E,F, et G,H,I,J,K,L, constitués en suivant les points extrêmes affectées par les déformations dues au poinçonnage, limitent par là même, en chaque point, les diverses longueurs des éprouvettes correspondantes.

Partant de là, nous considérons que le poinçonnage d'un métal va con-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sister à opérer l'allongement de ces éprouvettes jusqu'à en provoquer la rupture.

Dans la pratique, les poinçons sont généralement munis, sur la surface en contact avec le métal, d'un petit cône, d'un téton, qui a pour but de guider le poinçon et permet ainsi de l'amener à l'endroit exact où le trou est demandé.

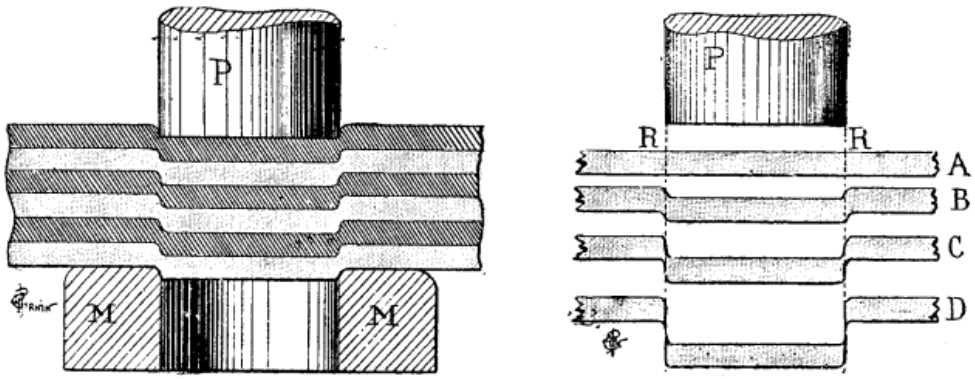


Fig. 76, 77. — Schémas du poinçonnage d'un métal, d'après la théorie supposant le glissement.

L'emplacement du centre de ce trou a été déterminé par l'ouvrier traceur, qui, à l'aide d'un pointeau à main et du marteau, a produit une empreinte conique légère, mais suffisante pour loger le sommet du téton. Comme ce dernier déborde sur l'empreinte, il doit déprimer plus profondément le métal pour s'y loger complètement, il rencontre alors une résistance à l'enfoncement d'autant plus marquée que le métal est moins ductile, ou plus *dur*.

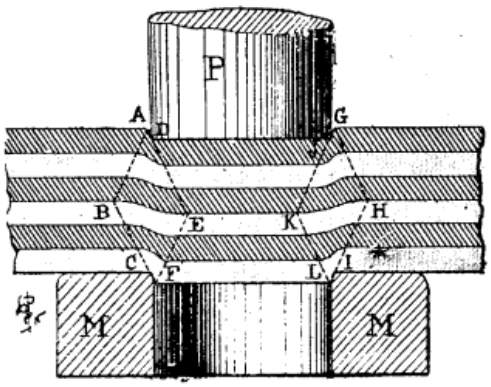


Fig. 78. — Schéma du poinçonnage d'un métal, d'après la théorie expérimentale.

En évaluant l'effort nécessaire pour vaincre cette résistance, on pourra mesurer à ce point de vue la dureté du métal poinçonné. Le diagramme du poinçonnage permet d'obtenir rigoureusement cette mesure, et, si les poinçons sont uniformément calibrés, on pourra, sur divers métaux, comparer les efforts de *pénétration superficielle* du pointeau et en tirer ainsi une méthode d'essai analogue à celle dont M. le colonel Martel a donné la description devant la Commission des méthodes d'essai; celle-ci consiste, comme on sait, à évaluer la pénétration superficielle par choc d'un couteau de forme pyramidale.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le diagramme, figure 79, a été obtenu en effectuant les poinçonnages partiels et successifs dont les déformations ont été représentées par la figure 75.

Sur ce diagramme, la partie A représente le travail de pénétration du téton.

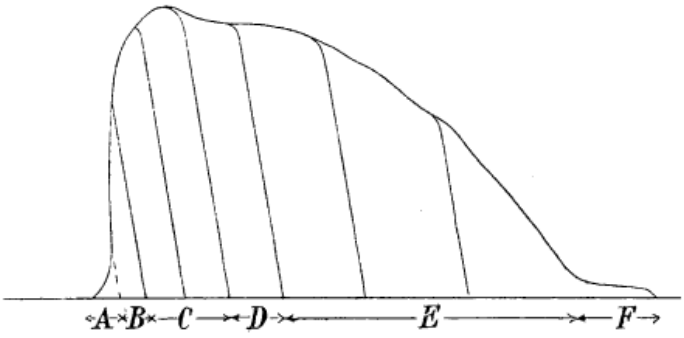


Fig. 79. — Diagrammes superposés des poinçonnages successifs et partiels d'un morceau de fer (photographie figure 75).

Après que le téton a marqué son empreinte, l'effort développé s'exerce sur la surface entière du poinçon, qui vient presser le métal sur toute sa base, et il doit évidemment s'augmenter tout d'abord d'une façon très sensible pour vaincre une résistance qui intéresse une zone agrandie.

Cette première période du poinçonnage proprement dit doit être considérée comme *élastique*, car, si la pression cesse son action, on ne constate encore aucune déformation permanente.

Dès que le métal est comprimé plus fortement entre le poinçon et la contre-matrice, une légère empreinte des deux outils apparaît sur les deux faces opposées du métal (fig. 80). La première déformation se distingue nettement; c'est la seconde période du poinçonnage. On constate un écrasement, tout comme dans le cisaillement, et cet écrasement sous la pression de l'outil provoque les mêmes conséquences; la partie A, extérieure au poinçon P, et la partie B, intérieure à la matrice M, s'affaissent, et il se forme ainsi, du côté du poinçon, une zone de dépression A, tandis que, du côté de la matrice, la proue de la débouchure apparaît.

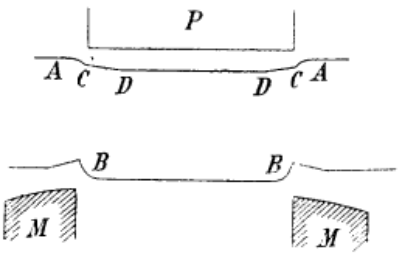


Fig. 80. — Schéma des premières déformations résultant du poinçonnage.

Plus le métal possède de ductilité, plus ces dépressions sont sensibles; elles mesurent donc, en quelque sorte, cette propriété.

Par un phénomène analogue à celui que nous avons constaté dans le cisaillement, la partie du métal en contact avec la lame, c'est-à-dire ici avec l'arête du poinçon, subit un pliage, et la couronne A, qui entoure extérieurement le poinçon P, tend à tourner autour du cercle C et produit l'affaissement CA. La couronne CD, qui est en contact avec la face plane du poinçon P, tend aussi à tourner autour du cercle C mais dans l'autre sens, et la face supérieure CDDC de la débouchure prend une surface courbe concave, c'est ce qui explique que la pression du poinçon est beaucoup plus sensible sur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la partie C de la couronne que sur la partie D ; l'écrasement est, en un mot, plus effectif sur la partie limite C de la débouchure que sur la partie interne D (fig. 81).

Les deux éprouvettes en contact l'une avec l'arête du poinçon, l'autre avec l'arête de la matrice sont, de toutes, les plus courtes ; leur allongement sera donc moindre que celui des suivantes ; elles se rompront les premières, dès le début de l'écrasement.

Sur la figure 79, la course du poinçon est indiquée en abscisses et amplifiée dans la proportion de $3^{mm},6$ pour un millimètre de course effective.

Dans la troisième période du poinçonnage, les éprouvettes subissent l'allongement permanent pendant que le poinçon parcourt la course amplifiée C.

La quatrième période correspond à l'allongement de striction. Ces périodes ne peuvent pas être nettement distinguées daus les diagrammes par ce fait que les éprouvettes, ayant des longueurs différentes, ont des allongements proportionnellement différents, et, alors que certaines sont encore dans la période d'allongement permanent, d'autres atteignent déjà celle de striction.

La cinquième période correspond à l'expulsion de la débouchure retenue par frottement sur la paroi du trou qu'elle remplissait primitivement.

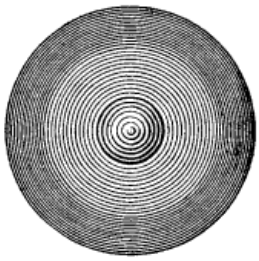


Fig. 81. — Surface de la débouchure en contact avec le poinçon.

La sixième partie F du diagramme correspond au frottement du poinçon sur la paroi du trou. Il est en effet facile de constater (fig. 75) dans la dernière partie, où la perforation est complète, que la partie supérieure est lisse, alors que, dans le reste du trou, la paroi est mate et déchirée ; c'est le résultat du phénomène analogue à ce que nous avons constaté dans le cisaillement. Les parties externes des éprouvettes déjà rompues sont entraînées par les parties sous-jacentes encore en tension ; il en résulte une friction violente contre le poinçon, elles grippent sous ce frottement, car l'huile chassée par la pression, ne peut les lubrifier ; la tension se continue même après l'expulsion de la débouchure par suite de l'élasticité du métal et le poinçon frotte plus longuement.

Voyons maintenant en quel point les éprouvettes se sont rompues dans cette suite de déformations successives.

Il est bien évident que la rupture d'une éprouvette quelconque s'effectue dans la partie qui présente la moindre résistance.

Or, la figure schématique 78 montre que toutes les éprouvettes sont *coniques ;* chacune présente la forme marquée par la figure 82. Ayant une section variable, elle ne peut offrir, par suite, la même résistance totale sur toute sa longueur. On constate, qu'à épaisseur égale, la section en E et en K, c'est-à-dire au sommet du tronc de cône renversé, est plus faible qu'en B et en H, à la base de ce tronc

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de cône ; c'est donc suivant le cercle EK que devra se faire cette rupture.

Par suite, l'ensemble des points de rupture ainsi provoqués, suivant lesquels va s'opérer la séparation de la débouchure, affectera le profil d'un double tronc de cône DEFJKL (fig. 78).

Mais l'effet de la compression du poinçon sur la débouchure interviendra sur les premières mises et renforcera la partie faible des éprouvettes du haut en leur donnant un excès de résistance par frottement ; celles-ci tendront donc à se rompre suivant la génératrice du poinçon, c'est-à-dire suivant un cylindre, pendant que les éprouvettes situées du côté de la matrice se sépareront, au contraire, suivant le tracé théorique de forme conique, la pression exercée par la réaction sur la matrice renforçant au contraire la partie BEKH.

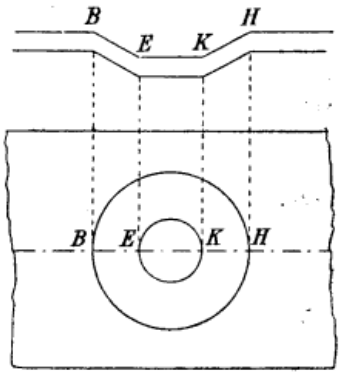


Fig. 82. — Schéma montrant la forme tronconique de chacune des mises constituant la débouchure.

Les déchirures ainsi commencées continuent à se propager à mesure que le poinçon pénètre plus profondément dans le métal.

Du côté de la matrice, la ligne inclinée qui constitue la génératrice du cône de séparation s'allonge jusqu'au milieu de l'épaisseur, donnant ainsi, au bas de la débouchure, cette forme étranglée qui la caractérise.

Cette forme ne se retrouve pas, au contraire, dans le haut de la débouchure, du côté du poinçon, car cet outil intervient alors en développant une pression et un frottement qui exaltent la résistance des éprouvettes élémentaires dans les points de faible section, où la déchirure se produirait sans cela, comme c'est le cas dans la partie inférieure.

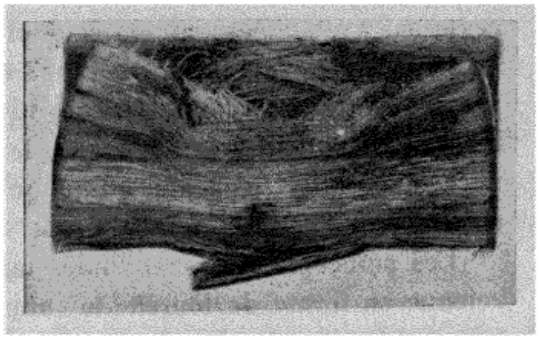
La rupture se trouve ainsi reportée vers la limite de cette zone d'action directe de frottement du poinçon, et l'outil opère en réalité une sorte de cisaillement qui tranche la paroi du trou suivant une ligne verticale. Cet effet se continue tant que le poinçon rencontre dans sa marche un ligament encore adhérent à la paroi extérieure, et il s'arrête évidemment lorsque la génératrice verticale de cette paroi se trouve interrompue par la fente inclinée déjà produite sur la partie inférieure, ainsi qu'il a été indiqué.

Comme cette fente s'est prolongée jusqu'au milieu en s'inclinant continuellement à l'intérieur de la débouchure, il en résulte qu'elle s'est élevée au-dessus du point où elle est rencontrée par cette ligne verticale, et que, par suite, elle a déjà détaché de la débouchure l'extrémité intérieure des ligaments du milieu, en raison de l'inclinaison qu'ils prennent en s'allongeant. Ces ligaments, qui devraient rester adhérents à la paroi extérieure si la forme théorique était conservée, se trouvent, au contraire, détachés de celle-ci suivant une ligne verticale par l'action du poin-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

çon, puis ils viennent retomber autour du milieu étranglé de la débouchure, en lui formant ainsi une collerette de bavures qui complète son aspect caractéristique. On voit dès lors l'explication de cette forme de la collerette, constamment dirigée vers le bas dans toutes les débouchures qui en possèdent.

Ces mêmes phénomènes de poinçonnage du métal apparaissent dans le poinçonnage du bois, qui n'est pas d'un usage industriel évidemment mais qui, à titre



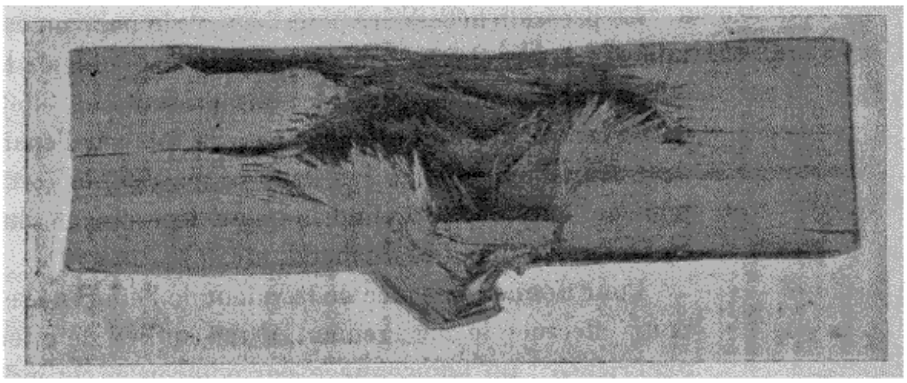


Fig. 83, 84. — Photographies de deux poinçonnages effectués dans des planchettes en bois.

d'exemple, montre le pliage *concentrique* facile à constater, grâce à la visibilité des fibres végétales.

Les figures 82 et 83 sont les photographies de deux poinçonnages effectués dans deux planchettes de bois d'essence différente.

Nous avons vu, dans le cisaillement, que la traction des mises intérieures entraînait la traction des mises déjà rompues par simple adhérence.

Le phénomène existe de même dans le poinçonnage, et il est facile de constater que, lorsque le poinçon a pénétré dans le métal et que la débouchure est apparue dans la matrice, les éprouvettes subissant encore la traction entraînent les éprouvettes rompues, ce qui provoque deux phénomènes nouveaux.

La partie supérieure du trou entraînée fortement s'appuie sur le poinçon, comme la barre cisaillée sur la face externe de la lame de cisaille, et ce frottement

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

exagéré fait gripper le métal sur le poinçon; l'intrados du trou est poli à sa partie supérieure, la débouchure, tirée de même, se comprime sur la face interne de la matrice, et une zone brillante, occasionnée par un même frottement exagéré, apparaît en forme de couronne sur la paroi latérale à la partie inférieure de la débouchure.

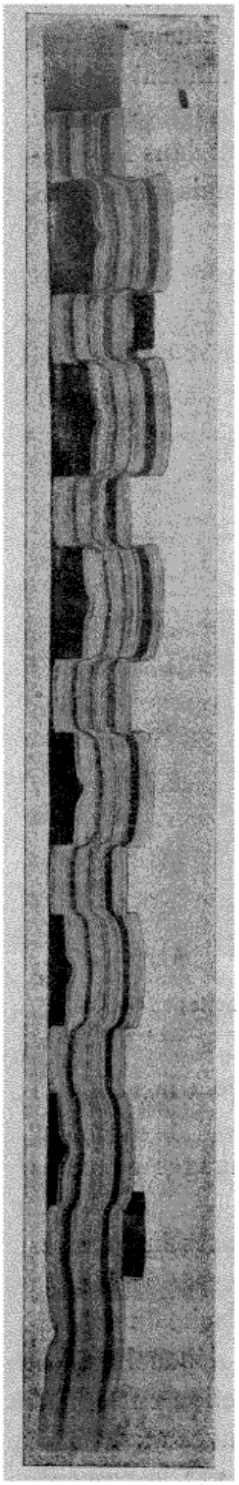


Fig. 85. — Photographie montrant les déformations successives, dans le cours du poinçonnage, de deux morceaux de fer *superposés*.

Cette traction de l'intrados du trou sur le poinçon, ne cesse pas avec la descente de celui-ci. Par suite de l'élasticité du métal, le poinçon continue à être enchâssé comme par une frette; et, pour le dégager du trou une fois celui-ci terminé, il faut tirer fortement sur le poinçon en maintenant fixe la pièce poinçonnée afin qu'elle ne suive pas le mouvement d'ascension du poinçon.

Les poinçonneuses sont toutes munies d'un guide de retenue en forme de fourchette entourant le poinçon et retenant la pièce pendant le dégagement de celui-ci.

La pression nécessaire pour dégager le poinçon est certainement fort élevée, mais il n'est pas possible de la calculer d'une manière générale; elle présente en effet trop de variation, car elle est affectée à la fois par l'épaisseur du métal poinçonné, le jeu dans la matrice, la forme du poinçon exactement cylindrique ou légèrement diminué en arrière, la ductilité du métal, etc.

Pour donner une idée de la valeur de l'effort nécessaire pour effectuer le dégagement, il me suffira de citer une expérience : un poinçonnage par poinçon de 20 millimètres de diamètre, matrice $20^{mm},5$, dans une tôle d'acier doux de 18 millimètres d'épaisseur, a exigé une pression de 5 650 kilogrammes pour chasser le poinçon du métal.

L'effort devient même assez grand pour provoquer la rupture du poinçon lorsque la pièce n'est pas maintenue bien normalement à l'axe du poinçon; ce fait se produit lorsque le guide de retenue est incliné par rapport à cet axe, ou bien lorsque, trop faible pour résister à l'effort, il cède et laisse obliquer la pièce qu'il maintient.

Poinçonnage de deux tôles superposées.

La figure 85 montre la photographie de deux feuilles de tôle de 7 millimètres d'épaisseur chacune, superposées et poinçonnées partielle-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ment et successivement de sept coups de poinçon; au huitième coup, la débouchure a été expulsée, le trou est complètement terminé.

Le diagramme figure 86 donne la distribution des efforts et du travail afférente à chaque poinçonnage.

Or il est facile de constater que les déformations intérieures et les diagrammes relevés restent semblables lors même qu'on opère sur une pièce prise en une seule ou divisée en deux épaisseurs.

La différence n'apparaît que sur les débouchures; celles qu'on obtient avec les deux tôles superposées confirment bien la théorie que j'ai exposée.

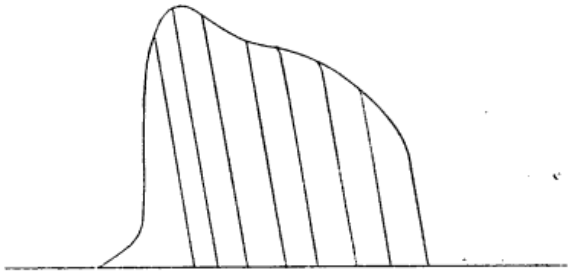


Fig. 86. — Diagrammes superposés des poinçonnages successifs subis par les deux morceaux de fer *superposés* poinçonnés comme en figure 85.

J'ai montré que, dans un poinçonnage habituel (fig. 87), la débouchure se rompt suivant un tronc de cône ABCD dans la partie inférieure, et suivant un cylindre EFGH dans la partie supérieure, et que la couronne de métal ECF et GDH, à section triangulaire, se détache sous la pression suivant le périmètre du trou dans la dernière période du poinçonnage. Dans le cas du poinçonnage effectué sur deux épaisseurs superposées (fig. 88) la couronne KCF et DLH doit se trouver isolée, puisqu'elle est détachée de la débouchure en CA et DB, KF

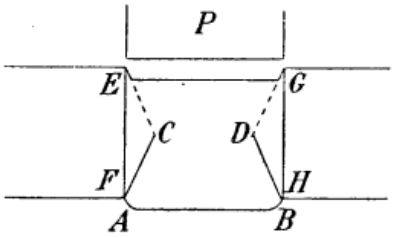


Fig. 87. — Schéma de la rupture de la débouchure dans le poinçonnage d'un morceau de fer.

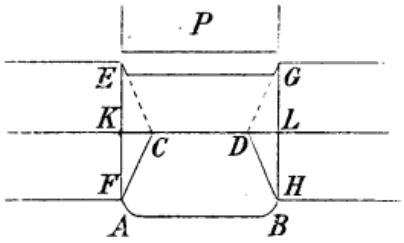


Fig. 88. — Schéma de la rupture de la débouchure dans le poinçonnage de deux morceaux de fer superposés.

et LH par la compression directe du poinçon agissant sur l'ensemble de la débouchure, et en KC et DL par le fait même de sa provenance du second morceau de métal.

Il résulte de là que la débouchure obtenue avec deux morceaux superposés doit se composer de trois parties distinctes : 1° la débouchure tronconique supérieure comprenant, outre le tronc de cône ECDG, une couronne annulaire EKC et GLD, qui fait corps avec lui et qui s'est trouvée comprimée en détachant la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

couronne inférieure KCF et DLH ; 2° cette couronne KCF et DLH complètement isolée, et 3° la débouchure inférieure franchement conique.

Les figures 89, 90, 91, 92 et 93 montrent les photographies de ces diverses

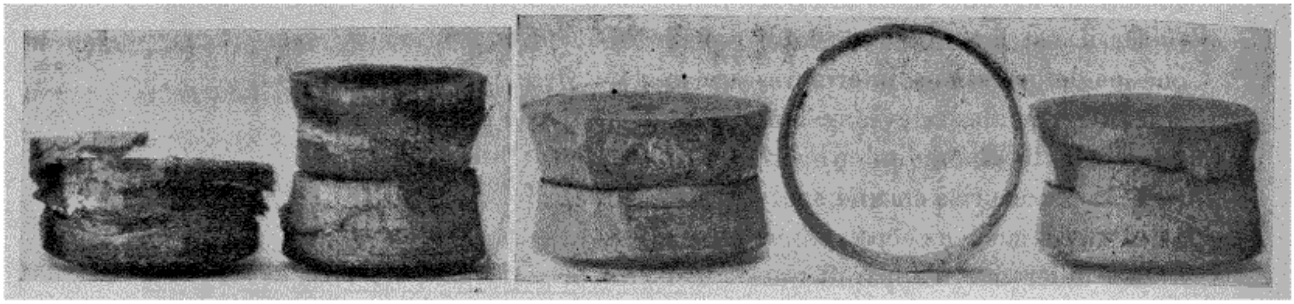


Fig. 89, 90, 91, 92, 93. — Photographies des diverses parties d'une débouchure provenant du poinçonnage de deux barres *superposées* d'un métal *très* ductile.

parties ; les figures 90 et 91 montrent chacune les deux débouchures isolées, la figure 92, la couronne isolée en forme de bague.

La figure 93 donne la vue d'ensemble montrant l'adaptation de cette bague sur les deux débouchures superposées. La figure 89 montre la débouchure inférieure et la bague qui s'en détache.

Quand le métal a peu de ductilité, au lieu d'une couronne formant collerette, il s'en produit plusieurs qui sont superposées ; le phénomène reste le même comme

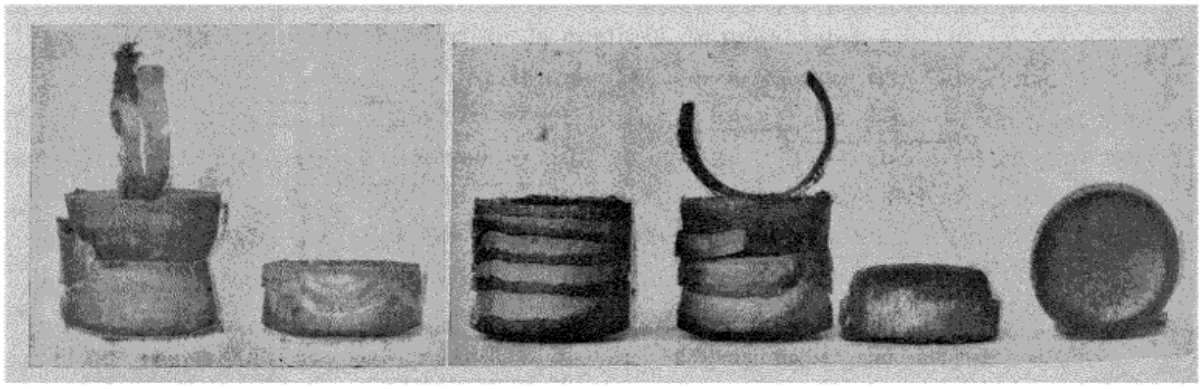


Fig. 94, 95, 96, 97, 98, 99. — Photographies des diverses parties d'une débouchure provenant du poinçonnage de deux barres *superposées* d'un métal *peu* ductile.

principe, mais on voit alors plusieurs bagues isolées provenant d'éprouvettes coniques superposées. Les figures 94 à 99 montrent ce même phénomène sous une forme plus complexe. La figure 96 est la photographie de la débouchure telle qu'elle apparaît à la sortie du trou. Les figures 96 et 97 sont les photographies de deux débouchures semblables ; dans la seconde, une des bagues, détachée en partie et posée sur la débouchure, montre à nu l'emplacement dont elle pro-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vient; la figure 98 est la débouchure supérieure retournée; la figure 99 représente la débouchure inférieure montrant sa face emboutie par la débouchure précédente.

La figure 95 est la photographie d'une débouchure ordinaire provenant d'un seul morceau de 7 millimètres d'épaisseur.

De l'effet du jeu dans la matrice.

Dans les essais précédents, j'ai supposé le cas habituel du poinçonnage, dans lequel la matrice est d'un diamètre très peu supérieur à celui du poinçon, c'est-à-dire que le jeu laissé entre les deux outils est aussi petit que possible, de sorte que le trou poinçonné est presque cylindrique.

Si, au contraire, ce jeu est plus considérable, si le diamètre de la matrice est sensiblement plus grand que celui du poinçon, la débouchure prend une forme tronconique, dont les dimensions sont déterminées par celles des deux outils : la base du tronc de cône présente le diamètre de la matrice et le sommet, c'est-à-dire la partie supérieure de la débouchure, présente le diamètre du poinçon.

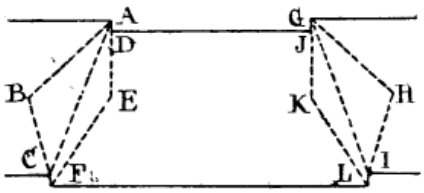


Fig. 100. — Schéma de la zone des déformations intérieures dans le poinçonnage conique.

Il se forme des éprouvettes comme précédemment, mais la grande diagonale AC du losange ABCDEF s'incline alors par rapport à l'axe du trou, puisqu'elle est une génératrice du cône. Les points D et J ne sont pas déplacés, mais les points E et K vont s'écarter, et les lignes DE et JK vont tendre au parallélisme (fig. 100).

Les figures 101, 102, 103 et 104 montrent les déformations subies par une même barre de métal de 16 millimètres d'épaisseur, poinçonnées partiellement et successivement avec un même poinçon de 20 millimètres de diamètre, mais avec des matrices ayant respectivement les diamètres de 20^{mm},5, 21, 22, 25 millimètres.

Les diagrammes 105, 106, 107 et 108 donnent la distribution des efforts de chacun des coups de poinçon.

Les figures 109, 110, 111 et 112 montrent les photographies des débouchures obtenues dans cette barre de fer de 16 millimètres d'épaisseur, en poinçonnant avec chacune des matrices, de diamètre différent.

Les figures 113, 114, 115 et 116 reproduisent les photographies de poinçonnages semblables, effectués sur du cuivre rouge de 15 millimètres d'épaisseur; la ductilité du métal est plus grande, il y a moins de collerettes que dans les débouchures précédentes, mais les déformations restent semblables.

Il est facile de remarquer que, pour un même métal, l'importance des colle-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

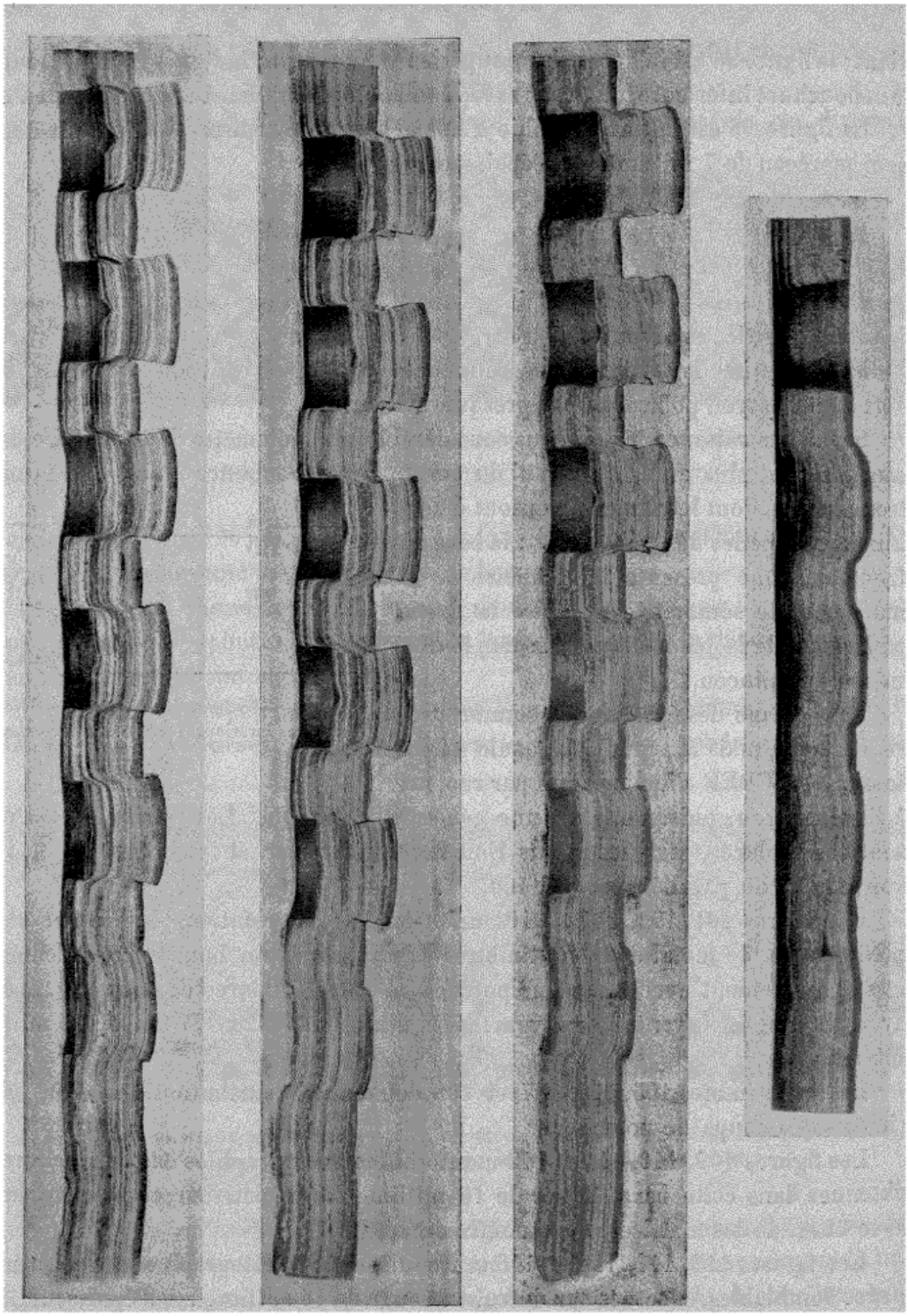


Fig. 101, 102, 103, 104. — Poinçonnages avec le même poinçon, montrant les différents phénomène qui se produisent quand le jeu dans la matrice, d'abord nul, va en augmentant.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rettes diminue à mesure que le jeu dans la matrice augmente ; si ce jeu est faible,

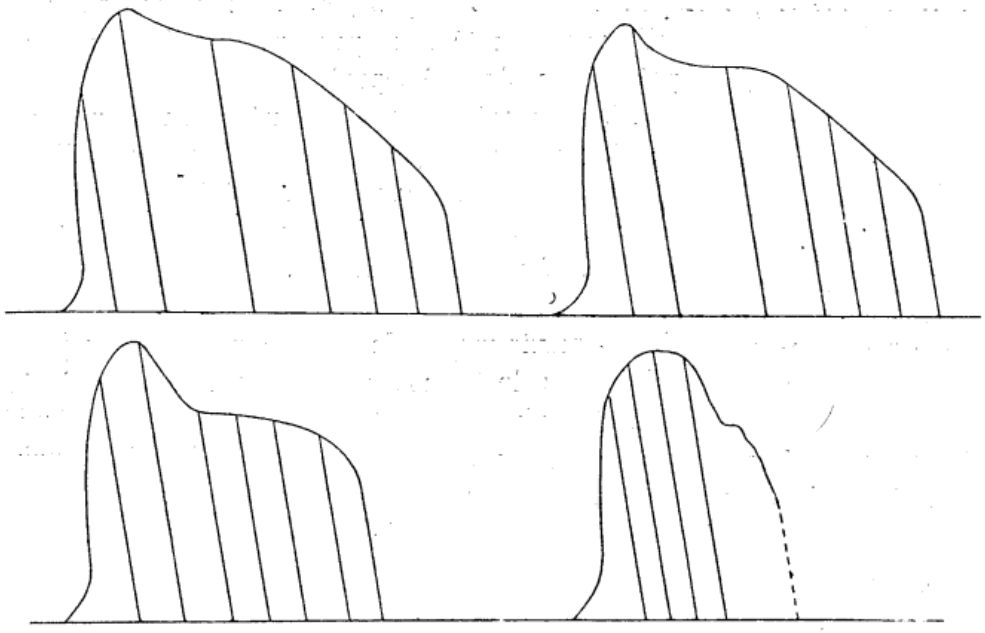


Fig. 105, 106, 107, 108. — Diagrammes donnant la distribution des efforts dans chacun des poinçonnages représentés dans les figures 101, 102, 103, 104.

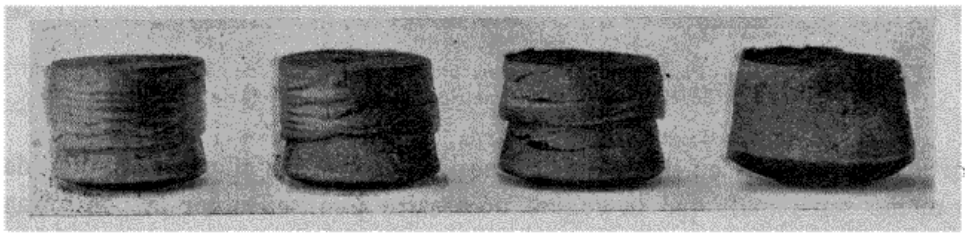


Fig. 109, 110, 111, 112. — Photographies des débouchures obtenues dans les poinçonnages de fer représentés figures 101 à 104.

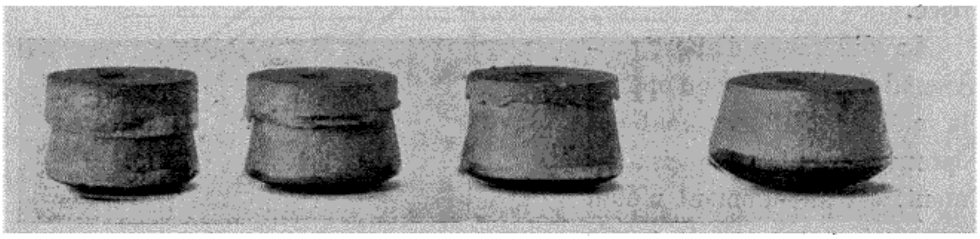


Fig. 113, 114, 115, 116. — Photographies des débouchures obtenues dans des poinçonnages semblables aux précédents, mais dans du cuivre.

la collerette est d'autant plus prononcée ; avec un jeu égal environ au quart de l'épaisseur du métal, la collerette disparaît.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Si le jeu de la matrice est mal réparti, c'est-à-dire si l'axe de la matrice n'est pas situé dans le prolongement de l'axe du poinçon, la débouchure porte une collerette du côté correspondant au faible jeu, et n'en présente pas du côté opposé.

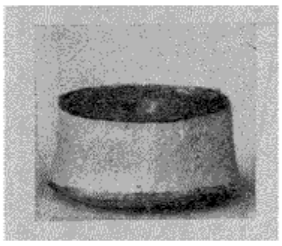


Fig. 117. — Photographie d'une débouchure obtenue sans collerette grâce à un jeu de matrice suffisant.

Ainsi un poinçonnage effectué avec un jeu dans la matrice suffisant a donné la débouchure sans collerette (photographie, 117). La matrice, légèrement déplacée latéralement, a donné les débouchures 118, 119 et 120, avec une fraction de collerette.

Si l'on considère les diagrammes, on constate que l'effort maximum est le plus grand quand le jeu est minimum; ainsi dans les diagrammes figures 105 à 108, l'effort maximum est 39 millimètres, 38, 36 et 35 millimètres, la différence entre les deux valeurs extrêmes atteint ainsi environ 10 p. 100 de l'effort maximum. Les diagrammes superposés (fig. 121) font ressortir cette différence; ils montrent aussi que les autres efforts diminuent dans le même sens, mais que la course nécessaire pour effectuer le poinçonnage proprement dit augmente au contraire avec le jeu de la matrice.

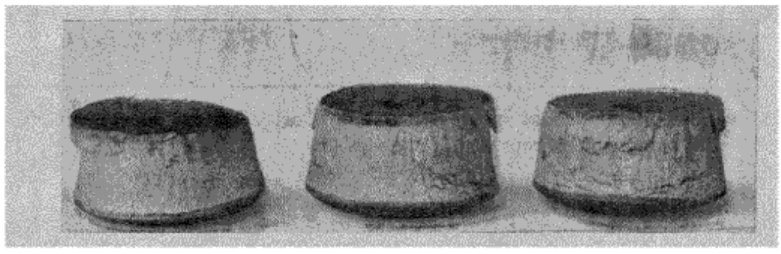


Fig. 118, 119, 120. — Photographies de débouchures avec fractions de collerettes obtenues en déplaçant légèrement la même matrice par rapport à l'axe du poinçon.

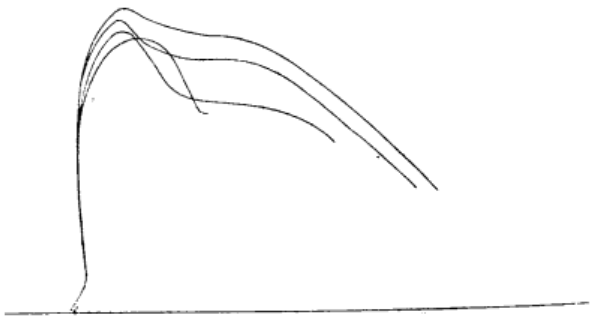


Fig. 121. — Superposition des diagrammes fig. 105 à 108.

La différence d'effort provient de la résistance qu'oppose le métal à l'allongement des éprouvettes; dans le cisaillement, cet allongement n'était pas gêné, parce que la partie détachée pouvait s'écarter dans le plan même de la barre, et qu'elle n'était pas contre-butée; nous avons vu que le poinçonnage ne diffère du cisaillement que parce qu'il y a contre-butée.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Quand cette contre-butée cesse, ou du moins diminue sensiblement, comme dans le cas d'un poinçonnage au bord d'une barre, la partie latérale peut s'écarter, et, immédiatement, le diagramme accuse une diminution sensible des efforts.

Le diagramme figure 122 montre bien cette différence, il est obtenu en poinçonnant la barre qui a déjà donné le diagramme figure 105, mais cette fois au bord de la barre. L'allongement a pu s'effectuer, l'abscisse est plus longue, mais

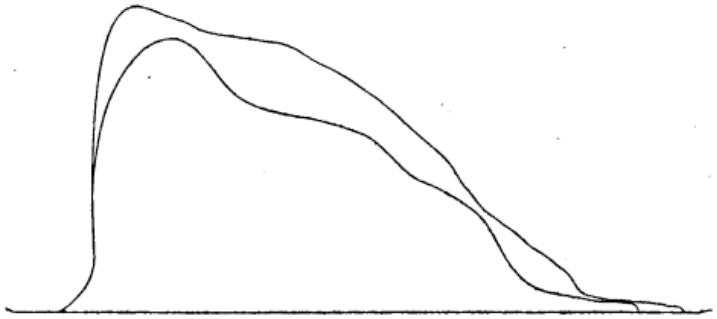


Fig. 122. — Diagrammes d'un même poinçonnage au milieu et au bord d'une barre de fer.

l'ordonnée est moins élevée; et si l'on compare ce dernier diagramme avec celui de la figure 108 cas du jeu maximum, on voit immédiatement (figure 123) que la différence est peu sensible.

Ces explications et l'inspection des photographies fig. 101 à 104 montrent que la débouchure, ayant la forme d'un double tronc de cône, ne peut sortir que

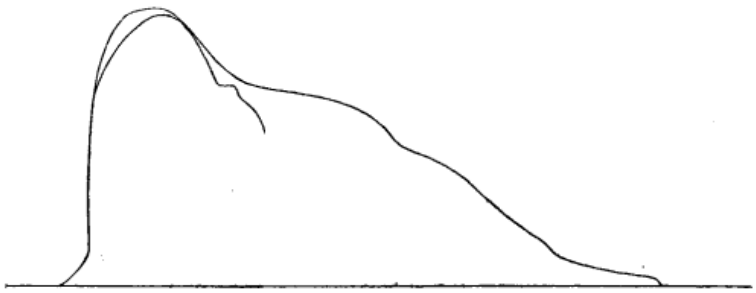


Fig. 123. — Diagrammes de deux poinçonnages, 1° au milieu d'une barre, avec un jeu *maximum* dans la matrice et 2°, au bord de la barre, avec un jeu *minimum* dans la matrice.

si l'ouverture inférieure du trou, du côté de la matrice, est sensiblement plus grande que le diamètre du poinçon.

Quand le jeu est insuffisant, il se produit à la partie inférieure du trou une forte compression latérale. C'est cette compression latérale qui augmente l'effort du poinçonnage et provoque :

1° Le cintrage du métal sous l'effet du poinçonnage (figure 124);

2° Les gonflements et les déchirures dans les fers;

3° La fissilité dans les aciers.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans des essais antérieurs, je n'avais pas exagéré suffisamment ce jeu dans la matrice; pour une épaisseur de métal de 25 millimètres avec un poinçon de 35 millimètres de diamètre, je n'avais pas cru devoir donner plus de 4 millimètres de jeu, ce qui est considéré comme un maximum dans la pratique industrielle; j'avais encore obtenu la collerette moins forte il est vrai, et j'avais cru, à l'inspection des diagrammes, pouvoir conclure que l'effort maximum ne variait pas sensiblement avec le jeu de matrice; or c'est une erreur qui provenait de ce que je n'avais pas poussé les essais assez loin.

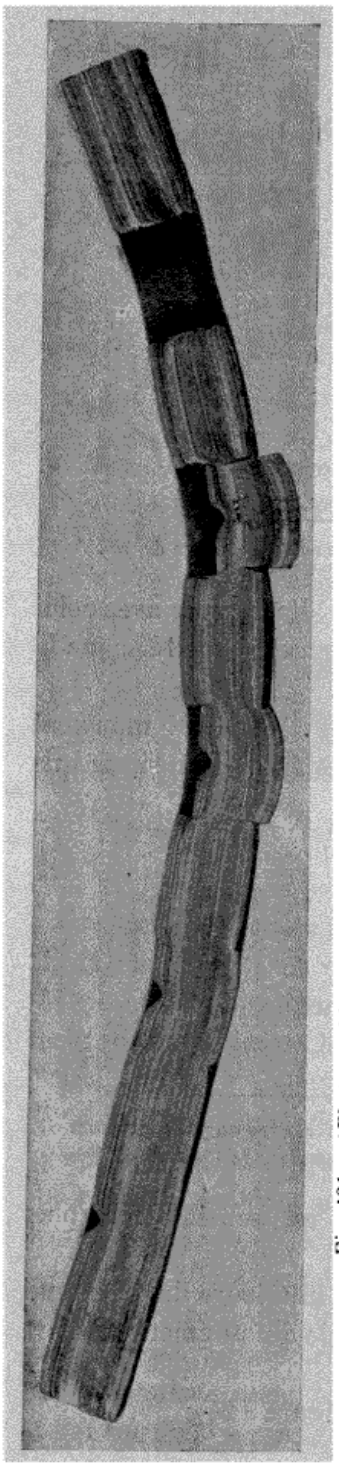


Fig. 124. — Photographie montrant le cintrage d'une barre de fer par le fait de poinçonnages contigus.

Déformations de la débouchure dans son épaisseur.

Après avoir ainsi donné l'explication des déformations affectant la débouchure sur le pourtour, il me reste à expliquer celles qui en affectent l'épaisseur.

Ainsi que nous l'avons vu dans l'étude du cisaillement, l'écrasement que subit la face attaquée sous la pression de la lame, et de même l'affaissement que provoque la traction des éprouvettes sur l'autre face, agissent pour réduire l'épaisseur E′, qui prend par suite, dans la partie rompue (fig. 125), une valeur moindre de celle qu'elle présente dans les autres points.

Nous avons vu aussi que cet affaissement par entraînement reste le même en A pour chaque face lorsque la largeur de la barre est elle-même constante, mais que l'affaissement augmente sur la face dont la largeur est la moindre.

Dans le poinçonnage, le phénomène reste analogue; l'écrasement, que subit le métal sous la pression du poinçon P (fig. 126) et, par réaction, sur la matrice M, ainsi que l'affaissement provoqué en A et en B par entraînement du métal au moment de la traction des éprouvettes voisines des faces du métal, ont pour effet de réduire également l'épaisseur de la débouchure en E′.

Quand on examine les figures 75, 85, 101, 102, 103 et 104, on remarque

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

que l'affaissement de la proue de la débouchure en B, figure 126, est plus grand que l'affaissement du bord du trou en A.

Cette figure 126 est le schéma d'une coupe verticale prise au début de poinçonnage. Si nous examinons le schéma de la projection horizontale du morceau poinçonné (fig. 127) nous voyons que la résistance des fibres est variable s'il s'agit d'une tôle de fer par exemple; ainsi la résistance en long, suivant la flèche L, est supérieure à la résistance en travers suivant la flèche T; s'il s'agit d'un métal homogène comme du cuivre, de l'acier, les deux résistances seront égales.

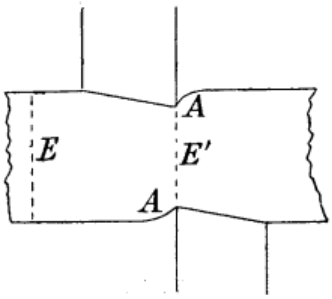


Fig. 125. — Schéma de la déformation en épaisseur par suite de cisaillement.

Si l'on suppose maintenant que chaque éprouvette soit divisée en quatre secteurs O,H,R,K, on verra immédiatement que, dans la traction, les deux secteurs opposés, O et R, opposeront la résistance *en long*, et que les deux autres secteurs opposés, H et K, résisteront moins que les précédents, puisque la traction se fera sur les fibres *en travers*.

Or, chaque éprouvette aura, dans la partie comprimée par le poinçon, une section de résistance moindre, à épaisseur égale, que dans la partie correspondante extérieure, parce que cette dernière possède une surface plus grande ; les éprouvettes O, H, R, K ont donc une résistance à la traction moindre que les attaches O',H',R',K', et la différence est d'autant plus grande que les éprouvettes ont un diamètre plus faible. L'allongement se fera plus facilement en B qu'en A,

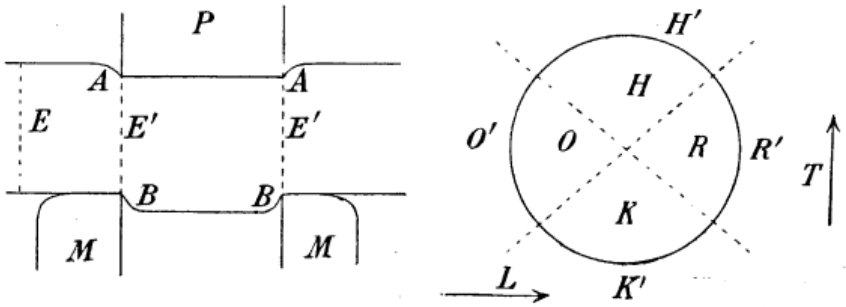


Fig. 126, 127. — Schémas de la déformation d'une débouchure dans son épaisseur.

et, n'était l'excès même de résistance occasionné par la pression du poinçon P, l'affaissement en A serait presque nul, tandis que l'affaissement en B se trouve encore augmenté par l'excès de résistance occasionnée par la pression du métal sur la matrice.

Quand, pour un métal de faible ductilité, la différence de résistance à la traction est sensible dans les efforts en long ou en travers, une rupture se produit

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

suivant une ligne droite vers le milieu de la proue de la débouchure ; les photographies 128 à 133 montrent cet accident.

La débouchure indique clairement le sens des fibres en long et en travers.

Le bord B de la proue est inégalement affaissé, le métal s'est allongé dans le

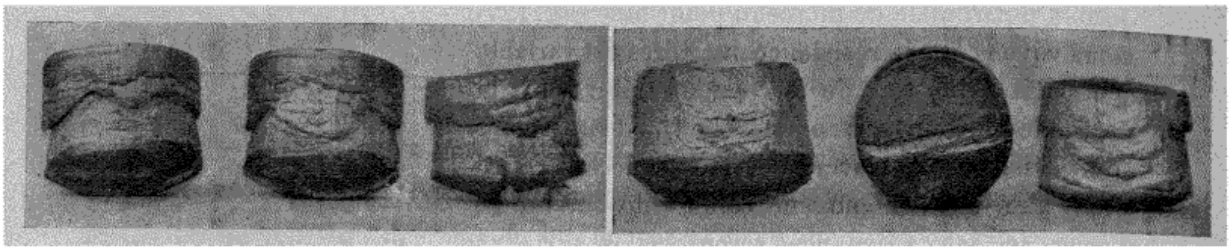


Fig. 128, 129, 130, 131, 132, 133. — Photographies de débouchures montrant les déformations latérales.

sens en long ; mais, dans le sens en travers, la rupture de la proue n'a pas permis cet allongement.

Quand le métal est de faible ductilité, mais que la résistance est à peu près la même en long et en travers, une rupture se produit à la proue de la débouchure, non plus suivant une ligne droite, mais parallèlement à la paroi cisaillée (phot. 134 et 135).

Le bord B de la proue est alors à peu près également affaissé sur tout le pourtour.

Quand le métal possède une ductilité suffisante pour subir l'allongement, il n'apparaît plus de cassure sur la proue de la débouchure, celle-ci est bombée, et

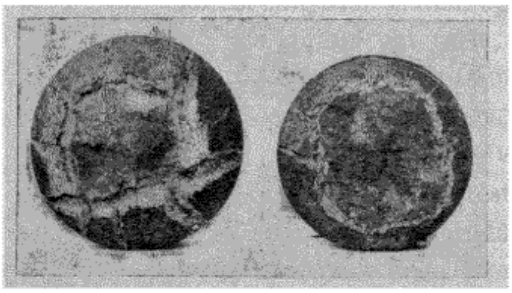


Fig. 134, 135. — Photographies de proues de débouchures obtenues dans du fer peu mais également ductile dans les sens en long et en travers de la barre.

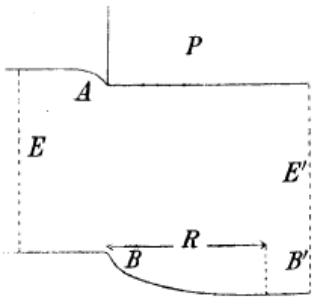


Fig. 136. — Schéma de la déformation en épaisseur de la débouchure.

cette forme est d'autant plus accentuée que le métal est plus ductile, que le jeu dans la matrice est plus grand, et que la barre est plus épaisse ; la zone d'affaissement varie donc avec ces divers éléments.

Or, cette zone étant déterminée, par exemple de B en B′ suivant une couronne de largeur R (fig. 136), l'épaisseur de la débouchure en E′, au delà de cette zone, sera égale à l'épaisseur E de la barre poinçonnée ; mais il est clair que cette

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

épaisseur ne pourra être conservée que si la couronne R est moindre que celle du poinçon P.

Il faut donc, pour que la débouchure ait en son milieu une hauteur égale à l'épaisseur de la barre primitive, que le poinçon ait un diamètre suffisant pour

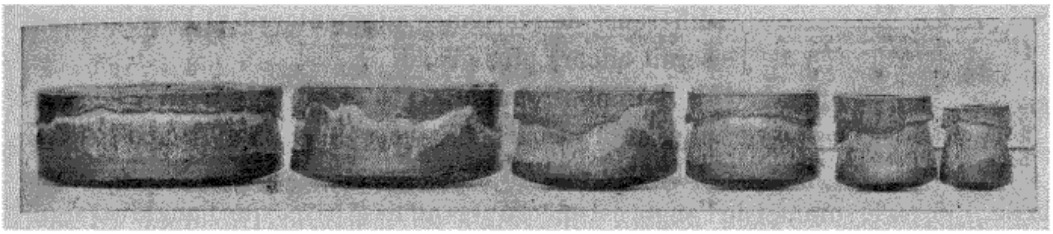


Fig. 137, 138, 139, 140, 141, 142. — Photographies montrant la déformation de la débouchure en épaisseur.

être plus grand que la zone d'affaissement ; les photographies 137 à 142 montrent que les débouchures provenant de divers poinçonnages, à différents diamètres, d'une même feuille de cuivre de 15 millimètres d'épaisseur, n'ont été moins épaisses au milieu que pour des poinçonnages de 10 millimètres de diamètre dont la débouchure n'a plus que $12^{mm},5$ (fig. 142), au lieu de 15; pour 15 millimètres de diamètre, la débouchure a déjà $14^{mm},5$ d'épaisseur (fig. 141).

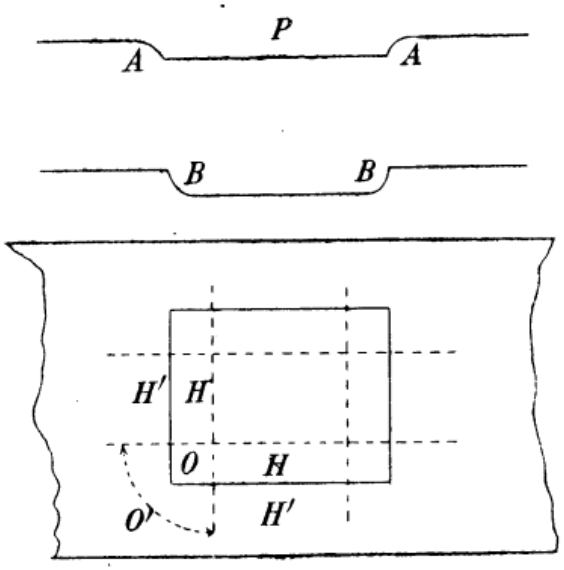


Fig. 143, 144. — Schéma de la déformation en épaisseur de la débouchure provenant d'un poinçonnage carré.

Quand, au lieu d'une section circulaire, le poinçon présente une forme différente, carrée, oblongue, etc., la débouchure présente elle-même une zone d'affaissement irrégulière, pour une cause semblable à celle qui a été indiquée dans le cisaillement d'une barre de métal dont la surface tranchée n'est pas parallèle et semblable à celle dont elle est détachée.

Déformation en épaisseur d'une débouchure provenant d'un poinçonnage carré. — Soient (figure 143) la projection verticale d'une coupe d'un poinçonnage carré, et (figure 144) la projection horizontale de ce même poinçonnage. Le tracé pointillé indique la limite de la zone d'affaissement de la débouchure.

Les parties H et H' ont même largeur, même surface, de même que, dans le cisaillement d'une barre de largeur constante, l'affaissement est parallèle à la face

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

supérieure de la barre ; mais, dans la partie angulaire O la contre-partie O′ a une surface beaucoup plus grande, et la différence de résistance sera d'autant plus grande qu'on approchera du sommet de l'angle ; l'affaissement sera donc aussi plus grand, et, si cet angle devenait plus aigu (fig. 145), la différence de résistance augmenterait et l'affaissement serait encore plus grand.

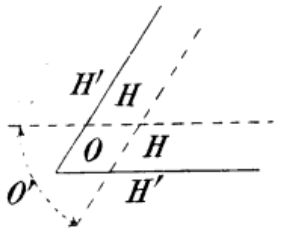


Fig. 145. — Schéma de la déformation quand l'angle d'abord droit devient aigu.

Les photographies 146 et 148 montrent les débouchures provenant d'un trou carré, et la figure 147 une débouchure d'un trou à argot de la forme indiquée par la fig. 150, où le sommet de l'angle est encore plus affaissé parce que l'angle est aigu.

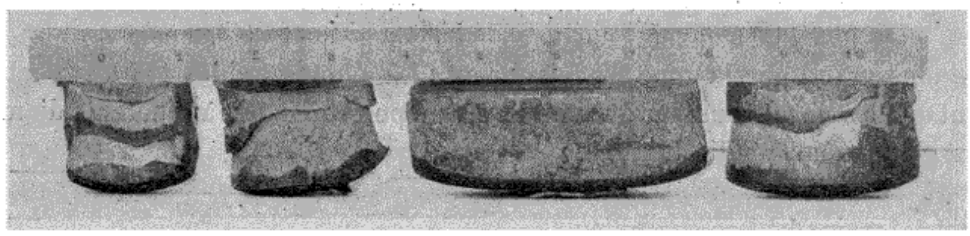


Fig. 146, 147, 148, 149. — Photographies montrant la déformation en épaisseur des débouchures provenant de poinçonnages carrés oblong et rond.

Les bords du trou subissent un affaissement d'une intensité opposée à celle de la proue de la débouchure.

L'angle O′ est moins affaissé que la partie H′.

Dans le trou à argot, le métal est moins affaissé autour de l'angle aigu qu'autour de la partie circulaire ; et, dans le trou carré, le métal est moins affaissé aux angles qu'au milieu du bord.

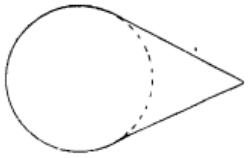


Fig. 150. — Schéma d'un trou rond avec argot.

Comparaison de l'effort de rupture par traction avec les efforts maxima nécessaires pour obtenir soit, le cisaillement soit le poinçonnage du même métal.

Les opérations du cisaillement et du poinçonnage constituant des phénomènes de traction, il semble que la résistance nécessaire pour obtenir la rupture devrait être la même dans ces trois opérations.

Il n'en est cependant pas ainsi, et la considération de la différence de longueur des éprouvettes intéressées explique l'infériorité des coefficients de cisaillement et de poinçonnage par rapport à la résistance à la traction ; infériorité depuis longtemps constatée ; en effet, les plus petites éprouvettes sont rompues pendant que les grandes résistent encore.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

J'ai cherché à déterminer le rapport des efforts de cisaillement et de poinçonnage en utilisant d'abord le poinçon carré qui m'avait servi pour l'étude du cisaillement double.

Mes essais ont porté sur du cuivre rouge de 15 millimètres d'épaisseur et sur une tôle d'acier de 9 millimètres; j'ai d'abord poinçonné avec le poinçon carré de 35 millimètres de côté et la matrice de $35^{mm},5$, le jeu étant minimum.

J'ai découpé ensuite, dans les mêmes feuilles de métal, des bandes de 35 millimètres de large, et j'en ai effectué le cisaillement double; la surface tranchée est de quatre fois 35 millimètres dans le poinçonnage carré, et de deux fois 35 millimètres dans le cisaillement.

En doublant l'ordonnée du diagramme obtenu dans ce cisaillement, et en comparant ce produit à l'ordonnée du poinçonnage, on trouve le rapport cherché.

Celui-ci est représenté respectivement par les chiffres : 40 pour le cisaillement et 45 pour le poinçonnage effectué avec jeu minimum dans la matrice. Mais, comme je l'ai dit, l'effort pour le poinçonnage diminue quand le jeu dans la matrice va en augmentant ; cet effort tend donc à se rapprocher de celui du cisaillement.

Pour connaître le rapport de l'effort de poinçonnage à l'effort de rupture par la traction, j'ai eu recours à l'obligeance de M. G. Charpy, ingénieur du Laboratoire central de la Marine, qui a bien voulu effectuer une série d'essais sur divers métaux, laitons, cuivre, aciers, dont les résultats sont contenus dans le tableau suivant :

ESSAIS DE POINÇONNAGE ET DE TRACTION EFFECTUÉS EN VUE DE DONNER LE RAPPORT DE L'EFFORT DU POINÇONNAGE A CELUI DE LA TRACTION

Le poinçon a 25 millimètres de diamètre la matrice $25^{mm},6$, le périmètre découpé environ 80 millimètres.

MÉTAUX.	ÉPAISSEUR.	SURFACE TRANCHÉE.	EFFORT DE RUPTURE AU POINÇONNAGE.		RUPTURE A LA TRACTION.	RAPPORT.
			TOTAL.	PAR MILLIM. CARRÉ.		
			Kil.	Kil.	Kil.	
Laiton A. . .	10	800	16 900	21	31	0,68
Cuivre rouge.	10	800	12 200	15,25	21,50	0,70
Laiton B. . .	5,7	456	8 950	19,50	30	0,65
— C. . .	7,2	576	12 500	21,60	30	0,72
— D. . .	11	880	18 000	20,40	30	0,68
— E. . .	11,2	896	18 500	20,60	30	0,69
Acier A. . .	6	480	30 000	62,50	87	0,71
— B. . .	6	480	27 000	56,20	78,7	0:71
— C. . .	6	480	23 400	48,70	66	0,73
— D. . .	6	480	22 100	46	61,3	0,74
— E. . .	6	480	20 200	42	56,6	0,74

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le rapport des résistances au poinçonnage et à la traction ainsi déterminé, atteint environ 0,70. Mais il est facile de constater, à l'inspection de ce tableau, des divergences sensibles; ainsi, dans un même laiton de très bonne qualité, ce rapport varie de 0,65 à 0,72.

Les rapports que j'indique ne sont donc que des approximations, il est probable que les coefficients varient aussi avec la ductilité du métal. Il serait donc du plus haut intérêt d'exécuter à nouveau des expériences comparatives avec des métaux présentant des résistances et des allongements très différents, mais ces expériences devraient évidemment être très nombreuses, et exigeraient en outre des instruments de précision absolue.

Cause de la détérioration du métal par le poinçonnage et le cisaillement.

On sait depuis longtemps que le perçage des trous, au moyen de poinçon, altère la qualité du métal, tandis que le forage à la mèche ne produit pas d'effets analogues.

La cause de cette détérioration est due à l'*écrouissage*.

Le cisaillement et le poinçonnage étant des phénomènes de *traction*, il est

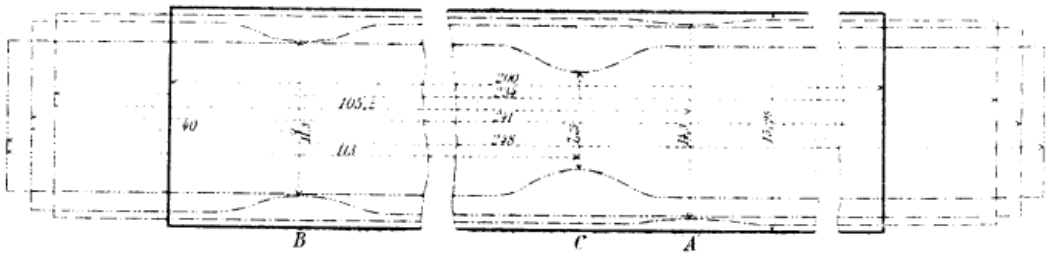


Fig. 151. — Éprouvette ayant subi plusieurs essais de traction.

évident que ces deux opérations doivent entraîner, dans la qualité du métal, les mêmes transformations que provoque la traction.

Or, il est admis que la traction produit l'écrouissage, que la limite d'élasticité et la résistance à la rupture sont augmentées et l'allongement diminué.

Une expérience très caractéristique, que M. Mauclère, directeur des ateliers de la Compagnie des Omnibus à Paris pratiqua en 1885, doit être rappelée à ce sujet (fig. 151).

Une éprouvette cylindrique, de 15mm,95 de diamètre (section : 2 cent. carrés), est soumise à une traction jusqu'à l'apparition bien nette d'une striction; l'éprouvette est remise sur le tour et réduite en un nouveau cylindre de diamètre inférieur à la striction.

Un second essai semblable au précédent amène une seconde striction, mais

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

non plus au même emplacement qu'occupait la première, contrairement à l'attente générale. L'éprouvette remise sur le tour, de façon à en diminuer le diamètre jusqu'à disparition des traces de la seconde striction, est essayée à nouveau, et une troisième striction apparaît encore dans un nouvel emplacement, différent des deux premiers.

La figure 151 donne le tracé de cette éprouvette dans ses différents états.

Il est facile d'expliquer ce phénomène Dans la partie de l'éprouvette où s'est déclarée la striction, il y a eu écrouissage, la résistance à la rupture, par millimètre carré, a augmenté, et l'allongement a diminué ; si la traction avait continué sans qu'on eût retouché l'éprouvette, il est probable que la rupture se serait produite en ce point, en raison de la réduction de la section (celle-ci se trouvait, en effet, ramenée à 165 millimètres carrés, tandis qu'elle atteignait 200 millimètres carrés sur le reste de la longueur), l'augmentation de résistance par millimètre carré n'aurait probablement pas été suffisante pour compenser l'affaiblissement dû à cette réduction de la section. Mais, dès qu'elle eut été ramenée sur toute son étendue, par passage au tour, à la section réduite, cette éprouvette devait résister plus facilement dans la région affectée antérieurement par la striction, puisque cette région ainsi écrouie présentait une résistance plus grande.

J'invoquerai à ce sujet une expérience pratique des plus intéressantes. Lorsqu'un câble métallique comportant un grand nombre de fils d'un faible diamètre, est mis en service, il subit une traction qui fait rompre souvent, dès le début, une certaine quantité de ces fils ; soumis à l'essai de traction, il se rompt alors sous une charge relativement faible ; mais, après un certain temps de travail, on constate ce phénomène, singulier au premier abord : que le câble peut supporter un effort plus considérable qu'au début, malgré la rupture intérieure d'une certaine quantité de fils ou fibres élémentaires.

L'explication est la même que précédemment : les fils qui ont subsisté dans ce câble ont été écrouis par leur traction en marche, ils ont acquis une augmentation de résistance, et le produit de cette nouvelle résistance par la section effective (c'est-à-dire la section apparente diminuée de la section des fibres rompus) est plus grand que le produit de la résistance primitive par la section totale des fibres.

On peut donc en général, admettre la formation de fissures intermoléculaires dans la striction, le cas du câble en est une preuve frappante, et ne pas écarter cependant la possibilité d'augmentation de résistance, malgré la formation de ces fissures.

La zone de métal altérée dans le poinçonnage se trouve ainsi avoir subi les mêmes changements de qualité que la région de l'éprouvette affectée par la striction, et l'effet de cet écrouissage est manifeste dans les essais de pliage de tôles d'acier poinçonnées. Si le pliage est effectué au point où le trou a été poin-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

çonné, on constate que l'éprouvette se brise dès que le pliage atteint un angle plus faible que si le trou était foré.

De même, si l'on examine une barre poinçonnée et rompue par traction.

En effet, dans ce dernier cas, la forme de la cassure prouve que les fibres centrales (fig. 152) se sont allongées moins que les autres, et indique une rupture commencée par le centre.

En résumé (1), le métal ne peut se plier aussi facilement que dans une région voisine forée; il apparaît des criques, et si le pliage est continué, la rupture se fait dès que la flexion a atteint un angle relativement faible.

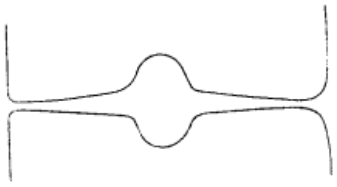


Fig. 152. — Forme de la cassure dans la traction d'une barre poinçonnée.

Dans le poinçonnage, comme je l'ai expliqué, lorsque le trou est cylindrique, la débouchure est obligée, pour sortir, d'agrandir son passage en dilatant le métal, c'est ce qui produit le cintrage de la tôle; or, le métal écroui n'a qu'un allongement faible, et d'autant plus réduit que l'écrouissage est plus prononcé; on conçoit donc que, si cette dilatation forcée a dépassé la capacité d'allongement du métal écroui, elle ait provoqué des criqûres qui demeurent imperceptibles, car la zone concentrique et extérieure à la région altérée a conservé plus d'élasticité; elle a cédé momentanément, pendant que la région intérieure se fissurait, et elle a pu agir ensuite comme une frette, en resserrant assez le métal détérioré pour empêcher de laisser percevoir les traces de fissures.

Dans les trous poinçonnés coniques, le métal est moins altéré, il est écroui, mais il n'a pas été dilaté pour permettre le passage de la débouchure, qui a pu s'échapper sans gonfler le trou, la zone altérée n'a pas dépassé la limite de l'allongement dont elle est capable, et il ne s'est produit aucune crique.

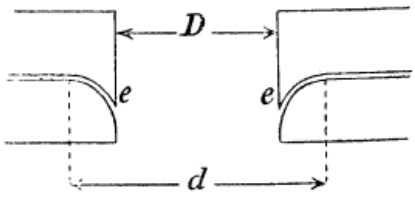


Fig. 153. — Schéma de la déformation de la zone écrouie dans le poinçonnage.

Il est utile de connaître l'épaisseur de cette zone écrouie; or, l'influence du cisaillement se fait sentir très loin, le mouvement vibratoire détermine à la surface les lignes que certains métallurgistes ont nommées lignes de Lüders, celles-ci apparaissent à une grande distance : 5, 10 centimètres et plus du bord tranché; mais il n'est pas douteux que la qualité du métal n'est pas altérée à une telle distance. Si l'on considère la fig. 31, on voit que les mises centrales des barres de fer ont été cintrées à une distance d'environ 1 centimètre de chaque côté du plan de coupe,

(1) *Annales des Ponts et Chaussées*. Avril 1885. Mémoire sur l'emploi de l'acier dans les constructions par M. Considère. — *Étude sur l'emploi de l'acier dans les constructions*, par M. J. Barba, 1875.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et ce chiffre réduit dépasse même encore la zone d'altération ; on sait, en effet, que ce n'est que sur une fort petite épaisseur que l'écrouissage produit ses effets.

Pour déterminer cette épaisseur, il suffit de poinçonner deux tôles superposées ; en écartant ensuite ces deux tôles, on observe (fig. 153), du côté des faces qui étaient en contact, une proéminence *e*, correspondant à un *infundibulum*, la zone influencée par le cintrage a pour diamètre *d*.

Ponr deux tôles de cuivre superposées de 15 millimètres d'épaisseur chacune, un trou de diamètre de 25 millimètres a donné, pour *d*, 48 millimètres.

Pour deux tôles d'acier de 9 millimètres, un trou de diamètre de 20 millimètres a donné $d = 30$ millimètres.

L'épaisseur de l'éprouvette *e* est de 1 millimètre à la partie la plus épaisse

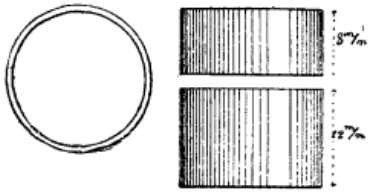


Fig. 154. — Bague obtenue par M. Barba. (vraie grandeur).

Fig. 155. Trou foré.

Fig. 156. Trou foré.

et se termine à la striction ; c'est cette éprouvette écrouie par la traction qui constitue la zone réellement altérée dans le poinçonnage.

Les intéressantes expériences de M. Barba ont d'ailleurs bien établi depuis longtemps cette faible épaisseur. Voici d'ailleurs ce qu'en dit cet habile expérimentateur.

Page 35 (1). — « Il était intéressant d'examiner spécialement cette zone. Dans ce but, des trous furent percés au même diamètre dans des tôles, de 8 et 12 millimètres, de Terre-Noire, les uns forés, d'autres poinçonnés et agrandis de 2 millimètres en diamètre. On enleva ensuite sur ces tôles toute la partie extérieure à la zone en question, et, en opérant avec précaution, à l'aide d'un tour, on put obtenir des bagues d'environ *un demi-millimètre d'épaisseur de matière* (fig. 154).

« En cherchant à aplatir ces bagues, on observa des résultats très différents. Les bagues avec trous forés purent être complètement aplaties au marteau sans criqûre (fig. 155) ; en cherchant à les ramener ensuite à leur forme primitive, une criqûre se manifesta aux extrémités (fig. 156).

« Les bagues avec trous poinçonnés agrandis subirent aussi bien la même épreuve (fig. 157), la première criqûre se manifesta quand on fut revenu à la forme fig. 158.

(1) *Étude sur l'emploi de l'acier dans les constructions*, par J. Barba, 1875, page 35.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

« Au point de vue de cette épreuve, les bagues obtenues de ces deux manières étaient donc dans les mêmes conditions.

« Quant aux bagues avec trous poinçonnés, il fallut exercer un *plus grand*

Fig. 157.
Trou poinçonné agrandi.

Fig. 158.
Trou poinçonné agrandi.

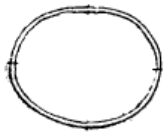


Fig. 159.
Trou poinçonné.

effort que sur les précédentes pour commencer à les aplatir; elles ne purent subir qu'une déformation insignifiante et des traces de criqûre se manifestèrent immédiatement (fig. 159).

« Les figures 160, 161 et 162 représentent quelques-unes de ces bagues après

Fig. 160.
Trou poinconné.

Fig. 161.
Trou poinçonné.

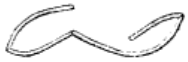


Fig. 162.
Trou poinçonné.

rupture complète; on peut observer que *chacun des fragments a toujours la forme d'un arc de cercle primitif.*

« On remarquera aussi que les dernières bagues se laissaient entamer à la lime plus difficilement que les précédentes, et rayaient un peu la tôle d'acier à

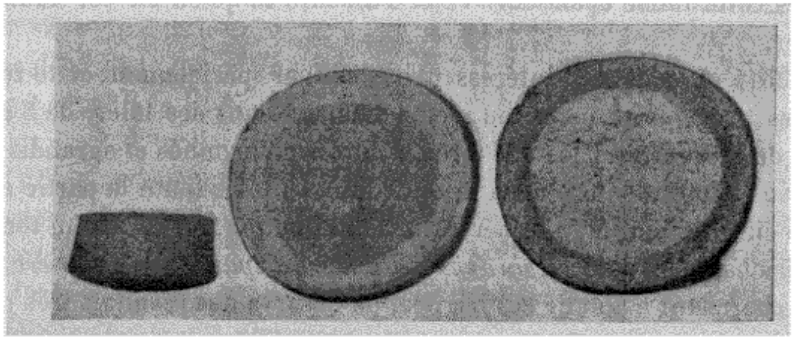


Fig. 163, 164, 165. — Photographies de la même débouchure aplatie pour montrer la zone brillante.

laquelle elles avaient appartenu; les bagues obtenues directement ou agrandies par le forage ne produisaient pas cet effet.

« Les débouchures de poinçon se comportaient à la lime comme le métal les environnant. »

Ces intéressants expériences, imaginées par un praticien d'une grande autorité, ne manquèrent pas d'appeler l'attention des ingénieurs spécialistes,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et elles eurent pour conséquence que, dans les travaux importants, le poinçonnage fut complètement proscrit, et la plupart des grandes administrations refusèrent de l'accepter autrement qu'en l'amendant par un alésage suffisant pour enlever cette zone de métal altérée.

J'ai cru utile d'insister sur cette faible épaisseur, et d'indiquer le moyen de la déterminer en poinçonnant deux tôles superposées, parce que j'ai vu, dans certains ateliers, des contrôleurs prendre une débouchure (fig. 163) et, après l'avoir écrasée, conclure que la zone brillante qui apparaît en forme de couronne à la partie extérieure de la rondelle écrasée (fig. 164) était la zone écrouie correspondant à une zone semblable autour du trou dont provient cette débouchure.

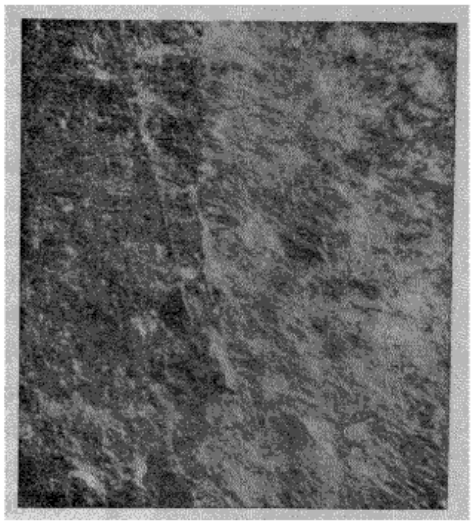


Fig. 166. — Photographie d'une vue au microscope des zones mate et brillante.

La figure 165 montre cette rondelle attaquée à l'acide, c'est la zone brillante qui a cédé à la morsure. La figure 166 est la photographie d'une vue au microscope montrant la texture des deux zones mate et brillante.

L'essai est effectué quelquefois sur une débouchure d'un plus grand diamètre

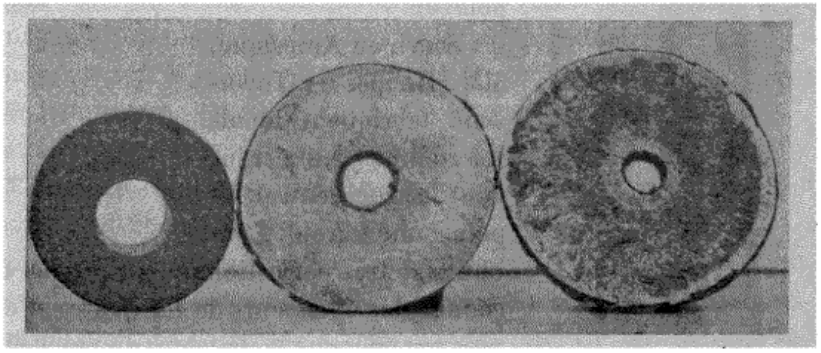


Fig. 167, 168, 169. — Photographies de la même rondelle aplatie pour montrer la zone brillante.

poinçonnée en son milieu (fig. 167), afin d'obtenir sur la même rondelle la zone du trou et celle de la débouchure. La débouchure aplatie donne ces deux zones (figures 168 et 169); mais il ne faut pas conclure que l'épaisseur de la zone réelle est la même que celle de la couronne brillante, car cette dernière est constituée en partie par la paroi latérale de la débouchure qui, en se gonflant par l'effet de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'écrasement, a changé son plan; celui-ci, d'abord vertical, est devenu horizontal.

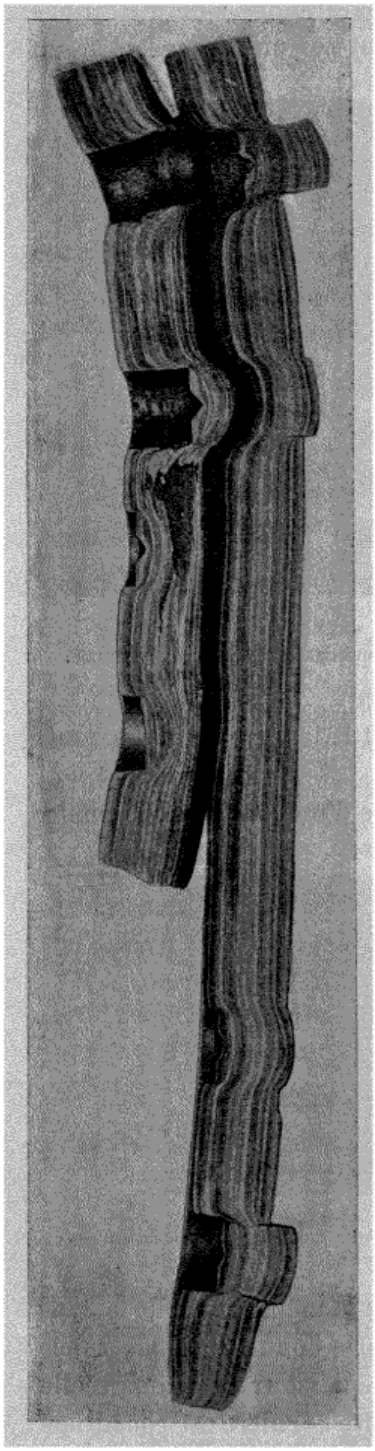


Fig. 170. — Photographie de poinçonnages d'une épaisseur de métal très supérieure au diamètre du poinçon.

Étude du poinçonnage et des déformations qui en résultent dans le cas d'une grande épaisseur de métal par rapport au diamètre du poinçon.

Dans la pratique industrielle, il est d'usage de ne pas poinçonner les fers dont l'épaisseur est supérieure au diamètre du poinçon parce qu'on a remarqué, qu'à la limite, c'est-à-dire lorsque l'épaisseur du fer est égale au diamètre du poinçon, ce dernier se détériore rapidement et souvent ne résiste pas suffisamment, mais il est évident que cela dépend de la qualité de l'acier et du soin apporté dans la fabrication du poinçon.

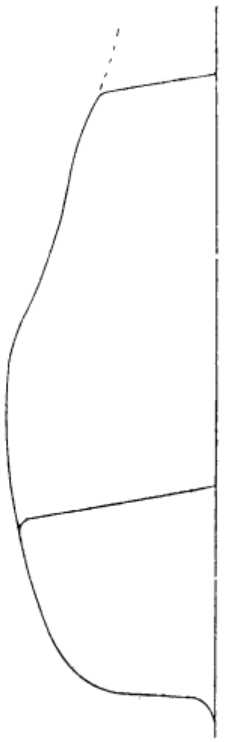


Fig. 171. — Diagramme du poinçonnage de la figure 170.

Ainsi, en Amérique, MM. Hoopes et Townsend fabriquent depuis longtemps des écrous dont le trou central est poinçonné à froid. Leur outillage très perfectionné leur permet de poinçonner des épaisseurs de fer quatre et cinq fois plus grandes que le diamètre du poinçon. Ainsi, un trou de 11 millimètres de diamètre a pu être facilement poinçonné à froid dans une barre de fer de 45 millimètres d'épaisseur, en donnant une débouchure de $17^{mm},5$ d'épaisseur.

Ne disposant pas d'un outillage aussi perfectionné, j'ai dû me contenter de réduire mes expériences, et j'ai poinçonné deux barres de fer de 30×14 superposées. Le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

poinçon de 12 millimètres de diamètre avait ainsi à déboucher une épaisseur de 28 millimètres.

La photographie figure 170 montre les déformations subies par ces barres de fer dans ce genre particulier de poinçonnage et le diagramme figure 171 est celui du travail dépensé pour obtenir le dernier trou ainsi poinçonné.

Emploi du poinçonnage et du cisaillement comme méthode d'essai des métaux.

Actuellement, la méthode d'essai de recette des métaux la plus en usage est l'épreuve de traction. Non pas qu'elle soit parfaite, car, suivant le rapport général (1) présenté au nom de la Commission des méthodes d'essai, il est constaté qu'elle ne répond pas toujours aux sacrifices qu'elle exige, les résultats qu'elle apporte n'ayant jamais la valeur absolue qu'on voudrait leur attribuer, ni au point de vue de la résistance observée, ni surtout à celui de l'allongement.

La résistance présente des variations importantes pouvant atteindre 15 à 20 p. 100 dans toute l'étendue de la longueur utile d'une même éprouvette.

Les allongements partiels, relevés après rupture sur des éprouvettes de différents tracés, donnent des variations plus accentuées encore.

Ces différences résultent nécessairement de l'hétérogénéité du métal, car l'allongement ne fait que manifester la désagrégation souvent irrégulière du métal constituant les barreaux rompus; cette désagrégation est plus ou moins générale, plus ou moins localisée, et il est difficile d'y voir un élément caractéristique du métal.

Sans parler des irrégularités locales, le métal considéré au point de vue théorique possède, dit M. Osmond, autant de coefficients mécaniques distincts qu'il a de structures superposées; dans chaque essai particulier, c'est le réseau qui offre le moins de résistance à l'effort considéré qui cède le premier en déterminant la rupture, et, dans les différents essais, ce n'est pas forcément le même réseau qui cède le plus.

Il reste établi, d'après ces observations, que les produits de qualité courante ne pouvant pas comporter une grande précision dans les essais, il ne convient pas, en un mot, de s'attacher à une observation trop minutieuse des résultats obtenus dans un essai individuel, puisqu'il subsiste toujours une indécision inévitable sur la valeur des essais moyens.

Malgré ce manque de précision à peu près inévitable, l'essai de traction des métaux a l'avantage de donner des résultats bien définis; par contre, il présente l'inconvénient d'être long et dispendieux, et il y aurait grand intérêt à disposer

(1) Commission des méthodes d'essai. Rapport général, t. Ier, p. 81.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'une méthode d'essai plus pratique et économique, surtout si elle pouvait donner des résultats aussi définis, dussent-ils être affectés du même défaut de précision.

C'est dans ce but que d'ingénieux chefs de fabrication ont utilisé l'opération industrielle du poinçonnage pour juger de la qualité de leurs produits par l'effort nécessaire pour poinçonner un trou dans le métal fabriqué.

Il y a une trentaine d'années, ce procédé était couramment employé à l'usine de Barrow in Furness en Lancashire, et M. Josiah Timmis Smith, l'Ingénieur de la Barrow Hœmatite C°, essayait les rails en acier Bessemer en mesurant la pression maximum exercée par le poinçonnage de chaque trou d'éclisse, ce qui renseignait sur la nature du métal constituant chacun des rails.

Dans une intéressante communication faite à la Société des Ingénieurs Civils de la Grande-Bretagne le 6 avril 1875 sur les rails en acier Bessemer (1), M. Smith, s'appuyant sur sa longue expérience, conclut que l'essai de traction habituel n'est pas satisfaisant et qu'il oblige au sacrifice d'un grand nombre de rails pour ne donner que des résultats douteux.

C'est en vue d'essayer individuellement chaque rail sans le détériorer qu'il a entrepris, dit-il, diverses expériences pensant bien que l'application d'une telle méthode d'essai applicable aux rails le serait aussi aux autres pièces d'acier.

Il ajoute que, s'il était possible de connaître la dureté de l'acier, toutes les autres propriétés pourraient se déduire de celle-ci comme fonctions de cette résistance, et c'est pourquoi, la force nécessaire pour effectuer le poinçonnage des trous d'éclisse dans les rails étant enregistrée par la poinçonneuse, on obtiendrait l'indication des qualités réelles de l'acier.

L'expérience a démontré que l'effort nécessaire pour poinçonner est proportionnel à l'épaisseur du métal. Pour un trou de 7/8 de pouce de diamètre, il faut développer un effort de 8 tonnes environ par 1/8 de pouce (soit $37^{kg},250$ par millimètre carré de surface tranchée).

On sait, d'autre part, que la zone détériorée par le poinçonnage d'un acier n'ayant pas une résistance à la traction supérieure à 48 kilos par millimètre carré n'a pas plus de 2 millimètres d'épaisseur.

Il s'ensuit, qu'en poinçonnant le trou d'éclisse avec un poinçon plus petit que le diamètre définitif, et en alésant ensuite le trou, l'acier n'est pas plus détérioré que s'il était directement foré.

La « Barrow Hœmatite C° » a pu livrer plus de 100 000 tonnes de rails dont le perçage a été effectué par ce procédé sans qu'il se soit jamais produit aucune rupture dans les trous, et M. Smith considère ce fait comme la meilleure preuve qu'il n'y a aucun danger à craindre, et, qu'au contraire, le

(1) *Minutes of proceedings of the institution of civil Engineers*, t. XLII, p. 69.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

poinçonnage est un des meilleurs essais pratiques de la qualité de l'acier quand celui-ci n'a pas un degré exceptionnel de dureté.

Des expériences faites à nouveau à l'aide d'une poinçonneuse de Kirkaldy ont montré que l'effort de résistance au poinçonnage donne une véritable indication de la proportion de carbone contenue dans l'acier essayé, de la résistance à la traction, de la ductilité et de l'effort que le métal peut supporter sans danger dans l'emploi industriel.

Dans un tableau donnant le résultat de nombreux essais, M. Smith indique que, pour poinçonner des trous de 7/8 de pouce de diamètre et de 3/4 de pouce d'épaisseur, il lui a fallu développer des efforts variant de 47 000 kilos à 83 800 kilos, en opérant sur des rails dont la résistance à la traction variait elle-même de 46 kilos à 75 kilos par millimètre carré.

Le rapport de l'effort du poinçonnage à celui de la traction atteindrait ainsi 0,8.

En 1893, un ingénieur américain, M. Alfred E. Hunt, préoccupé de son côté de la question de l'utilisation du poinçonnage comme méthode d'essai, présenta un mémoire à ce sujet devant le Congrès des Ingénieurs à l'Exposition de Chicago.

« La méthode d'essai proposée par M. Hunt consiste à poinçonner ou à cisailler, à entailler ou travailler à la broche des pièces d'une épaisseur de métal déterminée, et à comparer *l'effort* nécessaire pour ce travail avec celui qu'exigent des pièces étalons traitées de même. On peut aussi faire la comparaison entre le *travail* effectué ou des facteurs du travail développé à différents moments des opérations de poinçonnage, de mortaisage ou d'élargissement, et les résultats obtenus en traitant de la même façon des pièces étalons (1). »

L'étude commencée par M. Hunt fut poursuivie par lui en collaboration avec M. Condron et M. B. Johnson ; ces ingénieurs donnèrent, dans une note parue en 1894, les graphiques de leurs essais (2) (fig. 172 et 173), et concluant par l'aveu de leur insuccès, car ils ne purent trouver aucune loi donnant le rapport de la traction au poinçonnage, et ne purent non plus donner l'indication des parties du diagramme concernant la ductilité et la fragilité en outre de la résistance au poinçonnage ou au cisaillement.

M. Smith n'avait d'ailleurs pas recherché ces nouveaux renseignements importants, il s'était contenté de connaître la force maxima, nécessaire pour effectuer le poinçonnage, admettant implicitement que la ductilité était en proportion inverse de la résistance et de la teneur de carbone.

Or c'était peut-être suffisant il y a un quart de siècle, mais il n'en est plus de même aujourd'hui avec les nouveaux et nombreux aciers que l'industrie emploie sous toutes formes.

(1) *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, n° d'octobre 1893, p. 181.
(2) *The Railroad Gazette*, 31 août 1894, p. 592.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

De plus, ces ingénieurs américains et anglais n'ont pas donné la théorie du

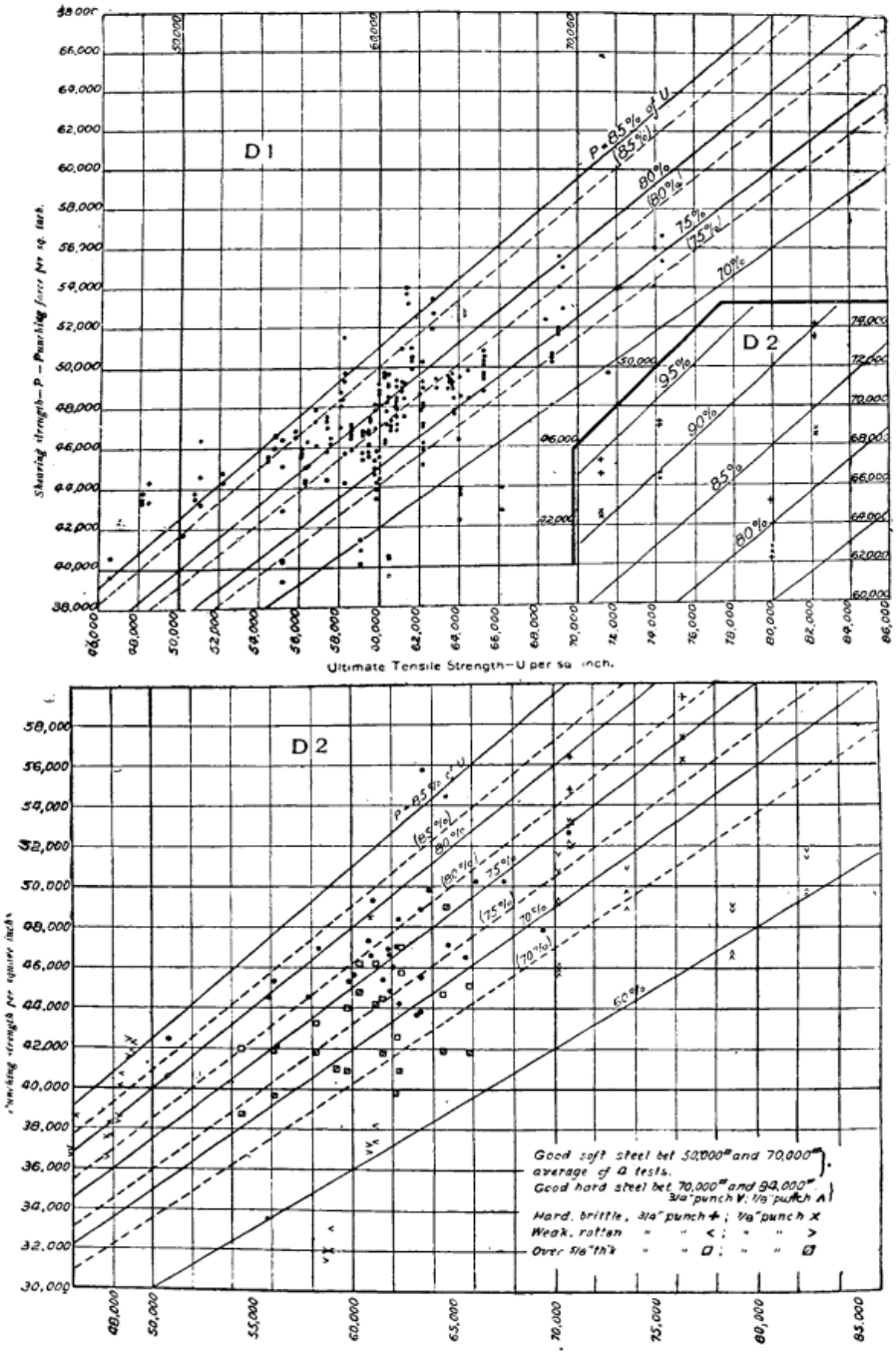


Fig. 172, 173. — Graphiques des essais de *MM. Hunt, Condron et Johnson.*

Les efforts de poinçonnage et de cisaillement (*Punching* et *Shearing*) ainsi que les efforts de rupture à la traction (*Ultimate Tensile Strength*) sont donnés en livres par pouce carré de 0^{k},0007 par millimètre carré.

poinçonnage et du cisaillement permettant d'éclairer et d'expliquer la méthode

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qu'ils proposaient. Ils n'ont pas donné non plus le procédé pratique permettant d'obtenir le diagramme sur les machines-outils employées couramment dans l'industrie.

Ils n'ont pas donné les renseignements indispensables pour connaître les éléments de ce diagramme. Ils ont supposé que l'opération se faisait à l'aide de poinçonneuses hydrauliques, alors que celles-ci sont une rareté et tendent à disparaître à cause de leurs nombreux inconvénients; d'ailleurs, le diagramme relevé sur ces machines est toujours d'une exactitude contestable.

Or, maintenant, l'étude du poinçonnage et du cisaillement comme méthode d'essai va entrer dans une nouvelle phase.

Grâce à l'élasticimètre, le diagramme du travail peut être relevé sur toutes les machines-outils employées dans l'industrie simplement, rapidement, pratiquement et à peu de frais.

Les variantes du diagramme que peut donner le poinçonnage ou le cisaillement d'un même morceau de métal sont connues, prévues et expliquées par la théorie expérimentale que je viens d'établir.

Il ne reste plus qu'à chiffrer les éléments de ce diagramme.

J'ai commencé cette étude complémentaire en collaboration avec M. Baclé, rapporteur de la Commission des méthodes d'essai, qui a effectué, en collaboration avec M. Debray, dans un travail dont l'analyse a été reproduite au *Bulletin de la Société*, l'étude d'ensemble de toutes les méthodes d'essai exposée pour la première fois suivant l'enchaînement méthodique qui doit caractériser toujours les productions françaises.

M. Baclé, qui avait pu effectuer ainsi, en les discutant, l'examen détaillé de toutes les méthodes d'essai, était particulièrement à même d'apporter une collaboration utile dans notre travail commun, et j'ai été très heureux de rencontrer son concours.

Dans une communication à l'Académie des sciences du 18 novembre 1895, nous avons fait connaître la première partie de cette nouvelle recherche, les éléments du diagramme et leurs points singuliers sont expliqués, ce que MM. Condron, Johnson et Hunt n'avaient pu faire.

Je reproduis ci-dessous un extrait de cette communication :

« En étudiant un échantillon de chacune de ces nuances, nous avons toujours obtenu un diagramme bien déterminé, et qui s'est constamment reproduit avec une fidélité invariable lorsque nous avons renouvelé l'expérience en des points divers de la même barre, ou même en opérant sur des machines-outils différentes.

« Nous sommes donc fondés à penser que ce diagramme doit être considéré comme caractérisant bien la nuance étudiée et comme possédant, par conséquent, des éléments qui permettent de définir la résistance qu'elle présente.

« Or, ces éléments ne peuvent pas être cherchés, comme on l'a pensé autre-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fois, dans le relevé pur et simple de la surface du diagramme donnant cependant la valeur du travail dépensé; car pour le poinçonnage, par exemple, ce diagramme renferme une partie correspondant au travail d'expulsion de la débouchure, qui est indépendante par conséquent de l'opération proprement dite et qu'on ne peut pas cependant distraire avec exactitude.

« Nous avons observé, au contraire, que l'ordonnée maximum du diagramme fournit une indication rigoureusement proportionnelle à la valeur de l'effort développé, ce qui se comprend d'ailleurs immédiatement, puisqu'elle enregistre la déformation élastique qu'a subie le col de cygne de la machine employée, poinçonneuse ou cisaille, pour fournir cet effort.

« Nous avons pu montrer, en effet, que tout d'abord l'ordonnée obtenue est bien proportionnelle à l'épaisseur de la section à trancher, comme c'est le cas pour l'effort lui-même. Nous avons fait raboter à cet effet les barres étudiées pour obtenir à la fois les épaisseurs de 5 millim., 10 millim., 15 millim., 20

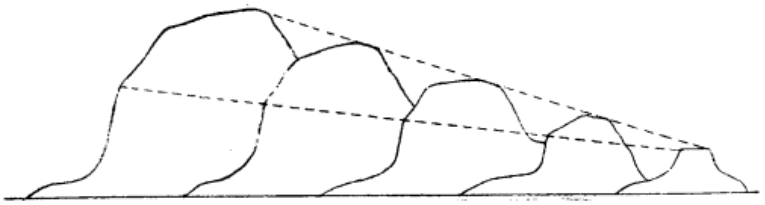


Fig. 174. — Diagrammes obtenus en poinçonnant successivement une barre d'acier demi-dur, rabotée aux épaisseurs de 25, 20, 15, 10, 5 millimètres.

millim., 25 millim., puis, nous avons effectué les expériences de poinçonnage et de cisaillement sur les différentes barres pour chacune de ces épaisseurs.

« Le diagramme a donné chaque fois une ordonnée proportionnelle à celle-ci, comme on peut le voir sur la figure 174, qui représente, à titre d'exemple, les diagrammes obtenus sur une même barre en métal demi-dur, rabotée aux diverses épaisseurs indiquées.

« Si, pour une même épaisseur donnée, nous comparons maintenant les diagrammes obtenus sur l'ensemble des barres préparées, comme il a été indiqué, avec des métaux de nuances de dureté différentes, nous pouvons constater que l'ordonnée maxima correspondant à chacune de ces barres est toujours bien proportionnelle à la charge de rupture déterminée d'autre part par l'essai de traction habituel.

« Nous avons même pu vérifier ce fait en mesurant numériquement, dans certaines expériences de poinçonnage, l'effort développé par la machine employée, et en le rapprochant de la charge de rupture à l'essai à la traction, et nous avons pu constater entre les deux un rapport qui se maintient sensiblement constant pour toutes les nuances de dureté considérées et qui est toujours voi-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sin de 0,70, la charge de rupture par poinçonnage atteignant ainsi les 7/10 de la charge de rupture par traction calculée pour une surface égale à celle de la section tranchée.

« Il nous paraît donc établi par ces expériences que l'ordonnée maximum du diagramme de poinçonnage fournit sur la résistance du métal un renseignement aussi précis que pourrait le donner l'essai à la traction.

» La figure 175 représente le type du diagramme de poinçonnage.

» Dans ce diagramme, la dureté du métal est accusée par l'inclinaison initiale de la courbe à l'origine de l'effort; le tracé s'élève, en effet, d'une façon d'autant plus brusque, et en se rapprochant mieux de la verticale, que le métal présente plus de raideur; plus loin, dans la partie C D, les valeurs simultanées que prennent l'ordonnée et l'abscisse à la suite de cette période préliminaire, au moment où se produit le changement d'inclinaison, fournissent par leur concours une indication précise de la malléabilité du métal et définissent, en un certain

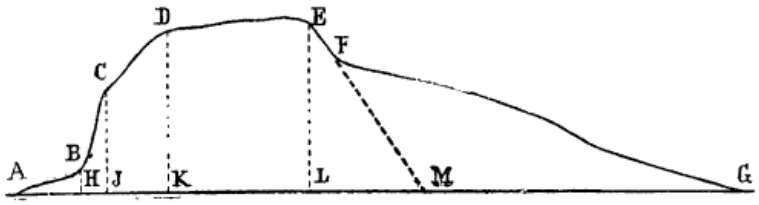


Fig. 175. — Diagramme type du poinçonnage.

sens, la période élastique de l'opération étudiée, car elles figurent exactement les déformations qu'il est susceptible d'éprouver ainsi que l'intensité de l'effort qui les provoque avant l'apparition des déchirures élémentaires.

« Si l'on considère ensuite la région de la courbe D E qui s'étend jusqu'à l'ordonnée maximum correspondant à l'effort de rupture total, on y voit la représentation de cette période de déchirures élémentaires qui, dans le diagramme de traction, apparaît aussitôt que la limite élastique est dépassée.

« L'allongement qu'éprouve le métal au cours de cette période est figuré par l'écartement des deux ordonnées D K et E L qui la limitent, le métal étant évidemment d'autant plus ductile que cet écartement représente une proportion plus élevée de l'épaisseur totale de la section tranchée.

« Dans cette partie du diagramme, les métaux les plus ductiles donnent toujours une abscisse supérieure à celle des métaux durs; l'allongement dans le poinçonnage fournit donc à cet égard une donnée aussi précise que l'allongement dans la traction.

« La même observation s'applique encore à la mesure de la striction qui se retrouve aussi dans le diagramme de poinçonnage, à condition de prolonger jusqu'à la ligne des abscisses la tangente à la courbe menée au point sommet

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de l'ordonnée maximum, de façon à distraire toute la partie située au delà de cette tangente, laquelle correspond seulement au travail d'expulsion de la débouchure.

« Le triangle L E M ainsi déterminé, entre l'ordonnée maximum E L et la lignes des abscisses, varie avec la striction et s'accroît en même temps qu'elle; il peut donc en fournir une mesure indirecte, présentant même, à certains égards, une valeur comparable à celle qui se déduit de l'essai de traction. »

Il ne reste plus qu'à connaître la formule permettant de chiffrer la ductilité, et nous espérons par de prochaines expériences obtenir ce dernier renseignement.

Essais de poinçons de formes différentes.

Il a été exécuté à deux reprises, dans le laboratoire de l'École d'application des sciences de Cleveland, des essais de poinçonnages effectués sur des poinçons

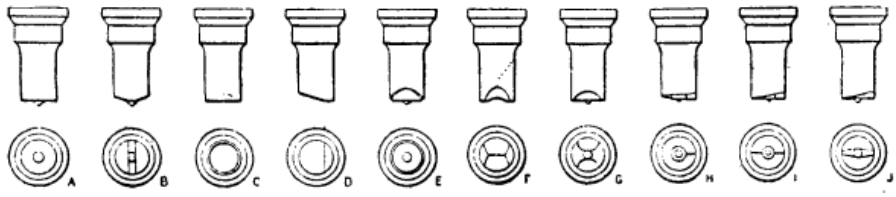


Fig. 176. — Série des dix poinçons de formes différentes employés par M. Allen, dans ses essais.

de formes différentes : la première fois en 1892, par M. Chamberlin (1); la seconde fois en 1894, par M. Allen (2).

La figure 176 indique les formes des dix poinçons différents, employés par M. Allen dans ses essais.

La figure 177 donne les diagrammes du travail absorbé par le poinçonnage de tôle d'acier exécuté avec ces poinçons.

Les essais de M. Chamberlin sont analogues, et portent sur les poinçons de mêmes formes que ceux de M. Allen.

Les conclusions de ces deux expérimentateurs sont identiques, ils préconisent l'emploi du poinçon à double hélice, exigeant, disent-ils, l'effort maximum le plus faible pour produire un poinçonnage donné.

La raison de cet avantage serait la même que celle de la supériorité des lames obliques pour le cisaillement des tôles.

Dans ce cas, en effet, l'effort maximum est moindre que si on emploie les lames parallèles, car la section de métal continuellement en prise est moindre.

(1) Essais de M. Chamberlin. *Association of Engineering Societies*, n° 9, septembre 1892, p. 463.

(2) Essais de M. S. Allen. *Engineering News*, n° 15, 3 mai 1894, p. 364.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Cependant le travail total est au moins égal dans les deux cas; souvent même il est plus grand dans le cas des lames obliques, car il y a un travail supplémentaire de déformation du métal; mais la course de l'outil est plus grande et l'effort maxima reste moindre pour produire un même cisaillement.

S'il pouvait en être de même dans le poinçonnage, il en résulterait qu'on devrait, avec un poinçon à surface oblique, pouvoir poinçonner, à résistance égale, une épaisseur plus forte, ou, à épaisseur égale, employer une machine outil plus faible.

J'ai voulu vérifier cette conséquence, et c'est grâce à l'extrême obligeance de M. le professeur Bodin que j'ai pu effectuer les principaux essais.

Il était inutile d'essayer des poinçons de forme dissymétrique, leur résis-

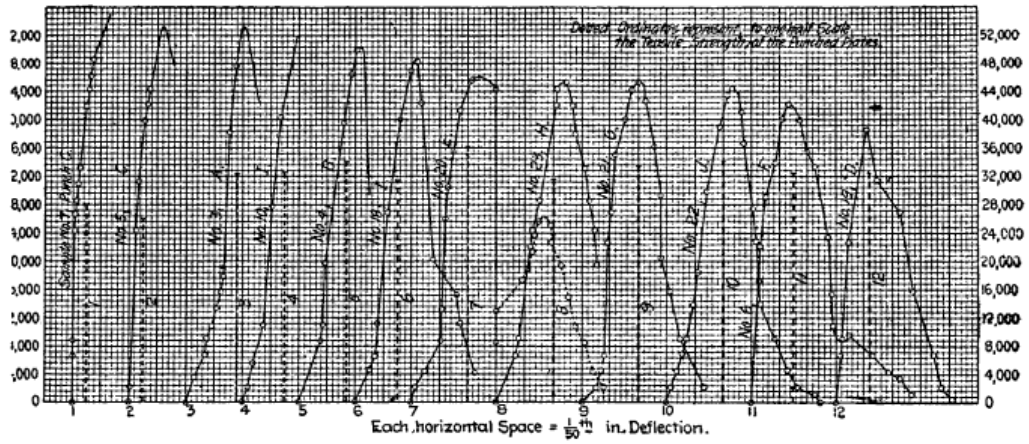


Fig. 177. — Diagrammes du travail dépensé dans les essais de poinçonnage par *M. Allen*.

tance étant diminuée par le flambement. Il suffisait d'essayer deux formes symétriques : la forme en coin et la forme en double hélice.

Les figures 178 à 191 donnent la reproduction de la photographie pour chacun de ces deux poinçons : 1° de la face du poinçon; 2° de la face de la débouchure en contact avec le poinçon; 3° et 4° du profil complet de la débouchure obtenue avec une matrice à grand jeu; 5° du même profil d'une débouchure obtenue avec une matrice à faible jeu, comme dans la pratique industriel; 6° de la face intérieure de la débouchure obtenue avec un morceau de fer de mauvaise qualité pour montrer l'effet variable de la traction.

Les diagrammes sont ceux du poinçonnage dans une même tôle d'acier doux de 20 millimètres d'épaisseur. Les poinçons ont tous 25 millimètres de diamètre

La figure 192 donne deux diagrammes superposés; les deux tracés sont identiques dans la première partie et indiquent la valeur de l'effort maximum; ils ne diffèrent que dans la seconde portion du travail relative à l'expulsion de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

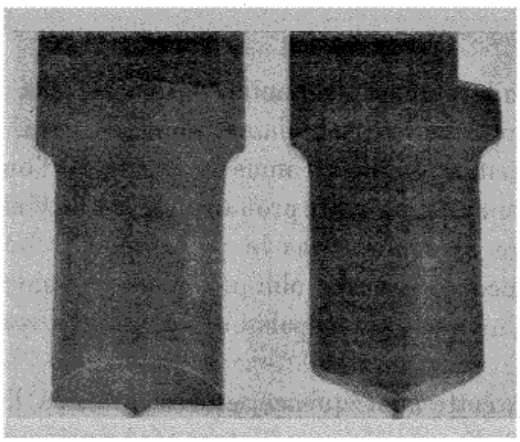


Fig. 178, 179. — Poinçon en forme de coin.

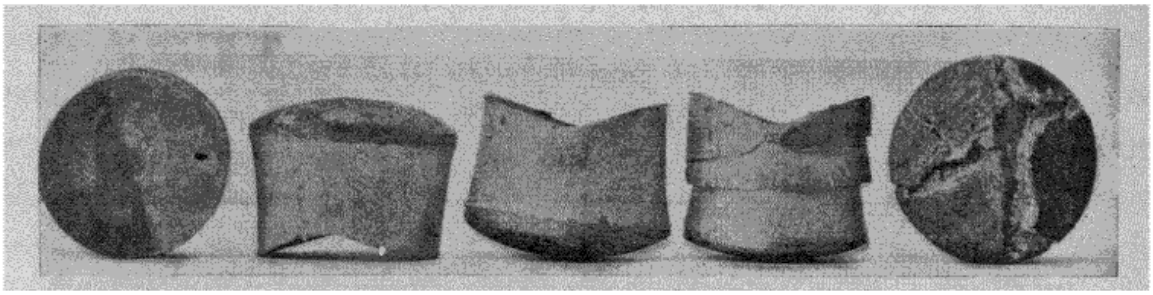


Fig. 180, 181, 182, 183, 184. — Photographies de débouchures obtenues avec le poinçon en forme de coin.

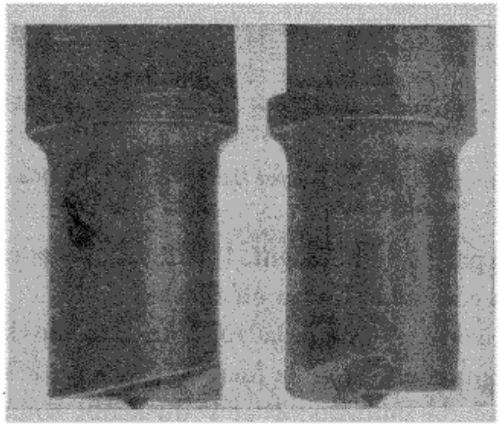


Fig. 185, 186. — Poinçon en forme de double hélice.

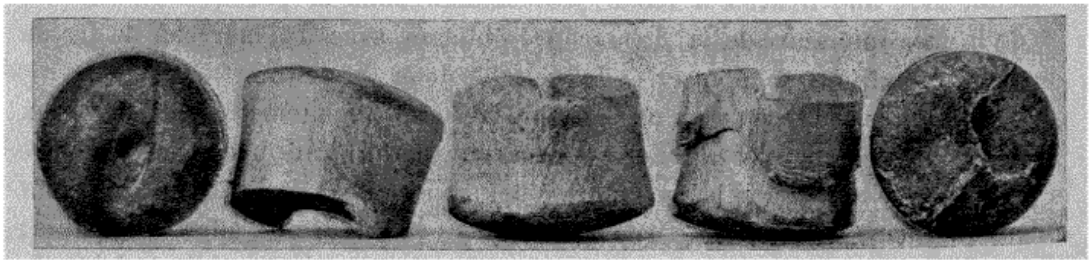


Fig. 187, 188, 189, 190, 191. — Photographies des débouchures obtenues avec le poinçon en forme de double hélice.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la débouchure; le poinçonnage avec une matrice de 26 millimètres est figuré par le tracé en trait continu, et, avec une matrice de 29 millimètres, par le tracé

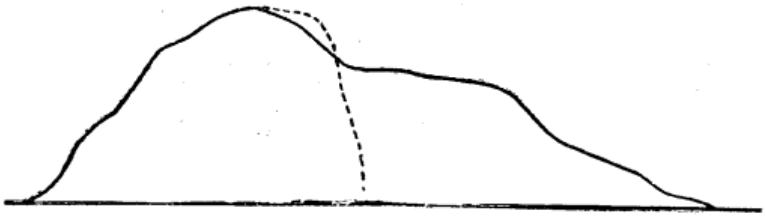


Fig. 192. — Diagrammes du travail dépensé avec le poinçon en coin. 1° En trait continu, pour produire un trou cylindrique; 2° en trait pointillé, pour produire un trou conique.

en trait pointillé. C'est donc un résultat analogue à celui que nous avons déjà constaté avec l'emploi du poinçon plat ordinaire, suivant que la matrice a plus ou moins de jeu.

La figure 193 donne le diagramme de deux poinçonnages, avec la même ma-

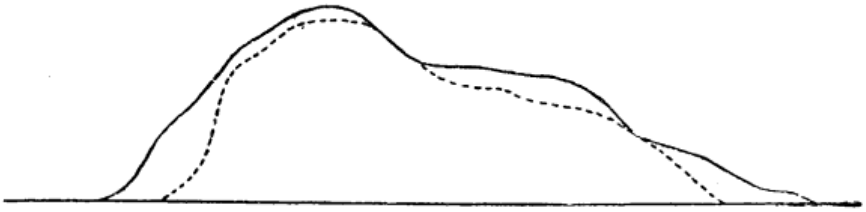


Fig. 193. — Diagramme du travail dépensé. 1° En trait continu, par le poinçon en coin; 2° en trait pointillé, par le poinçon ordinaire.

trice de 26 millimètres, mais avec le poinçon en coin pour le trait continu et avec le poinçon plat ordinaire pour le trait pointillé.

On constate que l'avantage reste au poinçon ordinaire, tant au point de vue du travail total que de l'effort maximum.

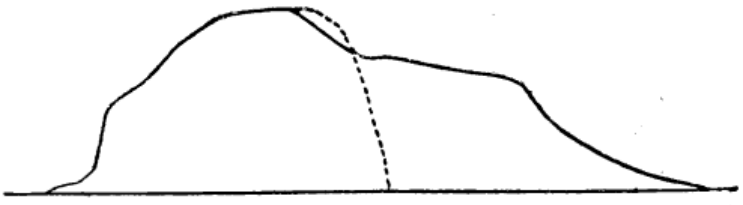


Fig. 194. — Diagramme du travail dépensé avec le poinçon en double hélice. 1° En trait continu, pour produire un trou cylindrique; 2° en trait pointillé, pour produire un trou conique.

La figure 194 donne le diagramme de deux poinçonnages effectués avec le même poinçon à double hélice : en traits continus pour la matrice de 26 millimètres de diamètre, et en traits pointillés pour celle de 29 millimètres.

La figure 195 donne le diagramme de deux poinçonnages effectués avec la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

même matrice de 26 millimètres, mais avec le poinçon en double hélice pour le trait continu et avec le poinçon plat ordinaire pour le trait pointillé.

Là encore, on constate que l'avantage reste au poinçon ordinaire au point de vue du travail et de l'effort maximum.

La figure 196 montre les deux diagrammes de deux poinçonnages effectués, l'un avec le poinçon à double hélice, et représenté en traits continus, l'autre

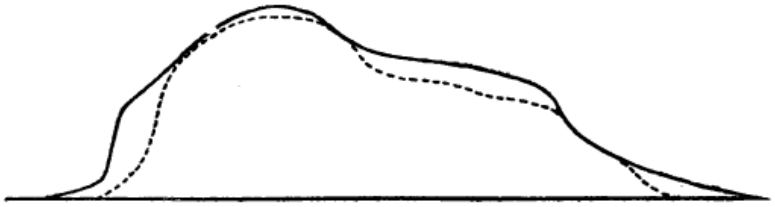


Fig. 195. — Diagrammes du travail dépensé. 1° En trait continu, par le poinçon en double hélice; 2° en trait pointillé, par le poinçon ordinaire.

avec le poinçon en coin, et représenté en traits pointillés; la différence n'est pas grande, mais elle est à l'avantage du poinçon à double hélice.

Les poinçons des deux formes ont donc tous les inconvénients : pour un même poinçonnage, ils demandent au moins autant d'effort maximum, ils dépensent plus de travail, ils exigent une course plus grande de l'outil, ils coûtent beaucoup plus cher de fabrication, ils sont beaucoup plus fragiles, fatiguent plus

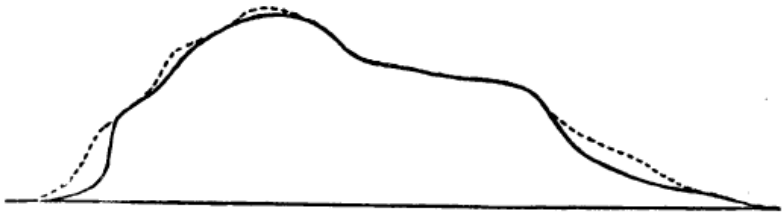


Fig. 196. — Diagrammes du travail dépensé. 1° En trait continu, par le poinçon en double hélice; 2° en trait pointillé, par le poinçon en coin.

et, par conséquent, se détériorent plus facilement; ils sont plus longs à fabriquer que le poinçon ordinaire, exigent, pour cette fabrication, un outillage spécial, notamment celui à deux hélices, qui ne peut être bien fabriqué que mécaniquement par des fraiseuses, ils détériorent tout autant le métal, etc.

La conclusion s'impose et découle immédiatement de ces essais : le meilleur poinçon est le poinçon à surface plane.

J'ajouterai quelques observations pratiques.

Il est d'usage de ne pas poinçonner les barres de métal, et surtout d'acier doux, d'une épaisseur plus forte que le diamètre du poinçon.

M. Bodin a effectué des essais sur ce point, et il a pu constater, en comparant

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

deux poinçons d'un même diamètre, que celui qui perçait les tôles les plus minces durait plus longtemps que l'autre.

On peut cependant se trouver dans l'obligation d'aborder des barres plus épaisses; il ne faut pas oublier, dans ce cas, que les poinçons cassent plutôt par flambement que par écrasement, car on est obligé alors de leur donner une grande longueur pour pénétrer dans le métal et déboucher dans la matrice; de plus, on est obligé de les dégager pour éviter le frottement latéral.

Si ce cas se présente, on peut obtenir de bons résultats en effectuant le poinçonnage en deux fois successives.

En effet, et si l'on se reporte à un diagramme quelconque de poinçonnage, on remarque que l'effort maximum se trouve atteint dès le premier tiers environ de la course du poinçon; mais, immédiatement après, la pression décroît sensiblement.

Si donc on opère d'abord avec un poinçon plus court, ne s'enfonçant que peu au delà du tiers de l'épaisseur du métal, l'outil résistera, le flambement n'exercera pas un effet aussi prononcé sur une faible longueur, puis le second poinçon, qui présentera la longueur totale suffisante pour terminer le trou, résistera aussi, parce que, malgré sa longueur plus forte, il n'aura qu'un effort moindre à supporter.

Ce n'est point la face plane du poinçon que nous devons changer; le poinçon plat, légèrement dégagé sur le derrière, agit dans de bonnes conditions, il ne faut pas le creuser sur la face de compression, et si l'on remarque que la face supérieure des débouchures est toujours concave et que le poinçon en plan ne porte que sur des arêtes, on en conclura qu'il vaut mieux le renfler de cette même quantité pour l'empêcher de s'écaler des bords.

Mais, ce qui est important, c'est de poinçonner avec une matrice ayant un jeu suffisant pour éviter surtout de détériorer le métal ou, tout au moins, pour ne le détériorer que le moins possible.

Quelle valeur doit-on donner à ce jeu? Elle peut varier, pour le fer et pour l'acier, entre le quart et le cinquième de l'*épaisseur* du métal à poinçonner. Il n'est pas possible de calculer exactement ce jeu, parce qu'il est surtout fonction de l'épaisseur, mais aussi de la ductilité de ce métal. Dans tous les cas, il est facile de le déterminer pratiquement, car il suffit de remarquer que la débouchure ne doit porter sur son pourtour aucune trace de frottement, sauf à sa partie inférieure, le frottement se trouvant alors produit dans la matrice et non dans le passage au travers du métal.

J'insiste particulièrement sur le jeu dans la matrice; car c'est seulement l'insuffisance de ce jeu qui provoque la détérioration du métal, ainsi que je l'ai indiqué; aussi, contrairement à ce qui est généralement admis en pratique (1), il faut tendre à poinçonner coniquement.

(1) Commission des méthodes d'essai, t. Ier, page 146.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Je puis de même affirmer que, dans un essai par pliage ou par choc (1), il convient de placer les barres comme elles étaient au poinçonnage pour réaliser les conditions les plus favorables à la rupture.

Le poinçonnage présente, par rapport au forage à la mèche, de réels avantages économiques : il est plus de vingt fois plus rapide, et donne les trous plus exactement placés, car il arrive souvent que les trous forés sont déviés.

Par contre, les trous forés sont plus cylindriques et plus lisses, le métal n'est pas détérioré.

Il importe donc, dans l'intérêt de la fabrication, de trouver un système de poinçonnage produisant un perçage aussi parfait que le forage.

On a souvent préconisé le double poinçonnage successif, c'est-à-dire la méthode qui consiste à opérer d'abord avec un poinçon et sa matrice d'un diamètre moindre, puis avec un second poinçon pris au diamètre du trou définitif.

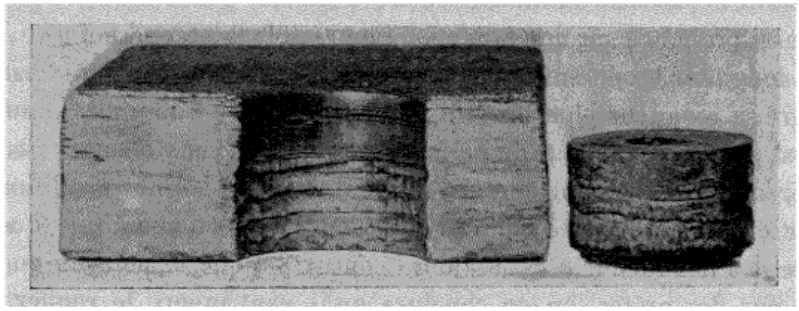


Fig. 197. — Tôle de fer ayant subi un double poinçonnage successif et débouchure résultant de la couronne ainsi détachée.

La figure 197 représente en photographie la coupe d'un morceau de fer de 23 millimètres d'épaisseur, percé primitivement à 20 millimètres, puis définitivement poinçonné à 25 millimètres. Le second cylindre enlevé présente ainsi une épaisseur de $2^{mm},5$.

Il est facile de constater que le trou n'est pas plus lisse que dans un poinçonnage effectué d'un seul coup, le métal est aussi détérioré, les arrachements successifs en témoignent suffisamment.

La débouchure n'a plus que 14 millimètres d'épaisseur au lieu de 23, parce que, sous l'effet de la pression du poinçon, le métal s'est plissé et refoulé à l'intérieur du cylindre détaché.

En somme, cette double opération, plus longue et plus coûteuse que l'opération habituelle, n'a procuré aucun avantage.

Pour réaliser les conditions requises, j'ai imaginé un poinçon raboteur (fig. 198).

(1) Commission des méthodes d'essai, t. Ier, page 165.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La matrice *m m* a le diamètre du trou définitif; le poinçon *a*, d'un diamètre moindre, laisse en *b*, dans la partie en contact avec le métal, un jeu suffisant pour produire un trou conique, sans collerettes polies sur la débouchure; puis, au-dessous, on a ménagé des stries analogues à celle d'une fraise, qui font office de rabots successifs, pour enlever dans le cône la partie de métal en excès et donner un trou *lisse* et *cylindrique* ayant le diamètre de la matrice.

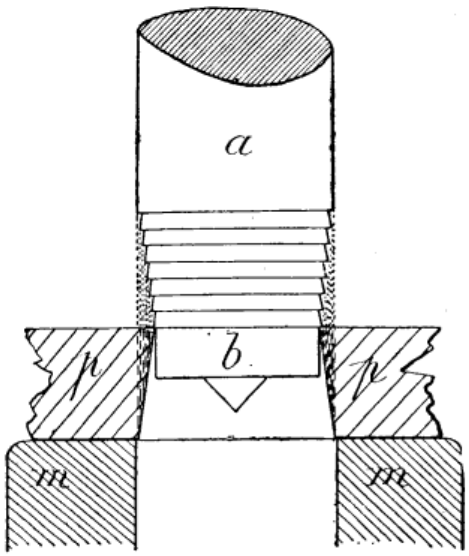


Fig. 198. — Fonctionnement du poinçon raboteur.

La figure 198 indique le fonctionnement de ce poinçon raboteur. Dans le métal *p*, le poinçon *a* vient de détacher la débouchure de forme conique, et les rabots vont entamer le métal pour redresser la paroi intérieure du trou.

Chaque rabot enlèvera une couronne de métal, qui restera sertie sur le poinçon; il faudra donc, après chaque opération, détacher l'ensemble de ces couronnes; pour rendre ce détachement facile, il suffit

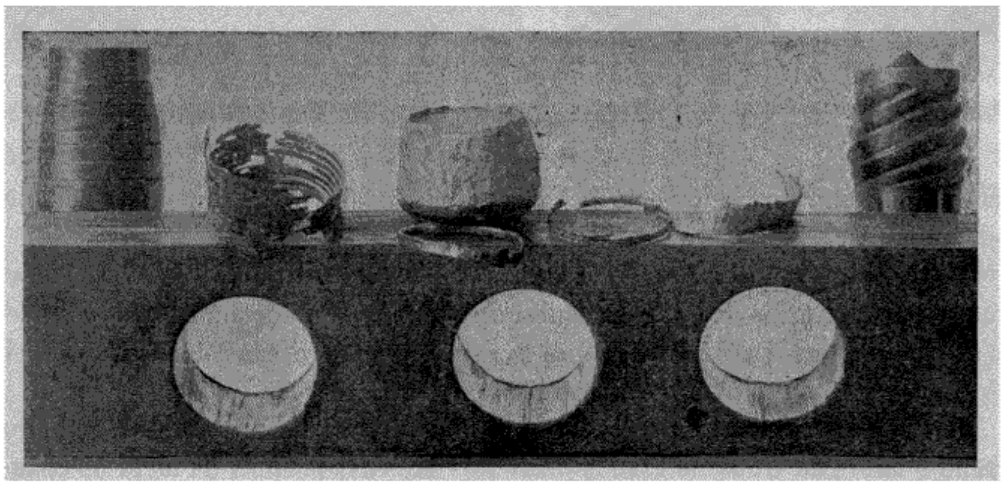


Fig. 199. — Photographie d'une plaque de mauvais fer poinçonné par le poinçon raboteur; débouchure provenant d'un de ces trous; poinçon raboteur à stries parallèles et ses copeaux; poinçon raboteur à stries en hélice et ses copeaux.

de remplacer les stries successives du poinçon par une ou plusieurs stries en hélice

La figure 199 montre la photographie de :

1° Une plaque de mauvais fer, de 20 millimètres d'épaisseur, percée de trois

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

trous de 25 millimètres de diamètre (il est facile de vérifier leur similitude d'aspect avec des trous forés);

2° Une débouchure provenant d'un de ces trous; elle est suffisamment conique pour n'avoir pas de collerette;

3° A gauche, un poinçon à rabots parallèles et les couronnes circulaires, déchets de métal raboté;

4° A droite, un poinçon avec stries en hélice et un copeau provenant du rabotage avec ce poinçon.

Avec ce dernier système de stries en hélice à pas suffisamment incliné, le copeau ne reste pas adhérent dans les stries de l'outil, car, à l'opération suivante, il se trouve refoulé par le nouveau copeau que celle-ci va détacher, et il se

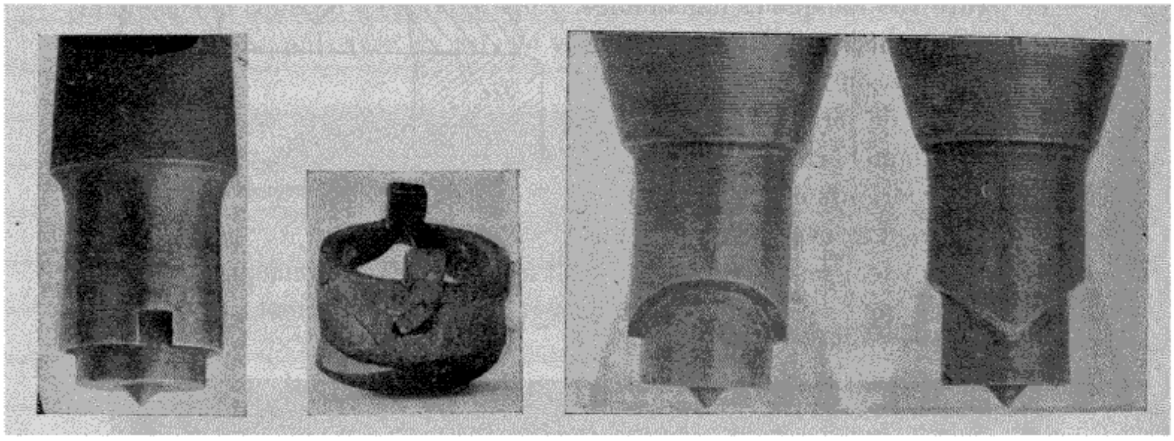


Fig. 200, 201. — Poinçon raboteur et sa débouchure. Fig. 202, 203. — Nouveau poinçon raboteur.

trouve donc entraîné le long de la rainure hélicoïdale, dégageant ainsi complètement le filet.

Ce poinçon raboteur, à stries successives, est sans doute d'un prix plus élevé que le poinçon ordinaire, il exige aussi une course de poinçonnage plus grande: mais, par contre, il réalise plusieurs avantages, il opère sans détériorer sensiblement le métal et donne des trous lisses et cylindriques.

Je l'ai vu employer avantageusement pour percer, lisses et cylindriques, un grand nombre de trous de grands diamètres dans des plaques de foyer de chaudières.

Mais, pour des trous de rivets, il ne conviendrait pas, sa principale qualité de faire lisse étant alors inutile, et les soins de fabrication et d'entretien qu'il exige ne seraient pas compensés.

Dans ce cas, il vaut mieux enlever la partie conique de métal en excès d'un seul coup.

Mais il ne faut pas que la couronne de métal, ainsi détaché à la suite de la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

débouchure et du même coup de poinçon, soit sertie et adhère au corps de ce dernier, car il serait difficile de l'en détacher et la perte de temps qui en résulterait en annulerait toute l'économie; il faut dilater cette couronne et, au besoin, la briser en plusieurs fragments, qui se trouvent rejetés comme la débouchure, et à la suite de celle-ci.

Le poinçon figure 200, qui donne la débouchure et sa couronne représentées par la photographie figure 201, approche de cette solution, mais il se peut que quelque couronne adhère au poinçon, et, au coup suivant, il y aurait détérioration du métal.

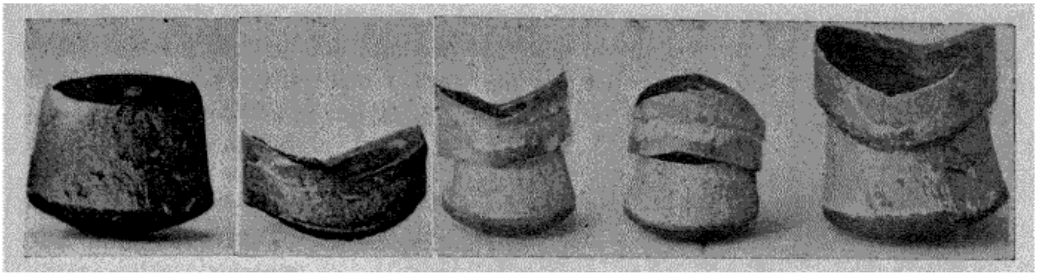


Fig. 204, 205, 206, 207, 208. — Photographies des débouchures obtenues avec le nouveau poinçon raboteur.

Le poinçon vu sous deux faces (fig. 202 et 203) donne complètement la solution; il se compose de deux parties : du poinçon plat ordinaire, laissant le jeu maximum dans la matrice et donnant une débouchure conique sans collerette ni partie lisse (fig. 204) et d'une seconde partie en forme de coin produit par deux plans inclinés, qui rabote d'un seul coup la partie conique interne du trou, et produit la couronne (fig. 205).

Les fig. 206, 207, 208 sont les photographies de débouchures obtenues avec des poinçons de ce genre et montrant diverses faces.

La couronne n'adhère jamais au poinçon et si, par hasard, ce cas se présentait, au coup suivant, le débris serti sur le poinçon glisserait sous le plan incliné.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MÉTALLURGIE ET CHIMIE

FABRICATION DES TÔLES DE FER-BLANC D'APRÈS M. *G. B. Hammond* (1).

Cette industrie a une grande importance en Angleterre, principalement dans le pays de Galles et dans le Monmouthshire; on a exporté d'Angleterre, en 1895, 366 120 tonnes de fer-blanc, pour une valeur de 106 millions, soit au prix de 290 francs la tonne, au lieu de 656 francs en 1867; en 1891, l'exportation avait atteint son maximum : 448 379 tonnes : la diminution qui s'est produite depuis tient principalement à la fermeture du marché des États-Unis, dont l'importation s'est abaissée de 325 143 tonnes en 1891, à 113 049 tonnes en 1896, et qui se suffiront bientôt entièrement. En avril 1897, sur les 490 usines à fer-blanc d'Angleterre, il n'y en avait que 302 en marche.

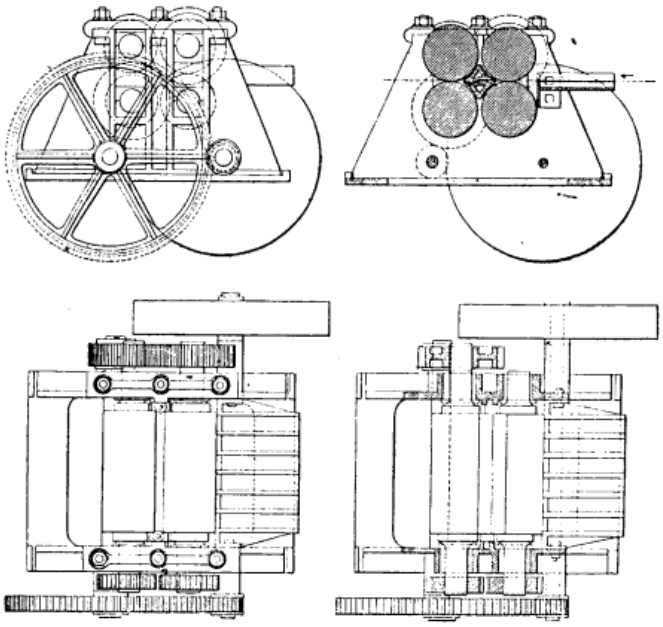


Fig. 1 à 4.

Actuellement, l'on n'emploie plus que de l'acier doux au lieu du fer que l'on puddlait auparavant dans les forges annexées aux usines à fer-blanc, et qui ont disparu. Les barreaux d'acier sont passés dans un laminoir à deux paires de cylindres, la première dégrossisseuse et la seconde finisseuse de la tôle noire. On emploie deux fours à réchauffer et deux paires de cisailles, avec une table doubleuse et un squeezer pour plier et aplatir les tôles après leur étirage au laminoir. Les cylindres du laminoir sont en fonte au vent froid, très résistante, coulée en coquille, tournés, ajustés sur place puis finis et redressés de manière à tenir compte de leurs dilatations pendant leur travail.

Les fours à réchauffer sont du type à réverbère, et, dans les installations modernes, chauffés au gazogène pour éviter la chute des charbons et cendres entraînés de la grille des anciens fours sur la sole; on obtient ainsi, sans pertes de ce fait, des tôles de meilleure qualité.

(1) *Iron and Steel Institute* (*Engineering*, 3 sept. 1897).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les barres, de 6 à 20 millimètres d'épaisseur sur 180 à 250 millimètres de large, livrées par les aciéries, coupées aux longueurs voulues suivant les dimensions des tôles, sont réchauffées puis passées plusieurs fois au laminoir dégrossisseur, réchauffées, laminées de nouveau, doublées ou repliées sur elles-mêmes, passées au squeezer, réchauffées dans un autre four, laminées de nouveau, redoublées et affranchies aux extrémités, réchauffées, relaminées au finisseur et ainsi de suite jusqu'à l'épaisseur voulue, en séparant les tôles des paquets laminés ensemble avant de les placer dans le four à réchauffer, de manière à en éviter la soudure. Une barre donnée doit fournir exactement les tôles d'épaisseur et de surface prévues, et il faut beaucoup d'habileté pour y arriver sans pertes.

On emploie, pour séparer les tôles après laminage final du paquet, des femmes qui font ce travail à la main, mais *MM. Williams et White* ont construit, pour cette opération, une machine composée (fig. 1 à 4) de deux paires de cylindres avec, entre elles, une paire de guides ondulés en fonte dure; le passage du paquet poussé par la première paire de cylindres entre ces guides brise, par leur courbure, la mince couche d'oxyde de fer qui les réunit, puis les fait glisser les unes sur les autres de manière qu'elles sortent séparées et redressées de la seconde paire de cylindres du séparateur, qui suffit pour quatre ou cinq laminoirs.

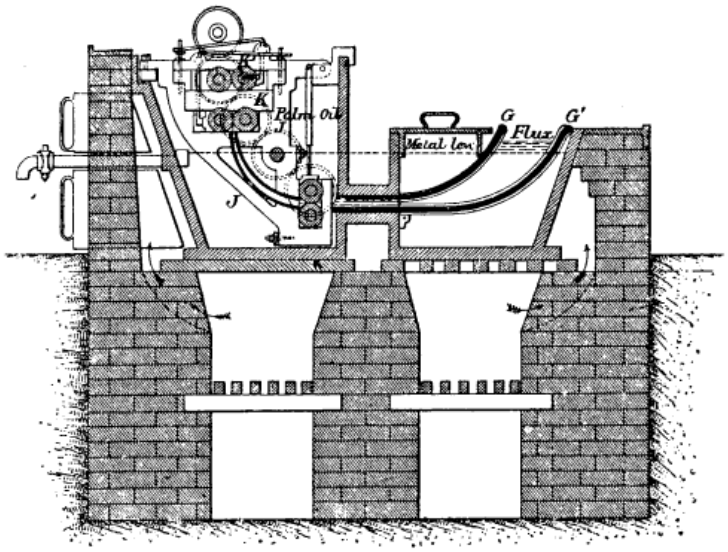


Fig. 5. — Machine à étamer de *Taylor Sturve*.

On passe ensuite les tôles au bain d'acide sulfurique ou chlorhydrique étendu, puis on les lave à l'eau pure pour en enlever l'oxyde de fer: cette opération se fait au moyen de machines très rapides et économiques, construites par MM. D. Crey, à Maesteg, la compagnie Millbrock à Swansea et MM. Taylor et Sturve, à Briton-Ferry. Après ce nettoyage, les tôles sont empilées dans des caisses en fer soigneusement lutées, puis chauffées doucement pendant cinq ou dix heures dans un four à réverbère et refroidies lentement, de manière à les doucir, ce qui en facilite le polissage.

Après ce recuit, on calandre les tôles par trois ou quatre laminages à froid entre des cylindres parfaitement polis et sous une très forte pression, puis, pour leur enlever la dureté de ce calandrage, on les recuit de nouveau dans des caisses à une douce chaleur, on les repasse à l'acide, mais très faible, pour enlever l'oxyde de ce recuit, et on les conserve sous l'eau jusqu'à l'étamage.

L'étamage se fait actuellement au moyen de machines, dont l'une des plus employées est représentée par la figure 5. L'étain est maintenu fondu dans le pot de droite

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et surmonté d'une couche de flux constitué par du chlorure de zinc ; les tôles, passées dans l'étain entre les guides G et G', sont amenées au laminoir H, puis au bain de graisse et d'huile de palme, dans lequel tournent les cylindres finisseurs K K', auxquels les tôles sont amenées par les guides J. Le second pot est chauffé par une grille spéciale à une température moins élevée que la première : on a pu, avec cette machine, étamer des bandes de 150 millimètres de large et de 45 mètres de long.

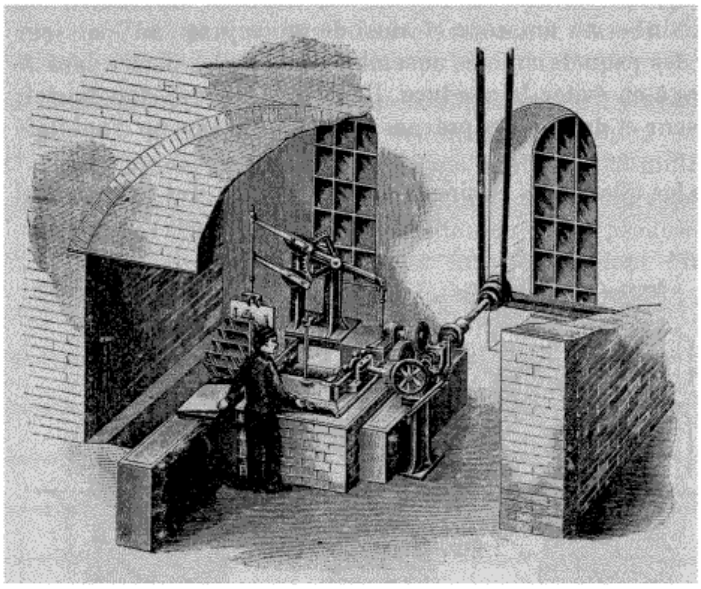


Fig. 6. — Étameuse *Rogers et Player*.

La machine figure 6 consiste en un pot à étain surmonté d'un pot à graisse, avec grille séparée et laminoir à cylindres tournant dans un bain d'étain fondu : les tôles étamées sont saisies et déposées automatiquement sur les châssis d'immersion ; un seul homme suffit à la conduite de cette machine.

Au sortir de ces machines, les tôles, sont plongées à la main ou à la machine dans un bain de son ou de farine qui en enlève la graisse, puis frottées à la main ou passées entre deux cylindres recouverts de peau et animés de vitesses différentes, qui en font le nettoyage définitif.

La couche d'étain nécessaire pour constituer un bon étamage est extrêmement mince : environ 10 grammes par mètre carré.

LA FONTE MALLÉABLE D'APRÈS *M. Royston* (1).

M. Royston a présenté sur ce sujet, au dernier meeting de l'*Iron and Steel Institute*, une monographie des plus intéressantes.

Après avoir refait l'historique de cette fabrication qui remonte à Réaumur, l'auteur décrit avec beaucoup de précision le mode opératoire suivi à l'usine de MM. Thomas Francis et Cie à Sparkbrook près de Birmingham.

De nombreuses expériences ont été faites, dont le tableau ci-dessous montrera les résultats chimiques principaux.

Désignation des échantillons :

N° 1. — Fonte primitive « Lorn » hématite raffinée.
N° 2. — Fonte sous forme de pièces à recuire.
N° 3. — Fonte n° 2 fondue dans un creuset ouvert.

(1) *La Métallurgie*, 25 août et 1er septembre. Traduction résumée de M. L. Campredon.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

N° 4. — Fonte n° 2 fondue au cubilot.

N° 5. — Coke employé.

N^{os} 3, 4 et 5, pour montrer l'absorption du soufre par la fonte.

N° 6. — Couche extérieure de la barre de métal recuit; le silicium existe en majeure partie sous forme de silice.

N° 7. — Seconde couche.

N° 8. — Troisième couche.

N° 9. — Centre de la barre ou quatrième couche.

N° 10. — Analyse moyenne de toute la section.

Tableau des analyses.

NUMÉROS.	CARBONE GRAPHITIQUE.	CARBONE COMBINÉ.	SILICIUM.	SOUFRE.	PHOSPHORE	MANGANÈSE.
1. . . .	0,61	3,33	0,61	0,031	0,014	0,112
2. . .	0,19	3,69	0,562	0,058	0,015	0,043
3. . .	»	»	»	0,096	»	»
4. . .	»	»	»	0,161	»	»
5. . .	»	»	»	1,600	»	»
6. . .	»	trace.	0,57	0,057	0,043	0,043
7. . . .	»	0,51	0,57	0,057	0,043	0,043
8. . . .	0,38	0,90	0,56	0,057	0,045	0,043
9. . . .	2,38	1,40	0,57	0,057	0,045	0,043
10. . . .	1,56	0,74	0,57	0,057	0,045	0,043

Le minerai employé pour l'adoucissement de la fonte était de l'hémolite d'Ulverston contenant 80,14 p. 100 de peroxyde de fer.

Après emploi, cette même hémolite contenait 34,10 p. 100 de peroxyde de fer et 46,81 p. 100 de protoxyde de fer. De plus, on a trouvé dans la masse du minerai de carburateur des noyaux contenant 88 et 91,50 p. 100 de fer métallique. Ces observations mettent en évidence l'action réductrice du carbone des pièces de fonte.

Essais métalliques. — M. Royston a procédé aussi à des essais de pliage, de traction, etc., sur des barrettes de fonte crue et de fonte adoucie. Ces dernières ont pu être pliées en demi-cercle sans se rompre.

Quant aux essais de traction, ils sont représentés dans le petit tableau ci-dessous.

Essais de traction.

	FONTE CRUE.		FONTE ADOUCIE.	
	1.	2.	1.	2.
	kil.	kil.	kil.	kil.
Charge de rupture par millimètre carré. . .	12,5	11,5	33,1	32,0
Allongement p. 100 sur 150 millimètres. . .	0	0	1,6	2,0

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'auteur a effectué, en outre, des essais comparatifs d'adoucissement de la fonte par recuisage au sein de diverses substances telles que sable, chaux, perçures de fer, charbon de bois, etc.

Conclusion. — Les moulages de fonte blanche, durs et fragiles, peuvent être adoucis par deux procédés différents :

1° Par oxydation du carbone;

2° Par transformation du carbone combiné en carbone graphitique.

La première méthode, indiquée par Réaumur, est la plus généralement suivie : on chauffe les pièces au sein du minerai de fer à la température du rouge brillant et pendant un temps d'autant plus long que les pièces sont plus épaisses.

Il est nécessaire que la fonte employée soit exempte de soufre et de phosphore, sans cela l'opération est notablement prolongée.

Ce procédé est forcément assez long, car l'élimination du carbone par oxydation se fait de proche en proche; l'opération est d'autant plus rapide que la température est plus élevée; mais on est limité au maximum de 1000° C. par suite des déformations qui se produisent dans les pièces.

La deuxième méthode pour recuire la fonte blanche consiste à déposer le carbure de fer en graphite et fer libre. Ces moulages sont très doux à la lime, mais ne peuvent être pliés. Cette méthode est rapide, quelle que soit l'épaisseur des pièces considérées. En cinq heures, l'auteur a réussi à recuire une pièce contenant 3,5 p. 100 de carbone combiné, de façon à n'y laisser que 0,6 p. 100 de carbone en combinaison avec le fer.

M. Royston a découvert, en outre, une nouvelle méthode pour adoucir la fonte blanche. Elle consiste à disposer soigneusement les objets à recuire dans une matière non oxydante et à porter le métal à la température de sa solidification, c'est-à-dire à 35° C. environ au-dessous de son point de fusion. Par ce traitement le carbure est dissocié avec formation de paillettes de graphite qui se disséminent dans la masse métallique.

L'effet est, pratiquement, instantané, il suffit d'atteindre la température voulue.

Le changement d'état ne se produit pas si la fonte contient des quantités appréciables de manganèse, d'étain ou de chrome; mais la présence du silicium, de l'aluminium ou du nickel n'exerce aucune influence sensible.

LE PÉGAMOID (1)

Le nom « Pégamoïd » désigne un produit qui, appliqué aux tissus de toutes sortes, aux papiers, aux cartons, les rend, paraît-il, imperméables, isolateurs, lavables, résistants à la graisse et aux acides, insensibles à de grands écarts de température.

Nous allons examiner brièvement quelques-unes de ces applications.

Objets moulés. — On imprègne de celluloïd liquide une matière poreuse et absorbante, telle que du papier, de la pulpe sèche, de la sciure de bois ou autres matières analogues.

Il est indispensable que le celluloïd soit complètement à l'état liquide, de façon qu'il puisse non seulement recouvrir la surface des particules de la matière, mais encore être absorbé par les pores. La pâte ainsi obtenue est placée dans des matrices chauffées, ou même dans un moule chauffé ouvert par un bout.

(1) *Revue industrielle*, 28 août 1897.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Sous l'effet de la chaleur, l'alcool employé pour dissoudre le celluloïd s'évapore et la matière garde la forme voulue.

On dit que les douilles de cartouches et les bourres de chasse ainsi fabriquées sont d'une imperméabilité et d'une durée de conservation très grandes.

Pour les étuis en forme de bouteille, on chasse la matière à travers une matrice annulaire dans un moule correspondant à la forme extérieure de la cartouche et ayant à l'intérieur un noyau conique. On enlève du moule l'étui de la cartouche avant qu'il soit complètement durci et l'on place la balle à son extrémité, puis la matière, en durcissant, se resserre et tient solidement la balle. On mélange environ une partie de celluloïd pour trois de matière absorbante.

Vases de piles. — De l'asbeste est imprégné ou enduit soit avant, soit après la fabrication, sur l'un et l'autre de ses côtés, ou sur tous les deux, de celluloïd liquide. On emploie de préférence un tissu d'asbeste, bien qu'on puisse utiliser du papier ou du carton d'asbeste ; une fois qu'il est imprégné, on le découpe en morceaux, servant à former les côtés, les bouts et le fond du vase ; ces morceaux sont réunis ensemble avec du celluloïd liquide agissant comme une colle.

Un autre procédé consiste à mélanger le celluloïd liquide avec de l'asbeste en poudre ou en fibre dans les proportions d'une partie environ, en poids, du premier pour deux du second. On obtient une masse pâteuse, solide, se prêtant au moulage.

Tubes en papier. — Des appareils servant à fabriquer les tubes en papier ou autres matières, au moyen du « Pégamoïd », ont été imaginés. Le procédé de fabrication consiste à former les tubes en enroulant les uns après les autres des morceaux de papier ou autres matières analogues enduits de la même substance adhésive, sur une série de mandrins, puis en les séchant au fur et à mesure qu'ils se forment ; ces tubes sont ensuite délivrés automatiquement d'une manière régulière.

De même, les rouleaux et les broches faits ou recouverts de tissus, de feutre, de papier, de pulpe de bois, d'asbeste ou autres matières analogues, sont recouverts de celluloïd liquide, pour leur donner une surface dure et solide, imperméable à l'eau et inattaquable par les acides.

Un rouleau dont la surface présente ces propriétés peut recevoir un très beau poli et, à cause de sa structure dure et semblable à la corne, résiste très bien à l'usure.

Ces rouleaux peuvent être soit élastiques, soit ridiges, suivant la matière employée pour leur fabrication, et trouver leur emploi dans la construction des broches des moulins à retordre et pour la fabrication du papier.

Courroies de transmission. — La fabrication d'une matière pouvant convenir aux courroies de transmission, dos de cardes, semelles de chaussures et autres objets analogues, s'obtient en réunissant deux ou plusieurs couches d'une substance convenable (toile à voile de coton, jute ou autre tissu, cuir, etc.), imprégnée de celluloïd liquide ou cellulose nitrique en dissolution.

Les couches de tissu saturées de celluloïd liquide et superposées l'une sur l'autre, sont réunies ensuite par du celluloïd servant d'agent de cimentation. Les bandes de tissu qui constituent les courroies sont emprisonnées dans une enveloppe pareillement saturée de celluloïd liquide. On obtient de la même manière des garnitures pour joints avec un tissu d'asbeste.

Tissus imperméables. — Appliqué au tissus, le « Pégamoïd » leur donne l'apparence du cuir ; s'assimilant toutes les nuances de couleur et se prêtant au gaufrage, il a un emploi tout indiqué pour l'ameublement et la carrosserie.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le procédé revient encore à enduire de celluloïd liquide l'endroit d'un tissu pourvu de poils obtenus par peignage, cardage, ou autrement. On fait, dans ce but, emploi d'une machine imaginée par M. Annison, dans laquelle les rouleaux à enduire le tissu mettent en agitation continuelle le celluloïd liquide contenu dans un réservoir, afin d'éviter la formation d'une pellicule à sa surface.

Lorsqu'il s'agit de tissus trop élastiques et trop poreux pour y retenir une mince couche imperméable de celluloïd ou de cellulose nitrique dissous dans l'alcool à l'aide du camphre, on enduit d'abord la surface d'un papier de report approprié d'une solution de celluloïd ; puis on met un dissolvant sur cet enduit, et on applique la préparation sur le tissu de façon à réunir les deux corps ensemble ; après quoi, on enlève par lavage le papier de report.

Avant d'appliquer la pellicule au tissu, il convient de le revêtir d'une solution très diluée de celluloïd ; on peut également appliquer un dissolvant sur la surface de la pellicule, et y placer une seconde épaisseur de tissu ; celui-ci se trouve ainsi de part et d'autre de la pellicule imperméable, sans que la texture ou le toucher du tissu soit modifié.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

NOTES DE MÉCANIQUE

LES MACHINES FRIGORIFIQUES A GAZ LIQUÉFIÉS D'APRÈS M. *Ewing* (1)

Les trois gaz les plus employés sont l'ammoniac, l'acide sulfureux et l'acide carbonique : leur énergie frigorifique est très différente; théoriquement, le piston des compresseurs devrait engendrer, par frigorie, des volumes de 1 200 centimètres cubes avec l'ammoniac, 2500 avec l'acide sulfureux, 250 avec l'acide carbonique : les tensions de ces vapeurs sont respectivement de $1^{kg},5$, $0^{kg},6$ et 20 kilogrammes, 12 kilogrammes, $4^{kg},5$ et 70 kilogrammes, aux températures extrêmes pratiques $-20°$ et $+20°$ du réfrigérant et du condenseur des machines frigorifiques, ainsi que le montre le diagramme figure 1. On voit que les pressions de l'ammoniac sont facilement admissibles : l'emploi de l'acide sulfureux, avec un vide à l'aspiration, expose à des rentrées d'air entraînant la formation d'acide sulfurique destructeur des appareils ; l'inconvénient des pressions très élevées de l'acide carbonique ne paraît pas, en général, compensé par la réduction corrélative de l'encombrement du compresseur.

D'autre part, si l'on désigne par r la chaleur de vaporisation, q_1 et q_2 les chaleurs du liquide aux températures extrêmes $T_1 = 17°$ et $T_2 = 0°$ du condenseur et du réfrigérant, dans lequel on suppose une vaporisation ou gazéification complète, on obtient, pour ces trois gaz et pour l'eau, les résultats suivants, en calories :

	Chaleur latente de vaporisation.	Chaleur du liquide.	Puissance réfrigérante.	Perte proportionnelle.
	r	$q_1 - q_2$	$r - (q_1 - q_2)$	$\frac{q_1 - q_2}{r}$
Eau.	606	17	589	$\frac{1}{36}$
Acide sulfurique.	91	5,5	85,5	$\frac{1}{16}$
Ammoniaque	315	15	300	$\frac{1}{21}$
Acide carbonique.	55	9	47	$\frac{1}{6}$

On voit que la perte provenant des frigories emportées par le liquide hors du réfrigérant est beaucoup plus élevée avec l'acide carbonique qu'avec les autres vapeurs.

En diagramme entropique (2), le cycle théorique d'une machine à vapeur est représenté par la figure 2, dans laquelle l'échauffement de l'eau de la température E A à celle F D de la chaudière est représentée par la courbe A D, — et la chaleur correspondante par l'aire E A D F, — sa vaporisation à température constante par D C, sa détente adia-

(1) D'après une communication à la *Society of Arts* de Londres (*Journal*, 3 septembre 1897).

(2) Sur ce diagramme, consulter le remarquable mémoire de *M. Boulvin* (*Revue de mécanique*, janvier, février, avril et juin 1897).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

batique par C B; pendant cette détente, il se liquéfie une proportion de vapeur représentée par le rapport $\frac{B\,H}{A\,A}$, puis le reste de cette vapeur se condense par refoulement à la chaudière suivant B A, en cédant au condenseur la chaleur G B A E. Dans une

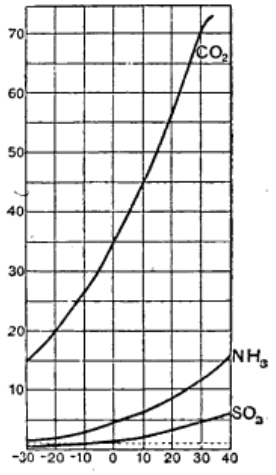


Fig. 1. — Diagramme des tensions de l'acide carbonique, de l'ammoniaque et de l'acide sulfureux. Les tensions sont portées sur ordonnées en atmosphères et les températures centigrades en abscisses.

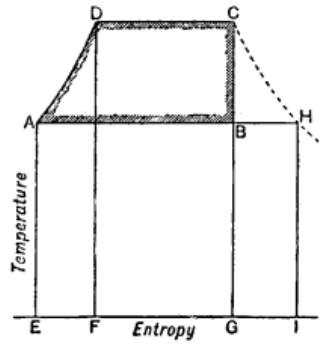


Fig. 2. — Diagramme entropique des machines thermiques et frigorifiques.

machine frigorifique, théoriquement l'inverse d'un moteur thermique, le corps travailleur décrit ce cycle dans le sens C D A B C: le gaz se condense en C D, son liquide se refroidit suivant D A au réfrigérant, s'y vaporise suivant A C, puis se recomprime

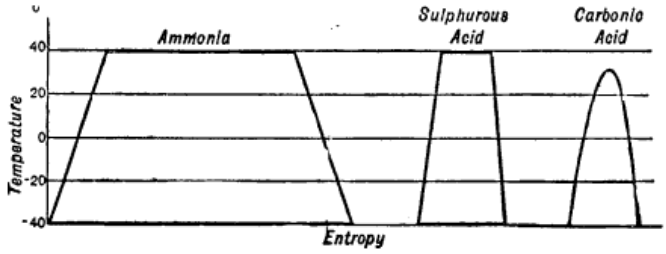


Fig. 3. — Diagrammes entropiques des machines frigorifiques à ammoniac, acide sulfureux et acide carbonique.

suivant B C; si le gaz reste saturé sans surchauffe sa vaporisation A B est incomplète, de la fraction $\frac{B\,H}{A\,H}$, qui reste à l'état de liquide mélangé au gaz à l'entrée dans le compresseur. Ce primage est nécessaire pour que la compression B C puisse être adiabatique. L'aire A E F D représente la chaleur cédée au réfrigérant faute d'un cylindre de détente qui l'absorberait, A B E G, la puissance frigorifique totale du cycle, et l'aire A B E G — A D E F sa puissance effective : A B C D représente le travail dépensé au

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Électrométallurgie. Four Lelièvre. *Elé.* 21 *Août*, 123.
— Galvanisation électrique du fer. *Elé.* 4 *Sept.*, 152.
— Fabrication des produits inorganiques par l'électrolyse (Gourwitsk). *Ms. Sept.*, 635.
Magnétisme. Propriétés magnétiques du fer aux hautes températures (Hopkinson). *RSL.* 20 *Août*, 490.
— Propriétés magnéto-optiques du nickel, fer, cobalt (Leathem). *RSL.* 20 *Août*, 487.
Mesures. Forme des courants : oscillographes (Armagnat). *EE.* 21 *Août*, 346. *Ie.* 25 *Août*, 345. 10 *Sept.* 376. Blondel. *Sie. Juillet*, 411.
— Ampèremètre thermique Camichel. *EE.* 28 *Août*, 285.
— Secohmètre Ayrton et Parry. *EE.* 21 *Août*, 358.
— Rhéographe. Abraham Carpentier. *Sie. Juillet*, 397.
— Compteur Hummel, pour courants alternatifs. *Rt.* 25 *Août*, 369. Wilhmuist. *EE.* 11 *Sept.*, 514.
— Potentiomètre Elliott. *EE.* 11 *Sept.*, 171.
— Pont pour courants alternatifs. *EE.* 11 *Sept.*, 522.
Plombs fusibles et coupe-circuits (étude des) (Laporte). *Sie. Juillet*, 379.
— Downes et F. Woodward. *EE.* 4 *Sept.*, 467.
Solénoïdes (Attraction des) sur les noyaux. *EE.* 4 *Sept.*, 471.
Stations centrales (Dépenses de charbon dans les). *EE.* 21 *Août*, 360.
Télégraphie sous-marine. Récepteur Ader. *EE.* 21 *Août*, 359.
— Sans fils Marconi. *Elé.* 28 *Août*, 135. 4-11 *Sept.*, 150, 164.
Téléphonie sous-marine. *EE.* 21 *Août*, 355, 356.
— Extension en France et à l'étranger. *Ef.* 11 *Sept.*, 333.
Transmission de force. Isoverde-Gênes. *Elé.* 21 *Août*, 120.
— Rheinfelden. *Ie.* 25 *Août*, 349.

HYDRAULIQUE

Canalisations diverses. *Dp.* 20-27 *Août*, 169, 193. *Sept.*, 217, 241.
Compteurs d'eau et de fuites. *Ri.* 4 *Sept.*, 357.
Distribution d'eau. Eaux du Loing et du Lunain à Paris. *Rs.* 28 *Août*, 272.
— Birmingham. *E.* 27 *Août*, 277.
Jauge Venturi. *E'.* 27 *Août*, 210.
Matelas d'air Cobb. *RM. Août*, 804.
Moteurs hydrauliques. Installation et choix. (Ringelman). *Ap.* 26 *Août*, 306.
Pompes demi-rotatives Morell. *E.* 20 *Août*, 246.
— Schey et Tangye. *RM. Août*, 804.
Turbines Ganz à l'exposition de Buda-Pesth. *VDI.* 21 *Août*, 962.
— Types nouveaux. *Industria.* 5, 12 *Sept.*, 561, 579.

HYGIÈNE

Bains publics en Europe (Les). *DOL. Juillet*, 434.
Égouts de Manchester. *E'.* 27 *Août*, 195.

MARINE, NAVIGATION

Bateaux rouleurs (Les). 11 *Sept.*, 231.
Constructions navales pendant les 60 dernières années sur la Tamise. *E'.* 3 *Sept.*, 224.
— Théorie du navire (Reed). *E.* 20-27 *Août*, 239, 273.
— Calcul de la stabilité (Schromm). *ZOI.* 27 *Août*, 511 ; 3 *Sept.*, 519, 10 *Sept.* 534.
— Navire à 2 hélices *Princesse Marie. E.* 3 *Sept.*, 288.
— — à roues *Empress Queen. E'.* 3-10 *Sept.*, 220, 253. *Francz-Joseph. E'.* 10 *Sept.*, 245.
Dock flottant de Saint-Paul-de-Loanda. *E.* 10 *Sept.*, 315.
Garonne et Rhône (Navigation de) (Lechalas). *Rgds.* 30 *Août*, 645.
Gouvernail Kennedy. *RM. Août.* 811.
Halage funiculaire des bateaux (Bourguin). *APC.* N° 16, 267.
Machine marine à roues Joy. *E.* 27 *Août*, 258.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Marine de guerre allemande, anglaise, japonaise. *Rmc. Août*, 384, 419, 417.
— argentine. Croiseur *Sarniento*. *E'*. 3 *Sept.*, 236.
— Torpilleur Ingeniero Hyatt (Chili). *E.* 10 *Sept.*, 315.
— Plaques de blindage et canons. *Rt.* 10 *Sept.*, 390. Essais récents. *E'.* 27 *Août*, 207; *E.* 3 *Sept.* 287.
Naufrages. Statistique en 1894. *Rmc. Août*, 241.
— Flotteur Loniton. *Ln.* 11 *Sept.*, 240.
Pêches maritimes diverses. *Rmc. Août*, 429.
Touage électrique. *E.* 27 *Août*, 252, *EE.* 11 *Sept.* 481.
Volga (Le). *E.* 27 *Août*, 249. 10 *Sept.* 309.

MÉCANIQUE

Aérostation. Navigation aérienne, problème général de la Soreau. *IC. Août*, 119.
Air comprimé. Essai d'un compresseur. *RM. Août*, 811. Moteur Molas *Id.* 812.
— — Bielles ajustables Sinson. *RM. Août*, 812.
Cames Tracé des. *Dp.* 10 *Sept.*, 260.
Chaudières (Vaporisation dans les) (Brillié). *Gc.* 21-28 *Août*, 260, 277. 4 *Sept.*, 293.
— Mixte Lagosse. *RM. Août*, 796.
— *à tubes d'eau* Buttner. *Ri.* 21 *Août*, 333. Philadelphia. *Eam.* 14 *Août*, 191. Wigzell. *RM. Août*, 795. — du Temple (au pétrole). *id.*, 796. — *à vaporisation instantanée* (Walckenaer). *RM. Août*, 747. Serpolet. *RM. Août*, 795.
— Clapet de retenue Groignard. *Ri.* 28 *Août*, 341.
— Tubulaires de la filature de Lindnau. *Gc.* 21 *Août*, 263.
— *Foyers* Meldrum. *Rt.* 25 *Août*, 380.
— — à combustibles pulvérisés Propfe. *Ri.* 28 *Août*, 345.
— Grilles automatiques Faber et Roney. *RM. Août*, 793.
— Niveaux d'eau Montage des). 4 *Sept. Ri.* 350.
— Réchauffeurs Wright et Pimbley. *RM. Août*, 798.
— *Surchauffe*. Application aux machines à vapeur Sinigaglia. *RM. Août*, 720.
Drague à succion Octopus. *E.* 20 *Août*, 229.
— Smulders. *Ri.* 21 *Août*, 336. *E'.* 27 *Août*, 199.
— Handbury. *RM. Août*, 806.
Engrenages (Calculs des) (Jones). *E.* 20 *Août*, 223.
— Hélicoïdaux (Essais d'). *VDI.* 21 *Août*, 968.
— Moulés (Les). *E.* 2 *Sept.*, 285.
Froid (Production mécanique du) (Ewing). *S.A.* 20-27 *Août*, 10 *Sept.*, 1011, 1027, 1079. Conservation des viandes par le *Gc.* 11 *Sept.* 316.
— Réfrigérateur Campbell. *E'.* 28 *Août*, 187.
Gaz comprimés (Récipients de) (Réglementation des). *Ri.* 28 *Août*, 350.
Graissage continu Milocheau Berneau. *RM. Août*, 788. — (épurateur d'huile de). *Ri.* 4 *Sept.*, 355.
— Au graphite. *E.* 10 *Sept.*, 326.
Horlogerie. Pendule compensateur Thury. *Co.* 11 *Sept.*, 328.
Indicateur Ripper. *E'.* 20 *Août*, 185.
Levage. Pont roulant électrique Craven. *E.* 20 *Août*, 245, Wellmann, Morgan. *EE.* 4 *Sept.*, 447, 449.
— Palan électrique Lousberry. *EE.* 4 *Sept.*, 447.
— Treuil électrique Frisbie. *EE.* 4 *Sept.*, 449.
— Appareils de manutention (G. Richard). *RM. Août*, 774.
— Élévateur Duckham. *Id.* 805.
— Basculateur Howatt. *id.*, 805.
Machines-outils pour chaudières Campbell. *E'.* 20 *Août*, 186.
— Tours Von Pitler. *VDI.* 28 *Août*, 993.
— A l'exposition de Leipsick. *VDI.* 4 *Sept.*, 1031.
— Cisaille Aiken. *RM. Août*, 791.
— Commandées par l'électricité. *EE.* 4 *Sept.*, 442. *SIM. Juillet*, 265.
— Fraiseuse Garvin. *RM. Août*, 807.
— Affûteuse pour scies Schwartz. *RM. Août*, 807.
— Laminoir à roues Muller. *RM. Août*, 808. A tubes Pilkington, Hollings. *Id.*, 809.
— Perceuse multiple Warmer. *RM. Août*, 809.
— Presses Samson-Fox et Bliss. *RM. Août*, 808. Tenner de 350 tonnes. *Rt.* 10 *Sept.*, 400.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Machines-outils. Raboteuse Whitehouse. *RM. Août*, 809.
— Tour revolver Gisholt. *E.* 10 *Sept.*, 317. à projectiles Soutgate *E'.* 10 *Sept.*, 261.
— Tubes à fumée (fabrication des) *Gc.* 11 *Sept.* 312.
— — **à bois.** Mortaiseuse des. Defiance Machine Works. *Ri.* 28 *Août*, 343.
— — à l'Exposition de Leipsick. *VDI.* 11 *Sept.*, 1062.
Moteurs à vapeur. Adiabatiques (Les). (Wood). *E.* 20 *Août*, 225.
— à grande vitesse. Carels. *Elé.* 4 *Sept.*, 145.
— Équilibrés Lanchester, rotatif Dubois. *RM. Août*, 814.
— *Distributions* Patinson, Ingersoll. *E.* 20 *Août*, 246. Kingdon. *RM. Août*, 814. Changement de marche *x*. *Gc. Sept.* 318.
— Condenseur à eau régénérée Wite. *RM. Août*, 813. Éjecteur condenseur Bourdon. *RM. Août*, 792.
— Garnitures de pistons (Théorie des) (Reymann.) *Fi. Sept.*, 199.
— Locomobile Albaret. *Ap.*. 2 *Sept.*, 250.
— Régulateur Riter. *RM. Août*, 793.
— **à gaz.** Divers. *Dp.* 20-23 *Août*, 176, 197. 3 10 *Sept.*, 221, 245.
— — (Classification des). *E'.* 3 *Sept.*, 219.
— — Donaldson. *E'.* 10 *Sept.* 250.
— *à pétrole.* Ruston. *E'.* 27 *Août*, 259.
— — à l'Exposition de Bruxelles. *Ap. Sept.*, 350.
— — *Paliers.* Divers, *Dp.* 10 *Sept.* 253.
Résistance des matériaux. Enregistreur Henning. *E.* 30 *Août*, 241.
— Écrouissage des aciers laminés par le travail à froid. (Résal et Allez.) *APc.* N° 20, 342.
Roulements sur billes Philippe et Dumoulin. *Ci.* 14 *Août*, 363; *Ln. Sept.*, 219.
Tachymètre Abdank. Rt. 10 *Sept.*, 388.

MÉTALLURGIE

Aluminates. Extrait de la bauxite. *Im. X*, 823.
— Production et prix. *Ri.* 28 *Août*, 346.
Aluminium (Utilisation de l'). (Hunt.) *Fi. Sept.*, 171.
Cuivre. Raffinage Gutzkow. *Eam.* 21 *Août*, 218.
Fers et aciers (Étude microscopique des). (Sauveur.) *Eam.* 21 *Août*, 215.
— Diffusion des sulfures dans l'acier. (Campbell.) *E.* 10 *Sept.*, 335.
— Chargeurs de fours. Divers. *SuE.* 1er *Sept.* 508.
— Calcination et essais des minerais manganésifères carbonatés (Devisse). *Ru. Août*, 145.
— Poche de coulée Levoz. *E.* 10 *Sept.*, 341.
Fonte. Altération dans l'eau de mer. *Ri.* 21 *Août*, 338.
— Fusibilité des alliages de fonderie (West). *E.* 10 *Sept.* 339.
— Hauts fourneaux divers. *SuE.* 1er *Sept.*, 705.
Fer-blanc (Fabrication du) (Hammond). *E.* 3 *Sept.*, 289.
Or. Traitement des minerais (Degoutin). *Im. X*, 875.
— Cyanuration Garnier. *Cs.* 31 *Août*, 687.
— — Grillage préalable. *Eam.* 14 *Août*, 187.
— En Australie. *Id.*, 190.

MINES

Accidents. Dans les mines américaines. *Eam.* 4 *Sept.*, 272. Secours aux blessés. *Eam.* 28 *Août*, 245.
Argentine. Ressources minières. *Eam.* 28 *Août*, 250.
Épuisement. Pompe souterraine de 400m3, mines de Buray. *Rt.* 25 *Août*, 367.
Exploitation. Min. de Fajal. *Eam.* 4 *Sept.* 275.
Fermetures automatiques de puits aux mines de Wilezck. Gc. 4 *Sept.*, 297.
Gites métallifères (Étude des). (de Launay.) *AM. Août*, 119.
Haveuse Ingersoll-Sergeant. *R. M. Août*, 813.
Houille. Bassin de l'Héraclée. *Im. X*, 773, du Donetz (Monseu). *Ru. Août*, 135.
— Propriétés hygrométriques des charbons (Carpenter). *E.* 27 *Août*, 269.
Kaolin dans le Vermont. *Eam.* 14 *Août*, 189.
Machines (Économies réalisables par l'emploi des). *Im. X*, 917.
Or. Mines de Sibérie et le transsibérien. *Im. X*, 855. *Gc.* 11 *Sept.* 308.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Or. Mines du Yukon. *Eam.* 28 *Août*, 248.
— — de Klondinite (Canada). *Eam.* 14 *Août*, 184. *Ru. Août*, 196.
— — de l'Alabama. *Id.*, 185.
— — du Witwatersrand. *Id.*, 190.
Perforatrices à air comprimé François. *E.* 3 *Sept.*, 289. *Ru. Août* 98.
— électriques Siemens. *ZOI.* 3 *Sept.*, 517.
Phosphates. Gisement de Constantine. (Château). *IC. Août*, 193.
Rapports entre les propriétaires des mines et ceux du sol. Im. X, 725.
Russie. Industrie minérale. *Ru. Août*, 196.
Terre-Neuve. Recherches minérales. *Fi. Sept.*, 161.

PHOTOGRAPHIE

Diamidorésorcine et Triamidophénol (Révélateurs). *Actualités chimiques. Sept.*, 299, 304.
Écrans en glaces à faces parallèles (Essais d'). (Duchesne). *Sfp.* 15 *Août*, 392.
Gélatino-bromure (Épreuves positives sur papier au). *Sfp.* 15 *Août*, 390.
Grille pour cinématographe. Sfp. 15 *Août*, 393.
Papier à noircissement direct (Développement sur) (Lisegang). *Sfp.* 15 *Août*, 396.
Retouche (Appareil mécanique de). *Cs.* 21 *Août*, 230.

Le Gérant : Gustave Richard.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

compresseur, et le rendement dépendra du rapport $\frac{q_1 - q_2}{x\ r}$ dans lequel $x = \frac{A\ B}{H\ A}$. On a représenté en figure 3 les diagrammes entropiques de ce cycle pour l'ammoniac, l'acide sulfureux et l'acide carbonique, et l'on voit que l'absence d'un cylindre de détente occasionne une perte notable avec l'acide carbonique, mais très faible avec l'ammoniac. La forme arrondie du diagramme de l'acide carbonique tient à ce que sa température de liquéfaction est voisine de son point critique.

Dans le diagramme figure 4, qui suppose une compression de l'ammoniac à l'état sec, sans admission du liquide au compresseur, avec une température de — 10° au réfrigérant et de + 20° au condenseur, l'ammoniac se surchauffe pendant la compression adiabatique H K jusque, par exemple, 80°, puis, en passant au condenseur, tombe de 80° à 20°, suivant K C. Le travail du compresseur augmente de B C H K, et la puissance frigorifique de l'aire correspondante à B H, ce qui diminue le rendement de

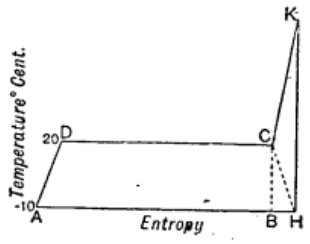


Fig. 4. — Diagramme entropique de l'ammoniaque avec compression sèche.

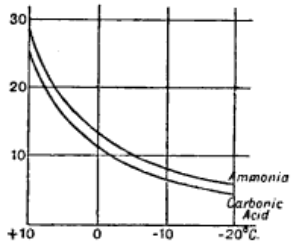


Fig. 5. — Fonctionnement théorique des machines à ammoniac et à acide carbonique sans cylindre de détente. Les ordonnées représentent les rendements aux températures de réfrigérant portées en abscisses.

8 p. 100 par rapport à celui avec la compression suivant B C, de sorte que cette question de surchauffe n'a que peu d'importance au point de vue du rendement thermique dans l'hypothèse d'une compression adiabatique. Mais cette hypothèse ne se réalise jamais, et, en réalité, il semble résulter des expériences de Schröter que, même avec l'ammoniac, une légère surchauffe serait plutôt avantageuse. Avec l'acide carbonique, elle l'est incontestablement, et même nécessaire quand la température de la compression s'approche du point critique.

Si l'on compare le rendement des machines frigorifiques en compression adiabatique saturée à celui du cycle de Carnot correspondant, avec l'acide carbonique et l'ammoniac, et à la même température de condensation + 20°, on obtient les résultats suivants (fig. 5).

Température du réfrigérant.	RENDEMENT THÉORIQUE.		Rendement en cycle de Carnot.
	Ammoniac.	Acide carbonique.	
10	27,28 0/0	25,7	28,3
5	18,1		18,5
0	13,2	11,4	13,6
— 5	10,2		10,7
— 10	8,3	6,8	8,8
— 20	5,9	4,5	6,3

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On voit combien le rendement de la machine à ammoniac diffère peu de celui du cycle de Carnot, de sorte que l'on ne gagnerait rien à l'addition d'un cylindre de

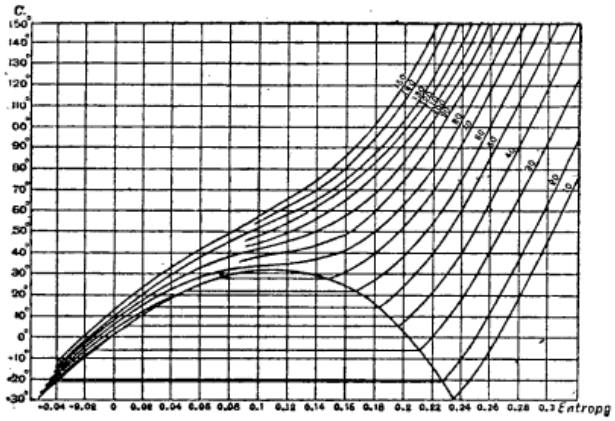


Fig. 6. — Diagramme entropique de l'acide carbonique.

détente; et l'emploi de ce cylindre n'a pas réussi en pratique, même avec l'acide carbonique. A mesure que la température de condensation s'élève, le rendement s'abaisse

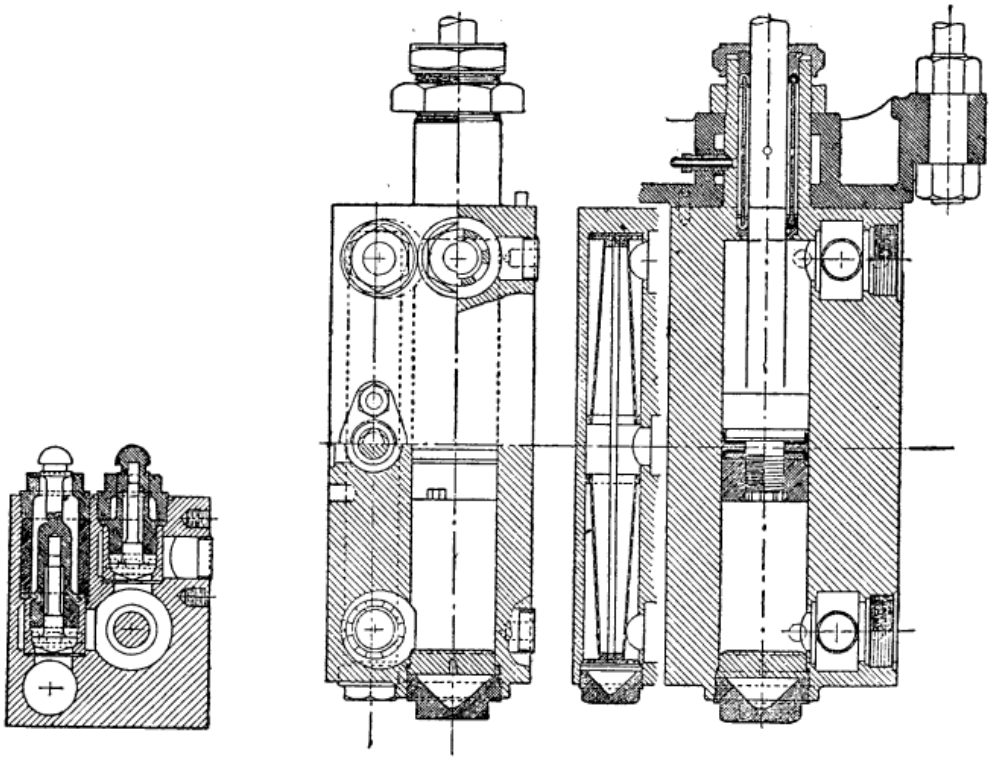


Fig. 7 à 9. — Compresseur à acide carbonique de *Hall*.

de plus en plus, surtout pour les machines à acide carbonique, dont le point critique est à 31°. A mesure qu'on s'approche de ce point, la chaleur q du liquide augmente.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. Mollier a tracé, d'après les réseaux de M. Amagat, le diagramme figure 6, dont les courbes numérotées correspondent à l'acide carbonique surchauffé sous des pressions constantes de 10 à 150 kilogrammes par centimètre carré. On peut, grâce à ces courbes, tracer le diagramme entropique d'un cycle à températures supérieures au point critique et à différents degrés de surchauffe. On voit, qu'à 30°, la puissance frigorifique s'annulerait sans la surchauffe.

Les hautes pressions des machines à acide carbonique exigent des garnitures spéciales. Celles de Wind'hausen, construites par MM. Hall, à Dartford, ont (fig. 7 à 9) leurs pistons garnis par un double cuir embouti, et leurs *stuffing box* par une injection, également entre deux cuirs emboutis, de glycérine refoulée à une pression supérieure à celle de la compression. Le compresseur a son cylindre foré dans un lingot d'acier forgé.

TACHYMÈTRE *Metcalf*.

Un cône A (fig. 10) commandé en B par la machine dont on veut connaître la vitesse, entraîne un plateau C, constamment appuyé sur lui par un ressort, et en prise, par la pointe L, avec une vis D, animée d'un mouvement uniforme. Il en résulte que le plateau *c* se déplace sur D jusqu'à ce qu'il reçoive de A une vitesse de rotation

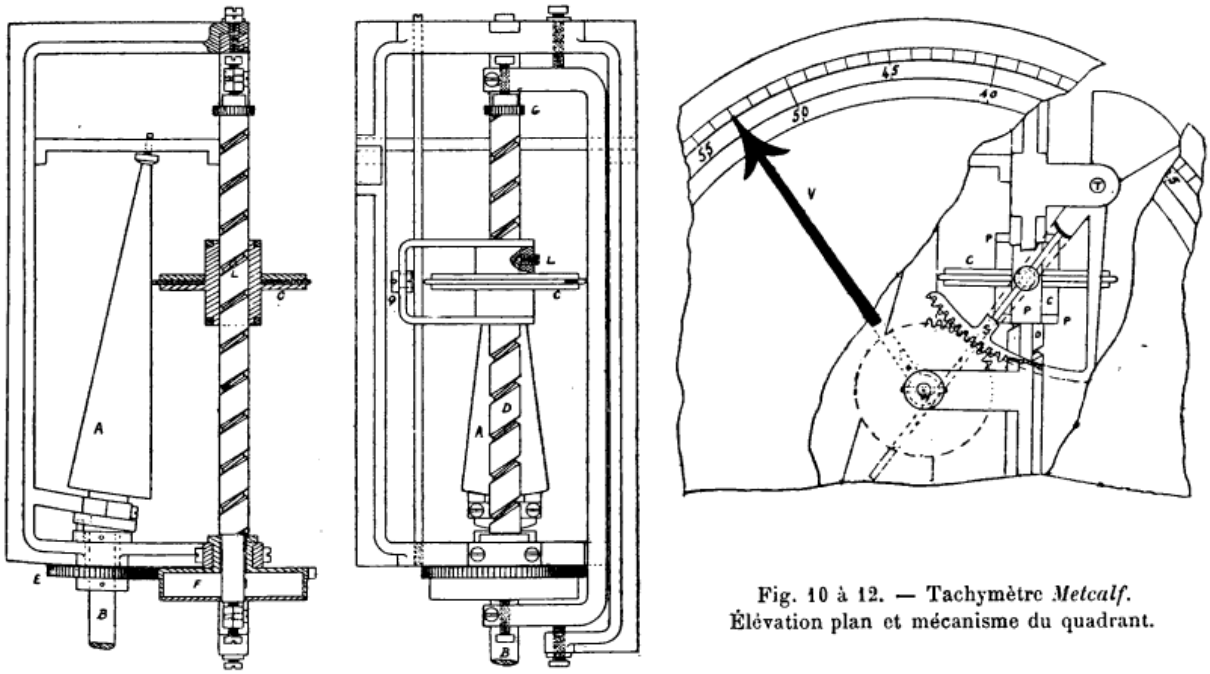


Fig. 10 à 12. — Tachymètre *Metcalf*.
Élévation plan et mécanisme du quadrant.

égale à celle de D, de sorte que la position de C sur D est fonction de la vitesse de A. Pour indiquer cette position, et, par suite, la vitesse de A, C commande, par le renvoi P, Q, R, S (fig. 12), l'aiguille d'un cadrant V, convenablement gradué.

Quant au mouvement uniforme de D, il lui est communiqué par un mécanisme d'horlogerie à roue d'échappement en prise avec son pignon G, et dont la marche est entretenue par le torque même que D reçoit de B, par le pignon E et l'engrenage F, embrayé à friction sur D.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MACHINE A PERCER LES AXES D'HORLOGERIE DE *H. Church* (WALTHAM).

Cette machine prend les axes à travailler, les présente successivement à quatre outils, et les rejette finis, par un fonctionnement entièrement automatique et précis.

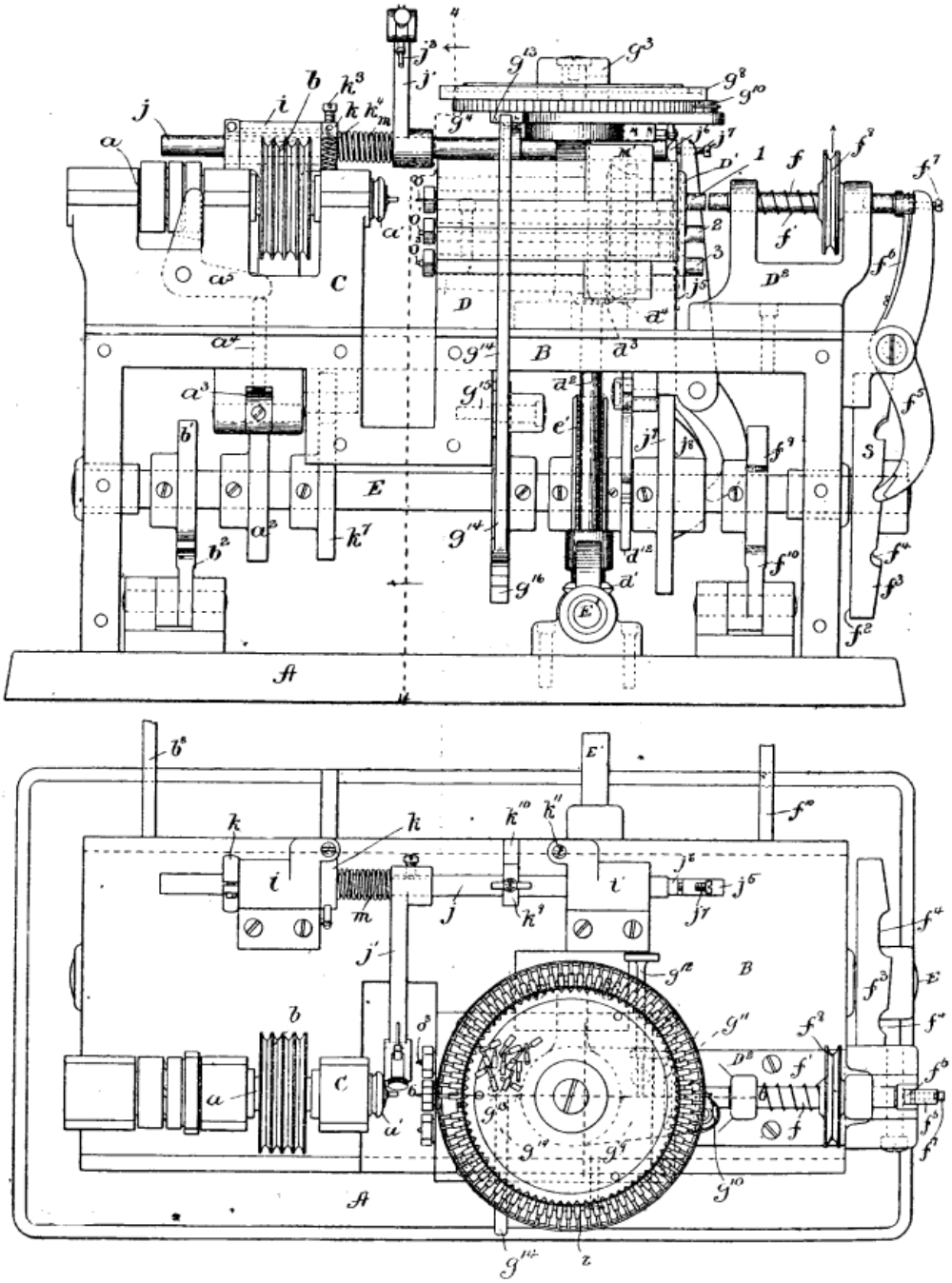


Fig. 13 et 14. — Perceuse *Church*. Élévation et plan.

La machine comprend (fig. 13 à 18), montée sur une table B, et commandée de l'arbre

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

principal E, quatre mécanismes principaux: deux poupées C et D_2, un chariot D et une main poseuse J_2.

La poupée C porte un chuck a', avec éjecteur commandé, de E, par la came a_2 et le renvoi $a_3\ a_4\ a_3$ (fig. 13 et 16) ; il est mis en rotation par une poulie b, que commande un contre-arbre à débrayage actionné de E, par $b'\ b_2$.

Le chariot D porte un revolver D' (fig. 18) à quatre broches 1, 2, 3, 4, (fig. 15), avec rappels $c\ c'$, dont les deux premières ne peuvent que glisser en D' et les deux dernières tourner et glisser. La rotation du revolver D', qui amène successivement les broches 1, 2, 3 et 4 dans l'axe des poupées C et D_2, est commandé, de l'arbre E', moteur de e,

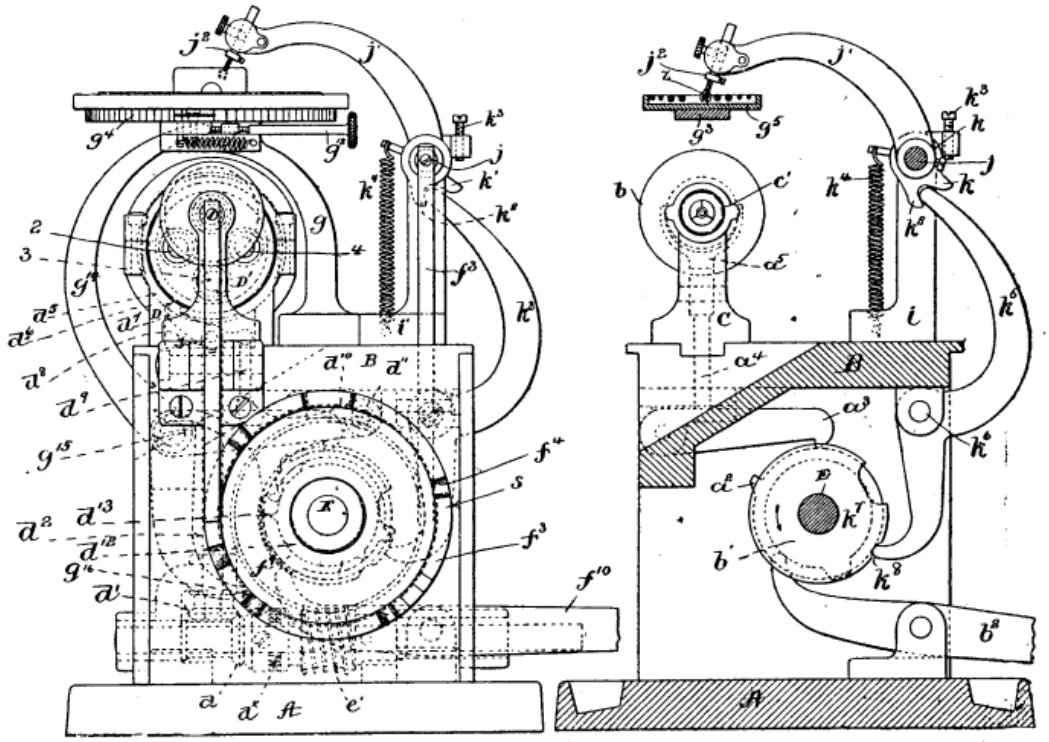


Fig. 15 et 16. — Perceuse *Church*. Vue par bout de droite et coupe 4-4 (fig. 13).

par le train hélicoïdal $c\ c'$, dont le pignon d, entraîné à friction d' (fig. 15), commande par $d'\ d_2\ d_3$ le pignon d_4 (fig. 18) du revolver, pourvu d'une came d_5, à quatre encoches d_6, correspondant aux broches 1, 2, 3, 4, et enclenchées successivement par le loquet d_7, à rappel d (fig. 15). Après chacune des opérations de ces broches, la came d_{12} (fig. 13 et 15) à quatre dents d_{13}, correspondant aux broches, déclenche d_7 de d_5 par le renvoi $d_{10}\ d_9$.

La poupée D_2 porte une broche f, à rappel f', avec griffes pouvant embrayer celles des broches tournantes 3 et 4, poussée successivement sur ces broches par le ressort f_6, réglé en f_7, du levier f_5 (fig. 13), que commande le plateau came $S\ f_2\ f_3$, à encoches f_4, calé sur E, et tourné par la poulie f_2, dont le contre-arbre est périodiquement embrayé par la came f_9 de E et levier f_{10} (fig. 15).

Sur le chariot D, est monté (fig. 18) un axe vertical g', à plateau g_3, avec rochet g_4

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

(fig. 15) et table g_5, dans la jante g_6 g_7 de laquelle sont disposés les axes à travailler z. Un bras $g_9 g_{13}$, pivoté sur g', actionné, de E, par la came g_{12} et le renvoi g_{14} g_{15} g_{13}, porte un cliquet g_2, qui, à chaque tour de E, fait pivoter g_3 et la table g_5 d'un angle réglé par la butée g_{12} (fig. 15) du ressort de rappel de g_9. Le frottement du petit frein h, à ressort h' (fig. 18), réglable en h_2, arrête le lancé de g_3 sous l'impulsion de g_9.

Le levier j' de la main poseuse, à pince j_2, pivoté en J, est amené par son rappel k_4, réglable par la butée k, à vis k_3, à présenter l'axe z, pris en g_5 (fig. 16) devant la broche a (fig. 17) pendant tout le temps que le talon du levier k_5 k_6 met à passer l'encoche kn_1, de la came k_7, calée sur E; puis ce talon, passant sur la circonférence de k_7, relève j'

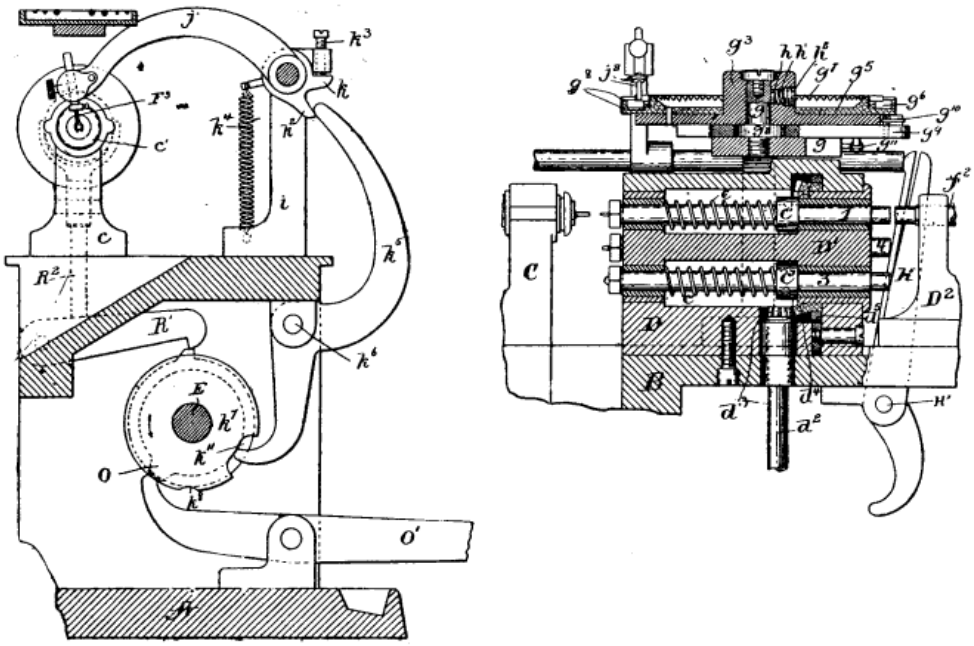


Fig. 17 et 18. — Perceuse *Church*. Détail de la main poseuse et du revolver.

par k_2, le laisse, par la petite encoche k_8, retomber sur g_5 de manière à saisir (fig. 15) un axe z, puis relève de nouveau j' jusqu'au repassage de k''.

Ceci compris, voici comment fonctionne la machine.

Après que la main poseuse (fig. 15) a saisi, comme nous l'avons vu, un axe z, elle se relève, est poussée vers la poupée C, malgré le ressort m (fig. 14) par la came $j_8 j_9$ de E fig. 13) et le contact élastique j_6, réglable en j_7, du levier j_5, dans la position figure 13, où g', dégagé de la table g_3, abaisse j_3 et z entre a' et le poinçon o de la première broche 1 de D', qui pousse z en a' et se relève; après quoi, D' amène en face de a' la broche 2, dont la pointe o' amorce le perçage de z, continué ensuite par le foret o_2 de la broche tournante 3. Pendant ce perçage, les ondulations de la came f_3 (fig. 15) retirent plusieurs fois o_2 de z, pour en dégager les copeaux : enfin, le quatrième outil o_3 fraise le trou percé par o_2, puis le chuck a', ouvert par a_3, rejette l'axe z terminé.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

BIBLIOGRAPHIE

LES ORIGINES DE LA MACHINE A FABRIQUER LE PAPIER CONTINU (1)

D'après une notice biographique sur Nicolas-Louis Robert, imprimée à Dreux, en 1873, par Ch. Lemenestrel et signée par *M. J. Bréville.*

En publiant cette notice, l'auteur, aujourd'hui décédé, s'était proposé de ne point laisser tomber dans l'oubli la mémoire de l'un des inventeurs français qui ont le plus contribué au progrès de l'industrie moderne. C'est dans la même pensée qu'il nous paraît utile de résumer, d'après cette notice, les origines de la *machine à fabriquer le papier continu* et de reproduire, en même temps qu'un portrait de Robert, le fac-similé du manuscrit de sa demande de brevet. Nous souhaitons aussi que la reconnaissance due à cet homme de génie détermine en faveur de sa petite-fille, M^me^ veuve Hurel, un nouveau concours de sympathies efficacement bienveillantes.

Nicolas-Louis Robert naquit le 2 décembre 1761, à Paris, rue Neuve-Saint-Eustache.

Ses parents le firent élever chez les Minimes, où, en raison de son caractère sérieux, ses camarades le surnommèrent bientôt le Philosophe. Sous cette apparence paisible, qui tenait sans doute à une constitution assez frêle, se cachait une âme indépendante et impressionnable. Louis Robert en donna bientôt la preuve : à l'âge de 15 ans, emporté par la passion des voyages et de l'état militaire, il quitta furtivement la maison paternelle et se rendit à Nevers, où il essaya de s'engager.

N'ayant ni la taille ni l'âge réglementaire, il dut revenir à Paris chez ses parents, fort inquiets de cette disparition, et en fut quitte pour une réprimande bien méritée.

Nicolas-Louis ROBERT

Inventeur de la Machine à Papier continu

NÉ A PARIS LE 2 DÉCEMBRE 1761, MORT A DREUX LE 8 AOUT 1828

(D'après une photographie sur miniature de M. BONNET-DELENTE, de Dreux).

Après achèvement de ses études, Robert fut placé en qualité de clerc chez un notaire de la rue Saint-Louis, au Marais. Mais le notariat répondait mal aux aspirations d'un esprit aventureux. Les parents de Robert, que des revers de fortune avaient réduits à une condition très modeste, finirent par céder au désir de leur fils et celui-ci se fit incorporer, le 23 avril 1780, dans le régiment de Grenoble-Artillerie, dont le premier bataillon tenait garnison à Calais.

(1) *Revue de la Papeterie*, 15 septembre 1897.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Bientôt survint le soulèvement des colonies anglaises de l'Amérique du Nord, écrasées d'impôts par la métropole. La guerre de l'*Indépendance* ne pouvait laisser Robert indifférent : quinze mois après son entrée au service, il obtint de faire partie d'un détachement d'artillerie envoyé en Amérique et se distingua dans plusieurs combats contre les Anglais.

La rude expérience qu'il fit de la carrière militaire, le peu d'avenir réservé, à cette époque, aux simples soldats, — dont l'ambition devait se borner aux galons de sergent-major, — le firent sans doute réfléchir, car, après avoir obtenu son congé et les attestations les plus honorables de bonne conduite et de bravoure, il était, l'an II de la République, *correcteur* chez M. Pierre Didot jeune, imprimeur, frère de M. François-Ambroise Didot.

M. Pierre Didot sut apprécier le mérite du nouveau correcteur et conseilla à son fils, M. Didot Saint-Léger, auquel il avait cédé sa papeterie d'Essonnes, de charger Robert de la comptabilité de cet établissement.

Doué du génie de la mécanique, que de solides études avaient largement développé, il fut frappé des difficultés inhérentes à la direction de trois cents ouvriers, dont les têtes, naturellement vives, étaient encore exaltées par les idées et les événements du temps. On fabriquait à Essonnes le papier destiné à la confection des assignats, et souvent l'indiscipline du personnel avait été la cause de sérieux désordres.

Robert reçut le projet de fabriquer du papier au moyen d'une machine. Un premier modèle, bien que ne répondant pas complètement à son attente, lui fit entrevoir la possibilité du succès; puis les travaux courants le détournèrent momentanément de la solution du problème. Mais, encouragé par M. Didot Saint-Léger qui, tout d'abord fort sceptique, avait bientôt compris l'importance d'une semblable invention, Robert se mit à l'œuvre, et, après cinq années de recherches et de tâtonnements, il construisit un nouveau modèle, que M. Didot Saint-Léger fut mis à même d'essayer en secret et dont il constata la réussite complète. Aussi M. Didot s'empressa-t-il de donner à Robert les autorisations nécessaires pour exécuter en grand le modèle si heureusement créé.

Dans la machine primitive, la pâte était répandue sur une toile métallique tendue horizontalement; cette toile recevait, tout en cheminant, un petit mouvement précipité de va-et-vient, analogue à celui des bras de l'ouvrier dans la fabrication manuelle. Chargée de pâte, la toile passait entre deux cylindres garnis d'étoffe de laine, où elle recevait une pression suffisante pour extraire l'eau en excès; la pâte prenait ainsi assez de consistance pour être levée de dessus la toile en forme de papier, au fur et à mesure de la fabrication; elle était ensuite portée au séchoir.

Malheureusement, les ressources de Robert étaient fort modiques et il n'était pas en état de faire les dépenses que nécessitait l'obtention d'un brevet; il écrivit donc au ministre de l'intérieur la lettre suivante :

Paris, 23 fructidor an VI,

Citoyen ministre,

Depuis plusieurs années que je suis employé dans une des principales fabriques de papier de la République, j'ai songé à simplifier les opérations de cet art en rendant la manutention infiniment moins dispendieuse et surtout en faisant un papier d'une étendue extraordinaire, sans le secours d'aucun ouvrier, et par des moyens purement mécaniques. Je suis enfin parvenu

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à force de travail, d'expériences et de frais, à exécuter une machine qui remplit parfaitement le but que je me proposais : économie de temps et de main-d'œuvre, fabrication d'un papier extraordinaire de 12 ou 15 mètres de longueur si l'on veut, voilà en peu de mots les avantages que j'obtiens de ma machine exécutée chez le citoyen Didot, manufacturier à Essonnes. Je dois à la vérité, et c'est ici le lieu de le dire, que j'ai trouvé dans le citoyen Didot de puissants secours pour l'exécution de cette machine; ses ateliers, ses ouvriers, sa bourse même ont été à ma disposition avec cette générosité et cette confiance que l'on ne trouve ordinairement que dans les véritables amis des arts; mais je ne peux ni ne dois plus user de ces ressources dans ce moment que je sollicite auprès de vous, citoyen ministre, le brevet d'invention qui doit m'assurer ma propriété, et, livré à moi-même, ma fortune ne me permet pas de payer d'abord la taxe de ce brevet que je désire avoir pour quinze ans, ni même de faire les frais d'un modèle. C'est pourquoi je vous prie, citoyen ministre, de nommer des commissaires pour examiner sur les lieux celle exécutée en grand, et, en conséquence du rapport qu'ils vous en feront, de me faire accorder mon brevet gratuitement en considération de l'utilité immense de ma découverte.

ROBERT.

Voici la réponse du ministre :

Paris, le 14 vendémiaire an VII de la République française une et indivisible.

Citoyen, j'ai examiné avec attention le mémoire que vous m'avez adressé le 23 fructidor et dans lequel vous exposez que vous êtes l'inventeur d'une machine au moyen de laquelle on peut faire du papier d'une étendue extraordinaire sans le secours d'aucun ouvrier. Vous ajoutez que vous êtes dans l'intention de vous assurer la propriété de votre découverte en prenant un brevet d'invention, mais que votre fortune ne vous permet pas de payer la taxe de ce brevet, ni même de faire les frais d'un modèle. Vous demandez que je charge des commissaires de se transporter à Essonnes afin d'y reconnaître l'utilité de votre machine, et que d'après leur rapport, le brevet d'invention que vous sollicitez vous soit accordé gratuitement.

Quelque intérêt, citoyen, que comporte votre découverte, je ne puis vous dispenser de payer la taxe du brevet que vous êtes dans l'intention d'obtenir; les lois des 7 janvier et 25 mai 1791 (vieux style) déterminent la quotité de la somme qui doit être comptée pour cet objet, et il n'est pas en mon pouvoir de déroger à ce qu'elles prescrivent à cet égard; cependant, citoyen, si votre machine produit les effets que vous annoncez, je me ferai un plaisir de proposer au gouvernement de vous faire participer aux encouragements qu'il accorde aux inventeurs d'objets utiles. Je viens d'autoriser les membres composant le Conservatoire des arts et métiers à envoyer à Essonnes l'un des dessinateurs attachés à cet établissement. Il est chargé de faire le dessin de votre machine; je vous invite, citoyen, à lui donner tous les renseignements dont il aura besoin pour remplir la mission qui lui est confiée.

Salut et fraternité,

FRANÇOIS DE NEUFCHATEAU (1).

La sollicitude du ministre pour les découvertes favorables au progrès de l'industrie française se manifesta bientôt ; le 14 frimaire suivant, Robert recevait une seconde lettre ci-après transcrite :

Citoyen, conformément à votre demande, j'ai soumis à l'examen des gens de l'art les dessins de la machine que vous avez inventée et au moyen de laquelle on peut fabriquer du papier d'une dimension extraordinaire. Il résulte de leur rapport que cette machine est utile et mérite l'attention du gouvernement. Dans cet état de choses, citoyen, j'ai pensé que vos

(1) L'un des fondateurs de la *Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale.*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

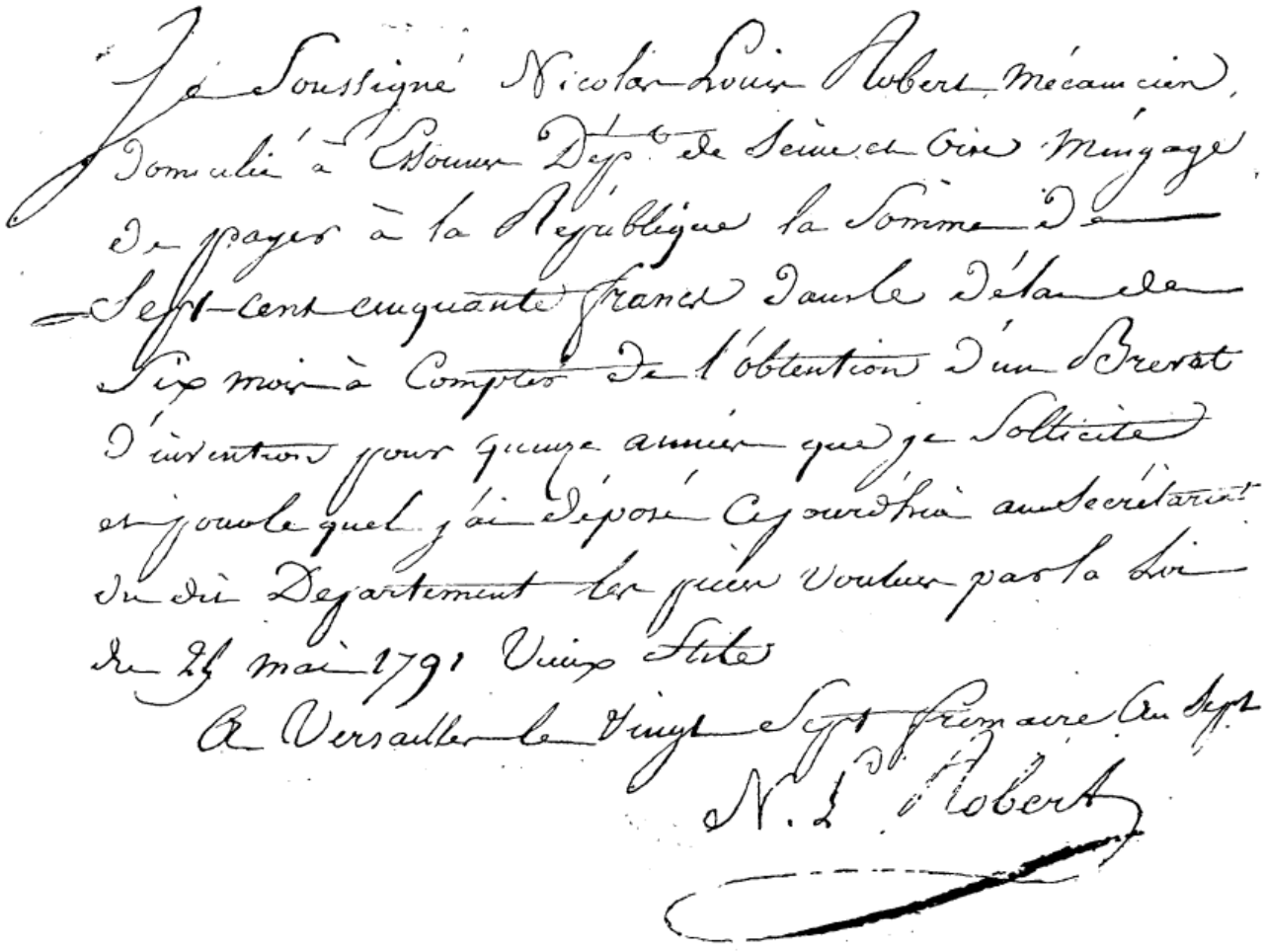
travaux vous donnaient des droits aux récompenses nationales. J'ai, en conséquence, décidé qu'il vous serait compté une somme de trois mille francs à titre d'encouragement. Le chef de la comptabilité générale de mon ministère vous remettra incessamment le mandat nécessaire à cet effet. Vous reconnaîtrez, citoyen, dans cette faveur, l'intérêt que je prends au progrès des arts, et je désire que cet encouragement vous mette à portée de vous occuper de tout ce qui peut tendre au développement de l'industrie.

Salut et fraternité,

FRANÇOIS DE NEUFCHATEAU.

Notons, en passant, la diligence apportée à l'enquête prescrite par le ministre et la simplicité de la procédure. Robert demande le 23 fructidor an VI, c'est-à-dire le 9 septempre, l'aide du gouvernement, le ministre lui répond le 14 vendémiaire an VII, soit le 5 octobre suivant (on sait que l'année républicaine commençait à l'équinoxe d'automne) qu'il va faire examiner la machine nouvelle ; deux mois après, les membres du Conservatoire des arts et métiers avaient rédigé un rapport favorable, et le ministre allouait à l'inventeur, sous forme de récompense nationale, une somme de trois mille francs. N'y a-t-il pas là, pour l'administration actuelle, désespérément lente et paperassière, une leçon de choses ? Mais revenons à notre sujet.

Mis en état d'obtenir son brevet, Robert se hâta de remplir les formalités légales, ainsi qu'en témoigne le fac-similé de la demande reproduite plus bas :



Je soussigné Nicolas-Louis Robert, mécanicien, domicilié à Bourg-Dep. de Seine et Oise, Mingagé de payer à la République la somme de Sept-cent cinquante francs dans le délai de Six mois à Compter de l'obtention d'un Brevet d'invention pour quinze années que je Sollicite et pour lequel j'ai déposé Ce jourd'hui au Secrétariat du dit Département les pièces voulues par la Loi du 25 mai 1791 Vieux Stile

A Versailles le Vingt Sept Frimaire An Sept

N. L. Robert

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le 29 nivôse, six semaines après l'allocation de l'encouragement qui lui avait été attribué, Robert était titulaire du brevet.

M. Didot Saint-Léger et Robert ne s'accordèrent point tout d'abord sur le prix de la cession de ce brevet; bien plus, un procès s'engagea entre eux. Robert eut gain de cause : il obtint la restitution de la machine construite aux frais de M. Didot et restée en dépôt chez ce dernier.

Dans l'intervalle, Robert s'était rendu à Darnétal, près Rouen, pour y monter une fabrique de papier; mais, faute de ressources, il se vit dans la nécessité de fermer ses ateliers. A l'issue du procès avec M. Didot, il revint à Paris; un rapprochement se fit entre lui et son ancien patron, et ils tombèrent enfin d'accord sur le prix de la cession du brevet, ainsi qu'en témoigne un acte du 7 germinal an VIII, passé devant Me Silly, notaire à Paris.

Par ce contrat, outre la cession de ses droits résultant du brevet, Robert s'engageait à livrer à M. Didot Saint-Léger une machine neuve, ainsi qu'un modèle en grand de nouveaux appareils à presser et à étendre le papier, récemment inventés par Robert, puis à enseigner certains procédés particuliers employés par lui, certains *tours de main*, — dirions-nous aujourd'hui, — pour le collage du papier.

Le prix de la cession et des fournitures fut fixé à la somme de 27 400 francs, sur laquelle 2 400 francs furent versés comptant; le surplus était payable sur les produits de la manufacture d'Essonnes.

Après avoir rempli, à la satisfaction du concessionnaire, les conditions du traité, Robert consentit, sur la demande de celui-ci, à suivre et à diriger pendant trois mois les opérations de la fabrication et du collage du papier; M. Didot voulait se rendre en Angleterre, afin d'y exploiter le brevet dont il était cessionnaire, et il savait qu'il pouvait compter sur Robert pour bien diriger la papeterie d'Essonnes pendant son absence.

M. Didot Saint-Léger partit donc, emportant un modèle de la machine à papier continu; mais le séjour en Angleterre, qui devait être de courte durée, se prolongea au delà de cinq ans. D'après une correspondance suivie entre M. Didot et Robert, le premier se révèle comme le véritable vulgarisateur de la machine à papier continu, ne reculant pas devant d'énormes dépenses pour y apporter tous les perfectionnements utiles.

Pendant ce temps, Robert continuait à diriger la manufacture d'Essonnes. Tout alla bien pendant quelques années; cependant, le voyage de M. Didot était plus profitable aux progrès de l'industrie qu'à sa fortune personnelle, et, malgré ses efforts, des embarras financiers entravèrent la fabrication, qu'une sédition des ouvriers arrêta complètement.

La vente de la manufacture suivit de près, et Robert se trouva de nouveau dans une situation difficile : il n'avait reçu que les intérêts du prix de son brevet, il lui fallait renoncer au capital. L'inexécution du traité lui faisait, il est vrai, recouvrer tous ses droits et il put construire une machine, qu'il vendit à M. Guillot, propriétaire de la fabrique du Mesnil, mais ses ressources étaient bien peu considérables, et sa santé, chancelante.

En 1814, son brevet prit fin, et Robert apprit que MM. Berthe et Amoir venaient d'établir une de ses machines à Saint-Roch.

Sans travaux, sans position, il ne lui resta d'autre ressource, pour subvenir aux besoins de sa famille, que le produit d'une modeste école primaire qu'il vint ouvrir dans un faubourg de Dreux.

C'est là qu'il rendit le dernier soupir, le 8 août 1828, à l'âge de 66 ans, entouré de l'affection des siens et des sympathies nombreuses que lui avait attirées un caractère aimable et bon.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LITTÉRATURE

DES

PÉRIODIQUES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE DE LA SOCIÉTÉ

Du 15 Août au 15 Septembre 1897

DÉSIGNATIONS ABRÉGÉES DES PUBLICATIONS CITÉES

Ag. . . . Journal de l'Agriculture.
Ac. . . . Annales de la Construction.
Acp. . . . Annales de Chimie et de Physique.
AM. . . . Annales des Mines.
Ap. . . . Journal d'Agriculture pratique.
APC. . . . Annales des Ponts et Chaussées.
At. . . . Annales télégraphiques.
Bam. . . . Bulletin technologique des anciens élèves des écoles des arts et métiers.
Btp. . . . Bulletin du ministère des Travaux publics (statistiques).
BMA . . . Bull. du ministère de l'Agriculture.
Ci. . . . . Chronique industrielle.
Co. . . . . Cosmos.
CN. . . . Chimical News (London).
Cs. . . . . Journal of the Society of Chemical Industry (London).
CR. . . . Comptes rendus de l'Académie des Sciences.
DoL. . . . Bulletin of the Department of Labor des États-Unis.
Dp. . . . Dingler's Polytechnisches Journal.
E. . . . . Engineering.
E'. . . . . The Engineer.
Eam. . . . Engineering and Mining Journal.
EE. . . . Eclairage Électrique.
El. . . . Electrician (London).
Elé. . . . L'Électricien.
Ef. . . . . Économiste français.
Es. . . . . Engineers and Shipbuilders in Scotland (Proceedings).
Fi . . . . Journal of the Franklin Institute (Philadelphie).
Gc. . . . . Génie civil.
Gm. . . . Revue du Génie militaire.
IC. . . . . Ingénieurs civils de France (Bull.).
Ie. . . . . Industrie électrique.
Im . . . . Industrie minérale de St-Étienne.
IME. . . . Institution of Mechanical Engineers (Proceedings).
IoB. . . . Institution of Brewing (Journal).
La . . . . La Locomotion automobile.
Ln. . . . . La Nature.
Ms. . . . . Moniteur scientifique.
N. . . . . Nature (anglais).
Pc. . . . Journal de Pharmacie et de Chimie.
Pm. . . . *Portefeuille* économ. des *machines*.
Rgc. . . . Revue générale des chemins de fer.
Rgds. . . . Revue générale des Sciences.
Ri . . . . Revue industrielle.
RM. . . . Revue de mécanique.
Rmc. . . . Revue maritime et coloniale.
Rs. . . . . Revue Scientifique.
Rso. . . . Réforme Sociale.
RSL. . . . Royal Society London (Proceedings).
Rt. . . . . Revue technique.
Ru. . . . . Revue universelle des mines et de la métallurgie.
SA. . . . Society of Arts (Journal of the).
ScP. . . . Société chimique de Paris (Bull.).
Sfp. . . . Société française de photographie (Bulletin).
Sg. . . . . Bulletin de la Société de géographie.
Sgc. . . . Bulletin de la Société de géographie commerciale.
Sie. . . . . Société internationale des Électriciens (Bulletin).
SiM. . . . Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse.
SiN. . . . Société industrielle du Nord de la France (Bulletin).
SL. . . . . Bull. de statistique et de législation.
SNA. . . . Société nationale d'agriculture de France (Bulletin).
SuE. . . . Stahl und Eisen.
USR. . . . Consular Reports to the United States Government.
VDI. . . . Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure.
ZOI. . . . Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieure und Architekten-Vereins.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

AGRICULTURE

Agriculture en Angleterre (L'). *Ap.* 2 *Sept.*, 338
— au pays d'Auge. *Ap.* 2 *Sept.*, 341.
Apiculture. Attraction des insectes par les fleurs (Plateau). *Co.* 21-28 *Août*, 248, 274.
Bétail. Tuberculose. *Ap.* 19 *Août*, 260.
— Tourteaux alimentaires. *SNA. Mai*, 253.
— Brebis laitières. *Ap.* 9 *Sept.*, 387.
— Préparation des aliments. *Ag.* 21, 28 *Août*, 296, 341; 4 *Sept.*, 381.
— (Phosphates dans l'alimentation du). *Ag.* 4 *Sept.*, 369.
Betteraves. (Expériences sur l'espacement des). *Ag.* 21 *Août*, 309. 4 *Sept.*, 390.
Blé (Le) et ses succédanés. *Ap.* 26 *Août*, 323.
— (Analyse des) (Scherman). *Cs.* 31 *Août*, 690.
— (Culture du). *Ag.* 4 *Sept.*, 390.
Cartes agronomiques (Progrès des) (Carnot). *Ag.* 21 *Août*, 290.
Constructions rurales pour moyenne exploitation. *Ag.* 9 *Sept.*, 377.
Culture par sols et saisons. *Ap.* 26 *Août*, 308.
Engrais. Chaux et scories. *Ap.* 19 *Août*, 273.
Fourrages ensilés. Influence de l'eau. *Ag.* 21, 28 *Août*, 305, 329.
Haricots, lentilles et pois. (Composition des) (Balland). *Pc.* 1er *Sept.*, 196.
Lait. Coagulation par la présure. *Pc.* 1er *Sept.*, 207. Cryoscopie du (Ponsot), *IcP.* 5 *Sept.*, 840.
Mécanique agricole. Trieur laveur Stansfield. *E.* 20 *Août*, 245.
— Labourage électrique. *Ri.* 4 *Sept.*, 358.
— Moissonneuse Majchrzak. *E.* 10 *Sept.*, 341.
Oie de Toulouse (L'). *Ap.* 19 *Août*, 274.
Poiriers. L'Agrilus sinuatus. *SNA. Mai*, 280.
Vignes. Reconstitution en terrains difficiles. *Ag.* 21 *Août*, 300.
— Pseudocommis vitis. *SNA. Mai*, 254. Psira, *id.* 264 Black Root. *Id.*, 268.

CHEMINS DE FER

Chemins de fer électriques. Moteur Walker de 200 ch. *Rt.* 25 *Août*, 361.
— du Dunbartonshire. *E.* 27 *Août*, 267.
— Réseaux français (Exploitation des). *Rt.* 10 *Sept.*, 386; *Rgc. Août*, 93.
— Tarification (La). *Rgc. Août*, 106.
Gare de triage de Coudren. *Rgc. Août*, 72.
Locomotives (Conduite économique des). *E'.* 10 *Sept.*, 243.
— Diverses. *Dp.* 20 *Août*, 173.
— Équilibrée Strong. *E'.* 3 *Sept.*, 230, 232.
— Express de l'Illinois central. *RM. Août*, 799. Du Chicago, Indianopolis. *id.* 800.
— *Compound*. *E'.* 27 *Août*, 204. Les (Sauvage). *RM. Août*, 732. Vauclain. *E'.* 10 *Sept.*, 252. Valves de démarrage Rogers et Lindner. *RM. Août*, 800.
— à 8 roues couplées du Northern Pacific. *RM. Août*, 798.
— du chemin militaire du Soudan (voie de 1 m.) *id.* 799.
— à crémaillère de Sumatra Ry. *E.* 3 *Sept.*, 281.
— articulée Windknecht. *Pm. Sept.*, 130.
— *Chaudières* (proportion des). *E'.* 19 *Août*, 183. Détails de construction. *VDI.* 11 *Sept.*, 1045.
— Grilles pour anthracite. *RM. Août*, 801.
— Foyers en acier du *Great-Eastern*. *Rgc. Août*, 106. Au pétrole. *Pm. Sept.*, 138.
Matériel roulant lourd et léger. *E'.* 10 *Sept.*, 253.
— Roues pleines. *Ln.* 21 *Août*, 177.
— Boîtes à galets de la Roller Bearing Co. *E'.* 3 *Sept.*, 237.
— Lampe à gaz Thomas. *E.* 27 *Août*, 279.
— Attelage automatique Belcher. *E.* 10 *Sept.*, 341.
— *Voitures* du New-South Wales Ry. *E'.* 27 *Août*, 197. à couloir du Chemin de fer de l'Est. *E.* 10 *Sept.*, 319. Ventilation des. *Pm. Sept.*, 142.
— Bandages en fer comprimé (Propriétés des). *E'.* 3 *Sept.* 217.
— Bogies Player et Ajax. *RM. Août*, 801.
— *Wagons* allemands de 15 tonnes. *Rgc. Août*, 59. A gaz comprimés de l'Oudh RJ. *E'.* 10 *Sept.*, 260.
Voie. Coussinet à serrage automatique Chenu. *ZOI.* 20 *Août*, 501.
— du London and N. W. *E.* 3 *Sept.*, 303.
— Rails et voie. *Rgc.* 10 *Sept.*, 88.
— Détérioration par la fatigue (Andrews), *E.* 27 *Août*, 249; 3 *Sept.*, 298.
— Rail Fink. *E.* 10 *Sept.*, 342.
— (Éclissage des). *Rgc. Août*, 84.
— Tranchée du chemin de fer du Nord à Paris. *Gc.* 4 *Sept.*, 289.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TRANSPORTS DIVERS

Automobiles (Les). *Rt. Août*, 362. (Sachs) *Fi. Sept.*, 215.
— Carman. *RM. Août*, 802.
— Baines et Norris. *Id.*, 802.
— Crowden. *E.* 20 *Août*, 246.
— Carmont. *La.* 9 *Sept.*, 421.
— Changement de marche Ellis et Stewart. *La.* 2 *Sept.*, 406.
— Concours des poids lourds. *La.* 19 *Août*, 382; *E'.* 20 *Août*, 176; *Ln.* 28 *Août*, 199.
— *Électriques* (Les). *Co.* 28 *Août*, 264; 4 *Sept.*, 297; *Elé.* 28 *Août*, 139. London Electric cab C°. E'. 20 *Août*, 190.
— *à pétrole* Audibert. *La.* 26 *Août*, 393.
— — de Dion Bouton. *Ri.* 28 *Août*, 349;
— Fessard. *La* 9 *Sept.*, 419.
— *à vapeur* Wilkinson et Sellers. *La.* 26 *Août*, 394.
— — Thornycroft. *RM. Août*, 802.
— — train. Scott, essais en hiver. *APC.* N° 21, 345.

Tramways *électriques* en Allemagne. *Elé.* 21 *Août*, 115.
— — Divers (Pellissier). *EE.* 28 *Août*, 406. 4-11 *Sept.*, 463, 503,
— (Moteurs shunt pour). *Elé.* 25 *Août*, 353.
— (Perturbations téléphoniques dues aux). *EE.* 28 *Août*, 445.
— de New Haven. *Ge.* 28 *Août*, 285. Mecklenbourg Tettnang. *VDI.* 4-11 *Sept.*, 1020, 1048. Saint-Germain-Montmorency. *EE.* 4 *Sept.*, 433.
— *à air comprimé* Knight. *RM. Août*, 802.

Routes. Déclivité maxima pour franchir les grandes hauteurs (Bonhomme). *APC.* N° 25, 369.

Vélocipèdes. Frein de l'automatic Bicycle C°. *RM. Août*, 803.
— Pédale variable Anthony. *RM. Août*, 803.
— Construction des (Osmont). *E.* 10 *Sept.*, 337.

CHIMIE ET PHYSIQUE

Acide sulfurique (Dosage de l'). (Marboutin). *Ms. Sept.*, 644.
— phosphorique (dosage) (Lasne), *ScP.* 5 *Sept.*, 823.

Acoustique. Flammes chantantes (Théorie des) (Gill). *American journal of Science. Sept.*, 177.
— Tonographe (Le). *Ln.* 11 *Sept.*, 236.

Alcools. Vieillissement, procédé Broyer et Petit. *Elé. Août*, 140.
— Utilisation pour l'éclairage. *SNA. Mai*, 291.
— Therpéniques. Leur rôle dans les huiles essentielles (Charabot). *Actualités chimiques. Sept.* 283.

Allumettes. Le phosphorisme (Riche). *Pc.* 15 *Sept.* 244.

Analyse spectrale. Raies H. et K. du calcium. *RSL.* 20 *Août*, 433. Spectres des composés, et de dissociation des sels fondus (de Gramont). *ScP.* 5 *Sept.* 774-778-780.

Asphalte artificiel. Essai. *Cs.* 31 *Août*, 701.

Azote dans les analyses. *CN.* 27 *Août*. 101.

Brasseries. Divers. *Ms. Sept.*, 695.

Caoutchouc. (Industrie du). *Cs.* 31 *Août*, 686.

Chaux et Ciments. Divers. *Cs.* 31 *Août*, 680.

Chaux alumine et fer. Dosage (Lindet). *Pc.* 15 *Sept.* 242.

Chlorure d'aluminium. Préparation (Escales). *ScP.* 5 *Sept.* 1028.

Corps gras divers. *Ms. Sept.*, 682.

Corps nouveaux découverts dans ces 25 dernières années (Winkler). *Rs.* 28 *Août*, 257.
— Dans les poussières de hauts fournaux. *CN.* 27 *Août*, 99.

Cristaux liquides (Boyer). *Co. Sept.*, 290.

Distillation des bois, principales méthodes. *Rt. Août*, 371; *Cs.* 31 *Août*, 667.
— Appareil distillateur Longshaw. *Cs.* 31 *Août*, 660.

Équivalents (Loi des) (Marqfoy). *Actualités chimiques. Août*, 270.
— Mécanique de la chaleur (Griffith). *RSL.* 20 *Août*, 479.

Essoreuse Moodie. *Cs.* 31 *Août*, 660.

Explosifs. Poudre sans fumée Maxim Shuppaus. *E.* 20, 27 *Août*, 255, 271.
— Grandes explosions et leur rayon dangereux. *E.* 27 *Août*, 251. 3 *Sept.*, 284. 10 *Sept.*, 314.

Fermentations. Divers. *Ms. Sept.*, 695.
— Cuve réfrigérante Drouet. *Ci.* 4 *Sept.*, 402.

Four à émailler Precce. *E. Août*, 279.

Graphite (Le). *E. Sept.*, 326.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Gaz. Un gaz inconnu (Ramsay). *N.* 19 *Août*, 379. Appareil pour l'analyse des (Vignon) *ScP.* 5 *Sept.* 832.
— Constantes (critiques des) (Leduc et Sacerdote). *CR.* 23 *Août*, 367.
Gaz d'éclairage (Progrès de l'industrie du). *Dp.* 27 *Août*, 213, 3 *Sept.*, 237.
— Enrichissement du (Holgate). *Pm. Sept.*, 133.
— (Sous-produits du). *Cs.* 31 *Août*, 661.
— Naphtaline et l'enrichissement du gaz. *Cs.* 31 *Août*, 662.
— Bec Denayrouse. *Cs.* 31 *Août*, 664.
— *Acétylène*. Lampe Bosque. *Ri.* 21 *Août*, 334. Applications à l'éclairage (Bullier), l'*Électro-chimie*. *Août*, 113. (Carbure de calcium, industrie du). *Cs.* 31 *Août*, 663. Impuretés du (Le Chatelier). *ScP. Sept.*, 793. Usine de Briançon. *Ln. Sept.*, 215. Gazogène Spence. *E.* 10 *Sept.*, 341.
Huiles. Divers. *Cs. Août*, 684.
— de lin. Estimation pour les vernis. *Cs.* 31 *Août*, 702.
Laccase (La) (Bertrand). *Acp. Sept.*, 115.
Linoléum (Fabrication du). *E.* 27 *Août*, 257.
Minium. Dissociation du (Le Chatelier). *ScP.* 5 *Sept.*, 791.
Occlusion de l'oxygène par le noir de platine (Ramsay et Shields). *RsL.* 10 *Sept.*, 50.
Optique. Absorption métallique de la lumière (Block). *Acp. Sept.*, 74.
— *Rayons X. RSL.* 20 *Août*, 481. *Co.* 11 *Sept.*, 340. *CR.* 16-23 *Août*, 373, 375, 398. 6 *Sept.*, 426, 428. *EE.* 4 *Sept.*, 475. *American Journal of Science. Sept.*, 243
— *Ozoniseurs* (Rendement des) (Andreoli). *EE.* 11 *Sept.*, 509. Recherches récentes sur l'Ozone. *Ie.* 10 *Sept.*, 369.
Papier. Divers. *Cs*, 31 *Août*, 694. Industrie du. *USR. Sept.*, 1.
Parfumerie (Industrie de la) en France (Rouché). *Rgds.* 30 *Août*, 653.
Pégamoïd (Le). *Ri* 28 *Août*, 342.
Percarbonate de potasse (Le). *Cs.* 31 *Août*, 679.
Pétrole. (Éclairage au). *Ap.* 19 *Août*, 268.
— Lampe Welsbach. *Cs.* 31 *Août*, 638.
— Brûleurs divers. *Cs.* 31 *Août*, 664. *Dp.* 10 *Sept.*, 255.
— Distillation fractionnelle de la benzine, appareil Singer. *Cs.* 31 *Août*, 698.
Résines et vernis. Divers. *Cs.* 13 *Août*, 685. Industrie aux États-Unis. *Ci.* 21 *Août*. 380.
Rutilite (Composition). *CN.* 27 *Août*, 102.
Soude. 31. Rapport annuel sur les Alcali-Works. *Cs.* 13 *Août*, 678.
Silicium et Siliciures métalliques (Vigouroux). *Acp. Sept.*, 5.
Sucrerie. Divers. *Cs.* 31 *Août*, 687, 691.
— Raffinage Ranson. *Id.*, 688.
— Malt (Estimation du) par les carbohydrates solubles. *Cs.* 31 *Août*, 692.
Thiosulfate de soude. Titrage par l'acide iodique (Walker). *American Journal of Science. Sept.*, 235.
Tannerie. Divers. *Cs.* 31 *Août*, 686.
Teinturerie. Divers. *Cs.* 31 *Août*, 671-677. *Essais d'indigo. Cs.* 31 *Août*, 701.
Diazoïques (Les) (Freudler). *Actualités chimiques. Août*, 249.
Verre. Machine à mouler Delorne. *E.* 27 *Août*, 280.
Vernis et résines. Industrie aux États-Unis. *Ci.* 21 *Août*, 380.
Vanadium. Présence dans le rutile de Norvège. *CN.* 3 *Sept.*, 112.

COMMERCE ET ÉCONOMIE POLITIQUE

Alcoolisme (Lutte contre l') (Bianquis). *Rso.* 1er *Sept.*, 265.
— Monopole de l'alcool en Suisse. *SL. Août*, 210.
— Consommation d'alcool en France. *Ef.* 11 *Sept.*, 329.
Accidents (Compensations pour les). *E'.* 19 *Août*, 185.
— (Congrès international des assurances contre les). *Cs.* 11 *Sept.*, 334.
Collectivisme et chrétiens sociaux. *Ef.* 4 *Sept.*, 429.
Colonisation française (La). *Ef.* 21 *Août*, 237.
— Commerce agricole international en 1896. *Ef.* 11 *Sept.*, 331.
Dépopulation de la France. Rso. 1er *Sept.*, 287.
Éducation technique. E'E. 3 *Sept.*, 295.
— (Congrès de l'). *JA.* 20-21 *Août*, 1018, 1034.
États-Unis. (Progrès des manufactures). *E.* 3 *Sept.*, 297.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

France. Commerce extérieur en 1896. *SL. Août*, 152.

Grèves. *Conciliation. Act. E.* 20 *Août*, 253.

— Des mécaniciens en Angleterre. *E'.* 19-27 *Août*, 179, 207, 3 *Sept.*, 232. *Ri.* 4-10 *Sept.*, 357, 258.

Liberté testamentaire à l'étranger. *Rso.* 1er *Sept.*, 319.

Métaux précieux en Angleterre (Mouvement des). *Ef.* 21 *Août*, 235.

Monographies des Communes (Cheysson). *Rso.* 1er *Sept.*, 343.

Réforme hypothécaire (La). *Ef.* 21 *Août*, 239.

Settlements anglais. Toynbee Hall. *Musée social*, nº 12. *Août.*

Statistique des travailleurs aux États-Unis. 1870, 1880, 1890. *DoL. Juillet*, 393.

Trades-Unions (Congrès des). *E.* 10 *Sept.*, 325.

Tunisie. Assimilation des indigènes. *Rs.* 11 *Sept.*, 335. Essais des Indigos (Brolinsky). *JIM. Juillet*, 331. Enlevage de blanc et rouge sur bleu indigo. *Id.*, 346.

Vins de Champagne. Commerce et production. *Ef.* 4 *Sept.*, 304.

CONSTRUCTIONS ET TRAVAUX PUBLICS

Aqueduc et parc agricole d'Achères. APC. nº 15, 7.

Barrages (Stabilité des). *Pi.* 28 *Août*, 349.

— Vannes Baudisson. *APC.* nº 17, 297. de l'Aisne canalisée. *Ac. Sept.* 130.

Canal de Chicago. E'. 20 *Août*, 173. *E.* 27 *Août*, 255.

Dammeuse Dulac. *E.* 20 *Août*, 220.

Ponts Alexandre III. Paris. *E.* 20 *Août*, 221.

— Lépine, à Paris (Lancement du). *Gc.* 4 *Sept.*, 290, 305. *E'.* 3 *Sept.*, 221.

— Tournant à Lubeck. *VDI.* 4 *Sept.*, 1017.

— De Versam. *E'* 27 *Août*, 283. 10 *Sept.*, 244.

— De La Tour, à Londres. *Gc.* 28 *Août*, 273.

— Efforts maxima au passage d'un train (Rogie). *APC.* nº 18, 313.

Réservoir de Vernon. Fermeture automatique. APC. nº 24, 365.

Viaduc du Grand Echaud. Fouilles et fondations (Maleval). *APC.* nº 23, 360.

ÉLECTRICITÉ

Canalisations extérieures (Installation des). *EE.* 11 *Sept.*, 171.

— Commutateurs Wilkinson. Biswanger. *EE.* 11 *Sept.*, 512, 513.

Conducteurs à courants variables. (Résistance des) (Potier). *EE.* 21 *Août*, 337.

Courants diphasés. Installation à l'école de Mons. *EE.* 21 *Août*, 34.

Décharges dans l'air (Trowbridge). *American Journal of Science. Sept.*, 190.

Dynamos. Les (Morday). *E.* 27 *Août.* 275, 3 *Sept.*, 305.

— Diverses (Guilbert). *EE.* 11 *Sept.*, 493.

— Thierry. *E.* 20 *Août*, 245.

— Pour distribution à 3 fils de Kando. *EE.* 21 *Août*, 359.

— Alternateurs en parallèle (Fonctionnement des) (Woodbrige). *EE.* 4 *Sept.*, 468.

— Pertes dans le fer de l'induit des. *Elé.* 4 *Sept.*, 454.

— Balais de la Western Electric Cº. *Elé.* 28 *Août*, 140.

— Champ magnétique tournant (Le). (Colard). *EE.* 4 *Sept.*, 451.

Moteurs Walker. *Elé.* 28 *Août*, 129.

— Phœnix. *E.* 27 *Août*, 271.

— Synchrones. Influence sur le facteur de puissance des stations centrales à courants alternatifs. *EE.* 11 *Sept.*, 519.

Éclairage. Suspension pour lustres électriques. *Elé.* 28 *Août*, 138.

— Éclairage des quartiers de Lure et d'Héricourt. *Gm. Août.* 97.

Arc. Lampes Bardon. *EE.* 21 *Août*, 353. *Ri.* 4 *Sept.*, 353.

— Arc alternatif (L'). *EE.* 11 *Sept.*, 519.

Incandescence. Haute et basse tension. *Elé.* 4 *Sept.*, 158.

— Lampe de mines Sussman. *EE.* 11 *Sept.*, 169.

Électrification de l'air et de la vapeur d'eau. RSL. 20 *Août*, 483.

Électricité. Histoire chronologique (Mottelay). *EE.* 21-28 *Août.* 370, 423.

Électrochimie. Fabrication des agents décolorants et de la soude caustique (Kellner). *L'Électrochimie. Août*, 117.

— Des sels de plomb. *Id.* 119.

— Divers. *Cs.* 31. *Août.* 683.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Électrométallurgie. Four Lelièvre. *Elé.* 21 *Août*, 123.
— Galvanisation électrique du fer. *Elé.* 4 *Sept.*, 152.
— Fabrication des produits inorganiques par l'électrolyse (Gourwitsk). *Ms. Sept.*, 635.
Magnétisme. Propriétés magnétiques du fer aux hautes températures (Hopkinson). *RSL.* 20 *Août*, 490.
— Propriétés magnéto-optiques du nickel, fer, cobalt (Leathem). *RSL.* 20 *Août*, 487.
Mesures. Forme des courants : oscillographes (Armagnat). *EE.* 21 *Août*, 346. *Ie.* 25 *Août*, 345. 10 *Sept.* 376. Blondel. *Sie. Juillet*, 411.
— Ampèremètre thermique Camichel. *EE.* 28 *Août*, 285.
— Secohmètre Ayrton et Parry. *EE.* 21 *Août*, 358.
— Rhéographe. Abraham Carpentier. *Sie. Juillet*, 397.
— Compteur Hummel, pour courants alternatifs. *Rt.* 25 *Août*, 369. Wilhmuist. *EE.* 11 *Sept.*, 514.
— Potentiomètre Elliott. *EE.* 11 *Sept.*, 171.
— Pont pour courants alternatifs. *EE.* 11 *Sept.*, 522.
Plombs fusibles et coupe-circuits (étude des) (Laporte). *Sie. Juillet*, 379.
— Downes et F. Woodward. *EE.* 4 *Sept.*, 467.
Solénoïdes (Attraction des) sur les noyaux. *EE.* 4 *Sept.*, 471.
Stations centrales (Dépenses de charbon dans les). *EE.* 21 *Août*, 360.
Télégraphie sous-marine. Récepteur Ader. *EE.* 21 *Août*, 359.
— Sans fils Marconi. *Elé.* 28 *Août*, 135. 4-11 *Sept.*, 150, 164.
Téléphonie sous-marine. *EE.* 21 *Août*, 355, 356.
— Extension en France et à l'étranger. *Ef.* 11 *Sept.*, 333.
Transmission de force. Isoverde-Gênes. *Elé.* 21 *Août*, 120.
— Rheinfelden. *Ie.* 25 *Août*, 349.

HYDRAULIQUE

Canalisations diverses. *Dp.* 20-27 *Août*, 169, 193. *Sept.*, 217, 241.
Compteurs d'eau et de fuites. *Ri.* 4 *Sept.*, 357.
Distribution d'eau. Eaux du Loing et du Lunain à Paris. *Rs.* 28 *Août*, 272.
— Birmingham. *E.* 27 *Août*, 277.
Jauge Venturi. *E'.* 27 *Août*, 210.
Matelas d'air Cobb. *RM. Août*, 804.
Moteurs hydrauliques. Installation et choix. (Ringelman). *Ap.* 26 *Août*, 306.
Pompes demi-rotatives Morell. *E.* 20 *Août*, 246.
— Schey et Tangye. *RM. Août*, 804.
Turbines Ganz à l'exposition de Buda-Pesth. *VDI.* 21 *Août*, 962.
— Types nouveaux. *Industria.* 5, 12 *Sept.*, 561, 579.

HYGIÈNE

Bains publics en Europe (Les). *DOL. Juillet*, 434.
Égouts de Manchester. *E'.* 27 *Août*, 195.

MARINE, NAVIGATION

Bateaux rouleurs (Les). 11 *Sept.*, 231.
Constructions navales pendant les 60 dernières années sur la Tamise. *E'.* 3 *Sept.*, 224.
— Théorie du navire (Reed). *E.* 20-27 *Août*, 239, 273.
— Calcul de la stabilité (Schromm). *ZOI.* 27 *Août*, 511 ; 3 *Sept.*, 519, 10 *Sept.* 534.
— Navire à 2 hélices *Princesse Marie. E.* 3 *Sept.*, 288.
— — à roues *Empress Queen. E'.* 3-10 *Sept.*, 220, 253. *Francz-Joseph. E'.* 10 *Sept.*, 245.
Dock flottant de Saint-Paul-de-Loanda. *E.* 10 *Sept.*, 315.
Garonne et Rhône (Navigation de) (Lechalas). *Rgds.* 30 *Août*, 645.
Gouvernail Kennedy. *RM. Août.* 811.
Halage funiculaire des bateaux (Bourguin). *APC.* N° 16, 267.
Machine marine à roues Joy. *E.* 27 *Août*, 258.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Marine de guerre allemande, anglaise, japonaise. *Rmc. Août*, 384, 419, 417.
— argentine. Croiseur *Sarniento*. *E'*. 3 *Sept.*, 236.
— Torpilleur Ingeniero Hyatt (Chili). *E.* 10 *Sept.*, 315.
— Plaques de blindage et canons. *Rt.* 10 *Sept.*, 390. Essais récents. *E'.* 27 *Août*, 207; *E.* 3 *Sept.* 287.
Naufrages. Statistique en 1894. *Rmc. Août*, 241.
— Flotteur Loniton. *Ln.* 11 *Sept.*, 240.
Pêches maritimes diverses. *Rmc. Août*, 429.
Touage électrique. *E.* 27 *Août*, 252, *EE.* 11 *Sept.* 481.
Volga (Le). *E.* 27 *Août*, 249. 10 *Sept.* 309.

MÉCANIQUE

Aérostation. Navigation aérienne, problème général de la Soreau. *IC. Août*, 119.
Air comprimé. Essai d'un compresseur. *RM. Août*, 811. Moteur Molas *Id.* 812.
— — Bielles ajustables Sinson. *RM. Août*, 812.
Cames Tracé des. *Dp.* 10 *Sept.*, 260.
Chaudières (Vaporisation dans les) (Brillié). *Gc.* 21-28 *Août*, 260, 277. 4 *Sept.*, 293.
— Mixte Lagosse. *RM. Août*, 796.
— *à tubes d'eau* Buttner. *Ri.* 21 *Août*, 333. Philadelphia. *Eam.* 14 *Août*, 191. Wigzell. *RM. Août*, 795. — du Temple (au pétrole). *id.*, 796. — *à vaporisation instantanée* (Walckenaer). *RM. Août*, 747. Serpolet. *RM. Août*, 795.
— Clapet de retenue Groignard. *Ri.* 28 *Août*, 341.
— Tubulaires de la filature de Lindnau. *Gc.* 21 *Août*, 263.
— *Foyers* Meldrum. *Rt.* 25 *Août*, 380.
— — à combustibles pulvérisés Propfe. *Ri.* 28 *Août*, 345.
— Grilles automatiques Faber et Roney. *RM. Août*, 793.
— Niveaux d'eau (Montage des). 4 *Sept. Ri.* 350.
— Réchauffeurs Wright et Pimbley. *RM. Août*, 798.
— *Surchauffe*. Application aux machines à vapeur (Sinigaglia). *RM. Août*, 720.
Dragues à succion Octopus. *E.* 20 *Août*, 229.
— Smulders. *Ri.* 21 *Août*, 336. *E'.* 27 *Août*, 199.
— Handbury. *RM. Août*, 806.
Engrenages (Calculs des) (Jones). *E.* 20 *Août*, 223.
— Hélicoïdaux (Essais d'). *VDI.* 21 *Août*, 968.
— Moulés (Les). *E.* 2 *Sept.*, 285.
Froid (Production mécanique du) (Ewing). *SA.* 20-27 *Août*, 10 *Sept.*, 1011, 1027, 1079. Conservation des viandes par le *Gc.* 11 *Sept.* 316.
— Réfrigérateur Campbell. *E'.* 28 *Août*, 187.
Gaz comprimés (Récipients de) (Réglementation des). *Ri.* 28 *Août*, 350.
Graissage continu Milocheau Berneau. *RM. Août*, 788. — (épurateur d'huile de). *Ri.* 4 *Sept.*, 355.
— Au graphite. *E.* 10 *Sept.*, 326.
Horlogerie. Pendule compensateur Thury. *Co.* 11 *Sept.*, 328.
Indicateur Ripper. *E'.* 20 *Août*, 185.
Levage. Pont roulant électrique Craven. *E.* 20 *Août*, 245, Wellmann, Morgan. *EE.* 4 *Sept.*, 447, 449.
— Palan électrique Lousberry. *EE.* 4 *Sept.*, 447.
— Treuil électrique Frisbie. *EE.* 4 *Sept.*, 449.
— Appareils de manutention (G. Richard). *RM. Août*, 774.
— Élévateur Duckham. *Id.* 805.
— Basculateur Howatt. *id.*, 805.
Machines-outils pour chaudières Campbell. *E'.* 20 *Août*, 186.
— Tours Von Pitler. *VDI.* 28 *Août*, 993.
— A l'exposition de Leipsick. *VDI.* 4 *Sept.*, 1031.
— Cisaille Aiken. *RM. Août*, 791.
— Commandées par l'électricité. *EE.* 4 *Sept.*, 442. *SIM. Juillet*, 265.
— Fraiseuse Garvin. *RM. Août*, 807.
— Affûteuse pour scies Schwartz. *RM. Août.* 807.
— Laminoir à roues Muller. *RM. Août*, 808, A tubes Pilkington, Hollings. *Id.*, 809.
— Perceuse multiple Warmer. *RM. Août*, 809.
— Presses Samson-Fox et Bliss. *RM. Août*, 808. Tenner de 350 tonnes. *Rt.* 10 *Sept.*, 400.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Machines-outils. Raboteuse Whitehouse. *RMc Août*, 809.
— Tour revolver Gisholt. *E.* 10 *Sept.*, 317.
— à projectiles Soutgate *E'.* 10 *Sept.*, 261.
— Tubes à fumée (fabrication des) *Gc.* 11 *Sept.* 312.
— — **à bois.** Mortaiseuse des. Defiance Machine Works. *Ri.* 28 *Août*, 343.
— — à l'Exposition de Leipsick. *VDI.* 11 *Sept.*, 1062.
Moteurs à vapeur. Adiabatiques (Les). (Wood). *E.* 20 *Août*, 225.
— à grande vitesse. Carels. *Elé.* 4 *Sept.*, 145.
— Équilibrés Lanchester, rotatif Dubois. *RM. Août*, 814.
— *Distributions* Patinson, Ingersoll. *E.* 20 *Août*, 246. Kingdon. *RM. Août*, 814. Changement de marche *x*. *Gc. Sept.* 318.
— Condenseur à eau régénérée Wite. *RM. Août*, 813. Éjecteur condenseur Bourdon. *RM. Août*, 792.
— Garnitures de pistons (Théorie des) (Reymann.) *Fi. Sept.*, 199.
— Locomobile Albaret. *Ap.*. 2 *Sept.*, 250.
— Régulateur Riter. *RM. Août*, 793.
— **à gaz.** Divers. *Dp.* 20-23 *Août*, 176, 197. 3 10 *Sept.*, 221, 245.
— — (Classification des). *E'.* 3 *Sept.*, 219.
— — Donaldson. *E'.* 10 *Sept.* 250.
— *à pétrole.* Ruston. *E'.* 27 *Août*, 259.
— — à l'Exposition de Bruxelles. *Ap. Sept.*, 350.
— — *Paliers.* Divers, *Dp.* 10 *Sept.* 253.
Résistance des matériaux. Enregistreur Henning. *E.* 30 *Août*, 241.
— Écrouissage des aciers laminés par le travail à froid. (Résal et Allez.) *APc.* N° 20, 342.
Roulements sur billes Philippe et Dumoulin. *Ci.* 14 *Août*, 363; *Ln. Sept.*, 219.
Tachymètre Abdank. Rt. 10 *Sept.*, 388.

MÉTALLURGIE

Aluminates. Extrait de la bauxite. *Im. X*, 823.
— Production et prix. *Ri.* 28 *Août*, 346.
Aluminium (Utilisation de l'). (Hunt.) *Fi. Sept.*, 171.
Cuivre. Raffinage Gutzkow. *Eam.* 21 *Août*, 218.
Fers et aciers (Étude microscopique des). (Sauveur.) *Eam.* 21 *Août*, 215.
— Diffusion des sulfures dans l'acier. (Campbell.) *E.* 10 *Sept.*, 335.
— Chargeurs de fours. Divers. *SuE.* 1er *Sept.* 508.
— Calcination et essais des minerais manganésifères carbonatés (Devisse). *Ru. Août*, 145.
— Poche de coulée Levoz. *E.* 10 *Sept.*, 341.
Fonte. Altération dans l'eau de mer. *Ri.* 21 *Août*, 338.
— Fusibilité des alliages de fonderie (West). *E.* 10 *Sept.* 339.
— Hauts fourneaux divers. *SuE.* 1er *Sept.*, 705.
Fer-blanc (Fabrication du) (Hammond). *E.* 3 *Sept.*, 289.
Or. Traitement des minerais (Degoutin). *Im. X*, 875.
— Cyanuration Garnier. *Cs.* 31 *Août*, 687.
— — Grillage préalable. *Eam.* 14 *Août*, 187.
— En Australie. *Id.*, 190.

MINES

Accidents. Dans les mines américaines. *Eam.* 4 *Sept.*, 272. Secours aux blessés. *Eam.* 28 *Août*, 245.
Argentine. Ressources minières. *Eam.* 28 *Août*, 250.
Épuisement. Pompe souterraine de 400m3, mines de Buray. *Rt.* 25 *Août*, 367.
Exploitation. Min. de Fajal. *Eam.* 4 *Sept.* 275.
Fermetures automatiques de puits aux mines de Wilezck. Gc. 4 *Sept.*, 297.
Gites métallifères (Étude des). (de Launay.) *AM. Août*, 119.
Haveuse Ingersoll-Sergeant. *R. M. Août*, 813.
Houille. Bassin de l'Héraclée. *Im. X*, 773, du Donetz (Monseu). *Ru. Août*, 155.
— Propriétés hygrométriques des charbons (Carpenter). *E.* 27 *Août*, 269.
Kaolin dans le Vermont. *Eam.* 14 *Août*, 189.
Machines (Économies réalisables par l'emploi des). *Im. X*, 917.
Or. Mines de Sibérie et le transsibérien. *Im. X*, 855. *Gc.* 11 *Sept.* 308.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Or. Mines du Yukon. *Eam.* 28 *Août*, 248.
— — de Klondinite (Canada). *Eam.* 14 *Août*, 184. *Ru. Août*, 196.
— — de l'Alabama. *Id.*, 185.
— — du Witwatersrand. *Id.*, 190.
Perforatrices à air comprimé François. *E.* 3 *Sept.*, 289. *Ru. Août* 98.
— électriques Siemens. *ZOI.* 3 *Sept.*, 517.
Phosphates. Gisement de Constantine. (Château). *IC. Août*, 193.
Rapports entre les propriétaires des mines et ceux du sol. Im. X, 725.
Russie. Industrie minérale. *Ru. Août*, 196.
Terre-Neuve. Recherches minérales. *Fi. Sept.*, 161.

PHOTOGRAPHIE

Diamidorésorcine et Triamidophénol (Révélateurs). *Actualités chimiques. Sept.*, 299, 304.
Écrans en glaces à faces parallèles (Essais d'). (Duchesne). *Sfp.* 15 *Août*, 392.
Gélatino-bromure (Épreuves positives sur papier au). *Sfp.* 15 *Août*, 390.
Grille pour cinématographe. Sfp. 15 *Août*, 393.
Papier à noircissement direct (Développement sur) (Lisegang). *Sfp.* 15 *Août*, 396.
Retouche (Appareil mécanique de). *Cs.* 21 *Août*, 230.

Le Gérant : Gustave Richard.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

96e ANNÉE. Cinquième Série, Tome II. OCTOBRE 1897.

BULLETIN
DE
LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT
POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

CONSTRUCTIONS

LES ÉGOUTS DE ROME

CLOAQUES. — ÉGOUTS. — COLLECTEURS, par **M. Ronna**, *Membre du Conseil.*

« Amener l'eau sur un point donné, la distribuer dans toute la ville et l'introduire dans chaque demeure, comme l'écrivait le Préfet Haussmann, ce n'est résoudre encore qu'une moitié du problème; l'autre moitié consiste à ménager à cette eau, après l'emploi, une issue commode et salubre (1). »

En se plaçant au premier rang des capitales du monde pour sa distribution d'eaux potables, Rome, devenue le siège du gouvernement italien depuis 1870, n'a pas failli à la tâche qui lui incombait, en ménageant à l'écoulement des eaux après l'emploi, une canalisation digne en tous points de ses aqueducs et des traditions de la cité antique qui pratiquait le tout-à-l'égout.

Dans un sol dont une dizaine de collines accidentent le relief, dont les détritus entassés pendant plus de vingt-cinq siècles forment la couche affouillable, et les eaux souterraines abondantes sillonnent en tous sens la masse; sous un climat variable que caractérise une intensité moyenne de pluies de plus de 45 millimètres; dans une ville où le fleuve entre en crues périodiques, souvent torrentielles, causant les plus désastreuses inondations, etc., l'œuvre de l'assainissement se présentait hérissée de difficultés que n'ont pas eu à vaincre ni Londres, ni Paris, paisiblement assis sur les argiles, les sables sédimentaires et les calcaires de leur bassin de craie; ni Berlin, dans sa plaine de sable qui semble un

(1) *Premier mémoire sur les Eaux de Paris*, présenté par le Préfet de la Seine (Août 1864).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

relais de la Baltique ; ni Vienne ou Budapest, fondées sur les rives alluviennes du Danube, etc.

A ces conditions anormales, l'État, prenant à sa charge les travaux d'endiguement du Tibre, et la municipalité, ceux des égouts et des collecteurs, ont pourvu avec une activité peu commune, sans ménager les ressources financières disponibles, de façon à résoudre le problème de l'assainissement au bout d'un quart de siècle, en se conformant aux prescriptions les plus sévères de l'hygiène et aux exigences de viabilité et d'habitation qu'a motivées la transformation de Rome proclamée capitale de l'Italie, au risque de disgracier des gloires séculaires. L'exemple de Rome ancienne était sous leurs yeux !

1. — Rome ancienne.

Tels que nous les retrouvons en effet de nos jours, les égouts (*emissarii*) sont au nombre des ouvrages pour lesquels les Romains ont atteint la plus haute perfection.

Pour de tels ouvrages qui portent Rome encore aujourd'hui, écrit Duruy (1), après vingt-quatre siècles, malgré le poids des édifices cent fois rebâtis sur leur voûte, et qui n'ont pas du moins la grandiose inutilité des constructions égyptiennes, il fallut sans doute soumettre le peuple à de pénibles corvées et le trésor à d'énorme dépenses ; mais Tarquin y subvint avec le butin enlevé aux Latins et aux Sabins, dans des guerres heureuses qui lui valurent les terres comprises entre le Tibre, l'Anio et la Sabine des montagnes... Avec le butin fait sur les Volsques, son fils acheva les égouts et le Capitole.

Denys d'Halicarnasse n'hésitait pas à les considérer comme un des titres de gloire des ancêtres :

« *Trois choses relèvent la magnificence de Rome*, disait-il : *les aqueducs, les routes et les égouts* (2)*!* »

Pline l'Ancien, Strabon, Cassiodore, s'accordaient à les célébrer comme une de leurs plus grandes entreprises.

Les égouts, œuvre immense, suivant Pline, puisque les montagnes ayant été percées et enfoncées, la ville est presque suspendue en l'air...

Agrippa y fit affluer sept torrents qui, dans leur cours rapide, entraînaient les immondices ; grossis par les pluies, ils battent le fond et les parois de la cloaque. Refoulés souvent par le Tibre, les courants luttent dans le chenal, et cette construction résiste. Des masses d'eau se déchaînent entre ces murs, sans que leurs parois fléchissent ; ces maisons qui tombent en ruine, effondrées par les incendies, par les tremblements de terre, pèsent sur les voûtes ; l'œuvre des Tarquins reste inexpugable...

N'omettons pas, ajoute-t-il plus loin, un fait omis par nos plus célèbres annalistes : lorsque Tarquin occupait le peuple à ces travaux interminables, périlleux et détestés, nombre d'ou-

(1) Duruy, *Histoire des Romains*, I, 93.

(2) « *In tribus magnificentissimis operibus Romæ, et e quibus maxime apparent illius imperii opera, pono aquæductus, viarum munitiones et cloacarum structuras.* »

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vriers au désespoir se donnèrent la mort. Mais comme les Quirites ne craignent rien autant que la honte, le roi trouva un moyen unique de les forcer à vivre : il fit exposer attachés à des croix, aux regards du peuple, et à la voracité des oiseaux de proie, les corps des suicidés (1)...

Strabon affirme que l'on pouvait aller en bateau au-dessous de toutes les rues ; les cloaques étaient d'une largeur et d'une hauteur si considérables qu'un char de foin y pouvait passer très facilement (2).

Agrippa, raconte Rollin, ouvrit les écluses qui retenaient dans sept grands réservoirs les eaux apportées à Rome par autant d'aqueducs, et lâcha sous les voûtes souterraines des égouts comme sept rivières, qui, s'y précipitant avec rapidité, entraînèrent toutes les ordures amoncelées; et après cette opération, il s'embarqua lui-même sur les égouts ainsi nettoyés, et par une navigation souterraine, il les parcourut jusqu'à leur embouchure dans le Tibre.

Cassiodore, renchérissant sur Pline et Strabon, mentionne en ces termes les égouts :

Splendidas Romæ civitatis cloacas, operum omnium dictu maximum, quæ tantum visentibus conferunt stuporem ut aliarum civitatum possint superare miracula.

Cependant, fait remarquer de Tournon, quelque idée qu'on se fasse de la grandeur des cloaques, il faut considérer comme une figure de rhétorique ce que disent les historiens des sept rivières qui, s'y introduisant, les rendaient navigables, et des chars de foin qui pouvaient y circuler. La vérité est que le plus haut de ces souterrains n'avait qu'une hauteur de 4 mètres, réduite de plus de moitié par le limon et les immondices qui devaient les remplir, à cause de l'abaissement de leur radier au-dessous des eaux habituelles du Tibre...

Les égouts de Rome n'en sont pas moins dignes d'admiration; ils prouvent le soin que prenaient les Romains de la salubrité et de la propreté de leur ville.

Fergusson est si frappé de la grandeur de ces monuments que ne pouvant admettre qu'ils fussent l'ouvrage d'un peuple naissant, il les attribue à une nation puissante qui aurait précédé les Romains sur le sol (3).

Sol, topographie. — La vallée du Tibre, sur la rive gauche de laquelle fut bâtie la ville primitive, est constituée, à la surface du thalweg, par les sables argileux et fins des alluvions mêmes du fleuve, au-dessous desquelles se rencontrent les sables et graviers des dépôts diluviens quaternaires. Ces dépôts, à la base des monts de la rive droite (Mario, Vatican et Janicule), sont recouverts de travertins appartenant à la même formation, tandis que les monts eux-mêmes, plus anciens, remontent au post-pliocène, dont les couches d'argile et de gravier avec cailloux calcaires supportent des lambeaux de tuf volcanique.

C'est à cette dernière roche que les monts de la rive gauche (Capitolin, Quirinal, Esquilin, etc.), et le sous-sol de la campagne romaine, jusqu'aux montagnes Sabines et aux bas-fonds du littéral méditerranéen, doivent leur formation, au-

(1) *Hist. nat.*, lib. XXXVI, cap. II, 15 ;
(2) *Geogr.*, lib. 5.
(3) De Tournon, *Études statistiques sur Rome*, II, p. 226.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dessous de laquelle règnent les argiles sableuses et les marnes bleues du pliocène.

En même temps que les limites des anciennes eaux diluviennes et alluviennes de la vallée de Rome sont indiquées sur la carte (fig. 1) par une courbe tracée à l'altitude de 35 mètres au-dessus du niveau de la mer, comprenant les divers monts sur les deux rives du fleuve, la coupe géologique du bassin avec les niveaux de ces eaux, dirigée de l'ouest vers l'est, est représentée dans la figure 2 (1).

Le Tibre, descendant des Apennins de Toscane, coule rapide, profondément encaissé dans ses propres alluvions jusque passé Rome. Ses eaux troubles, d'un jaune sale, sont accrues, non seulement par les tributaires plus ou moins torrentiels de l'amont, mais surtout par les eaux souterraines des strates quaternaires et des détritus volcaniques. De là, l'abondance et la constance du courant pendant l'été, et les conditions de pérennité qu'offrent rarement des cours d'eau bien plus importants. Toutefois, ce débit régulier et bienfaisant grossit soudain en hiver, à la suite des pluies et des crues des affluents ; le niveau dépasse 8 à 10 mètres au-dessus de l'étiage et les inondations des rives se succédant pendant trois semaines de l'année, ce niveau se maintient. Une fois par an, ou tous les deux ans, il oscille entre 15 et 17 mètres, dévastant tout par la violence des courants et submergeant les basses plaines sur plusieurs kilomètres.

Il en était ainsi du temps des Romains, comme jusqu'à ces dernières années. Quoique célèbres par leurs travaux de grande entreprise, ils n'avaient jamais pu maîtriser le fleuve qui désolait périodiquement leur capitale.

Aussi bien Tite-Live qu'Eutrope, Suétone et Tacite, mentionnent dans leurs histoires les inondations qui eurent lieu à des dates mémorables, envahissant les vallées, le cirque Maxime et les voies de communication ; emportant les ponts, et débordant la campagne.

On sait par Tite-Live qu'au temps de Scipion l'Africain, les bas quartiers et le Champ de Mars furent inondés douze fois dans la même année (565 de la fondation de Rome).

Nous avons vu le Tibre limoneux, chante Horace, rebrousser tout à coup des rivages Toscans pour aller renverser, avec les monuments d'un de nos rois, le temple de Vesta (2).

(1) Dans cette coupe, *a* désigne les sables fins argileux des dépôts modernes ; *b* les sables et graviers de transport ; *c* le travertin des dépôts quaternaires ; *d* le tuf volcanique ; *e* les argiles, sables et graviers du post-pliocène ; et *f* les argiles et marnes bleues du pliocène (terrain tertiaire).

(2) « *Vidimus flavum Tiberim, retortis*
« *Litore Etrusco violenter undis*
« *Ire dejectum monumenta regis*
« *Templaque Vestæ* » (Lib. 1. Od. 2.)

Nibby croit que le poète fait allusion dans ces vers à l'inondation de l'an de Rome 731 qui emporta le pont Sublicius.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

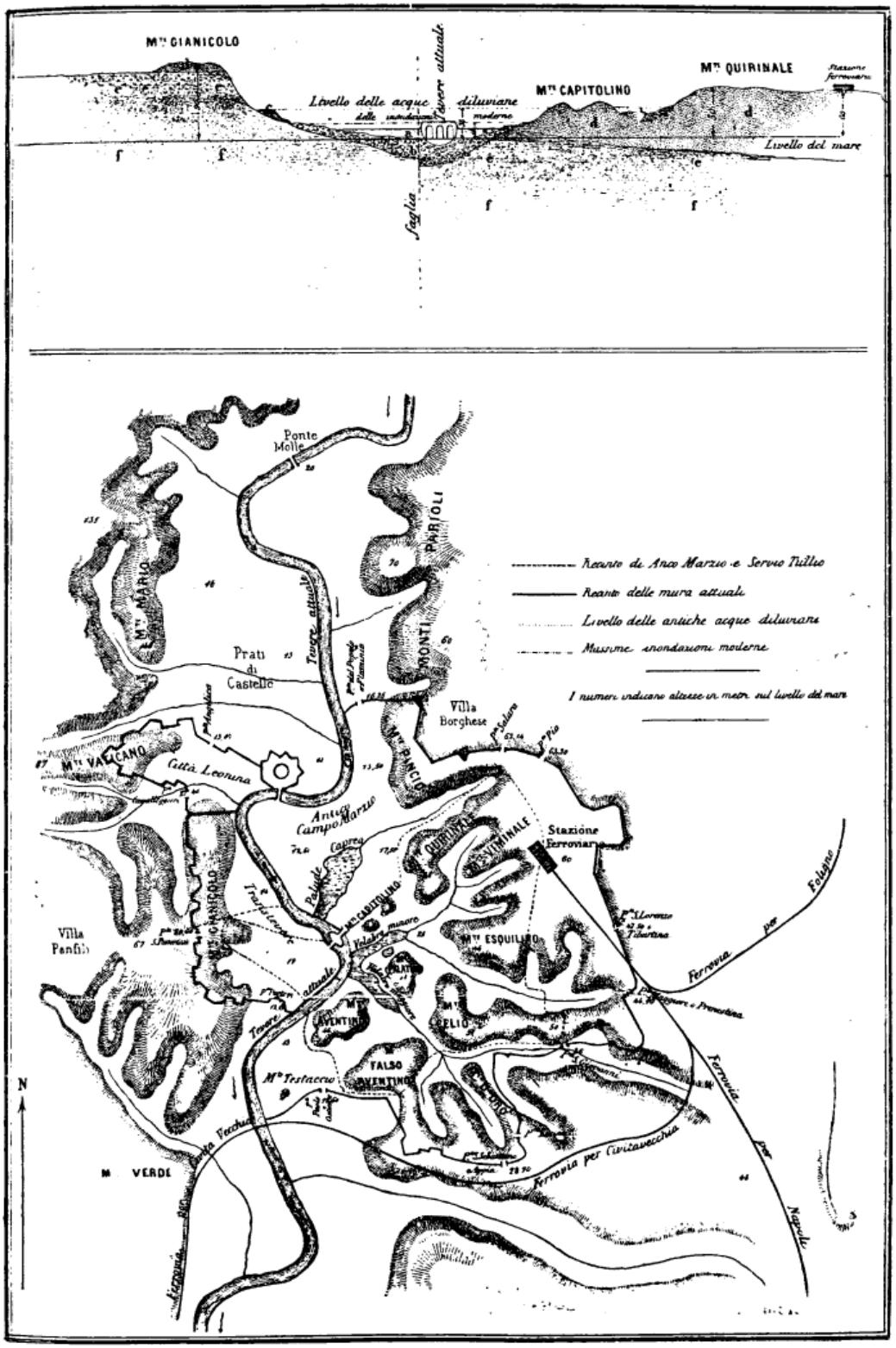


Fig. 1. — Bassin de Rome. Carte indiquant les limites des eaux diluviennes et alluviennes, ainsi que les enceintes de la ville romaine et actuelle. — Fig. 2. — Coupe géologique O-E indiquant le niveau des eaux diluviennes et alluviennes par rapport à celui de la mer.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En l'an 56 de notre ère, sous Néron, presque toute la cité fut rendue navigable ; en l'an 76, sous Vespasien, les décombres obstruèrent les routes jusqu'au vingtième mille ; en l'an 119, sous Adrien, l'inondation fut si terrible que l'on craignit pour la ville entière ; mais elle fut encore dépassée en l'an 223, sous Marc-Aurèle, et Alexandre Sévère ordonna que l'on fît creuser le lit du fleuve.

La chaîne des collines groupées en demi-cercle autour du Palatin et du Capitolin alimentait une série de ruisseaux qui s'épanchant librement dans les vallons, formaient des lacs en communication avec les hautes eaux du Tibre. A chaque dépression de la chaîne correspondait un cours d'eau et un lac ou étang, plus ou moins marécageux.

Les eaux du Pincio et du Quirinal se déversaient dans l'emplacement occupé plus tard par le Champ de Mars et affluaient dans le lac *Caprea ;* celles du Quirinal, du Viminal et de l'Esquilin étaient dérivées par le *petit Vélabre* dans le lac *Curtius ;* celles encore du Célius et de l'Aventin gagnaient le Tibre par le *grand Vélabre*, en traversant le terrain où fut érigé le cirque Maxime ; enfin, les eaux d'inondation du Tibre entretenaient dans les bas-fonds de Ripetta un étang marécageux, dit de *Terento* (1).

Pour aller de l'une à l'autre des collines, il fallait passer les marais en bateau. Les eaux étaient d'autant plus copieuses que les collines alors boisées entretenaient plus abondamment les sources. Au nombre des bois signalés par les écrivains, se trouvent les chênes du Célius et du Capitolin, les saules du Viminal, les myrtes et les chênes verts de l'Aventin, les pins et les oliviers du mont Mario, etc. (2).

Le lac Curtius, suivant Varron, occupait le Forum ; le grand Vélabre conduisait aux marais de l'Aventin, et le petit Vélabre recevait les eaux thermales du temple de Janus, d'où leur nom de *lautolæ a lavando* (3).

Cloaca Maxima. — Le premier soin de Tarquin, initié dans sa patrie, l'Étrurie, aux constructions souterraines, fut de dessécher le Vélabre, en faisant creuser un canal couvert pour conduire les eaux stagnantes dans le Tibre. Son fils, Tarquin le Superbe, acheva l'entreprise en développant la canalisation autour du collecteur, qui du Forum rejoignait le fleuve, à travers le *Pulchrum littus*.

Ce collecteur (*Cloaca Maxima*) (4) remplit encore aujourd'hui son office, quoique le niveau de l'ancien Vélabre soit à 5 mètres au-dessous du sol antique. La voûte, sur 1m.80 d'épaisseur, est formée de trois assises de blocs de tuf, reliés de distance en distance par des blocs de travertin, soigneusement appareillés et montés

(1) Ponzi, *Storia del bacino di Roma*, p. 18.
(2) Lanciani, *I comentari di Frontino*, p. 15.
(3) Varronis, *De lingua latina*, V, 32.
(4) « Le monument qui atteste le plus la puissance des Rois étrusques, et celui qui leur a le mieux survécu. » (Ampère, *Hist. Rom.*, II, 227.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sans chaux ni ciment (fig. 3). L'arc a 3m,88 de hauteur et autant de largeur. Les pieds-droits sont aussi construits à sec, en pierres d'Albe, de grand appareil, mesurant 0m,80 de hauteur, 1 mètre de largeur et jusqu'à 2m,50 de longueur. Ils sont renforcés de 5 en 5 mètres par des chaînes en pierre de Tibur et par des épaulements extérieurs (*anterrides*) opposés de chaque côté en quinconce (1). Le tout est monté sur un radier en pierres de taille, à la cote de 3m,42 (2).

A l'embouchure que l'on voit près du pont Palatin, l'arc est formé de trois rouleaux concentriques de pierre de Gabies, sorte de tuf volcanique provenant des carrières de cette localité.

Plus en amont, sur le côté de la basilique qui regarde le temple de Castor, on aperçoit, au pied de quelques marches, la cloaque; mais on peut mieux

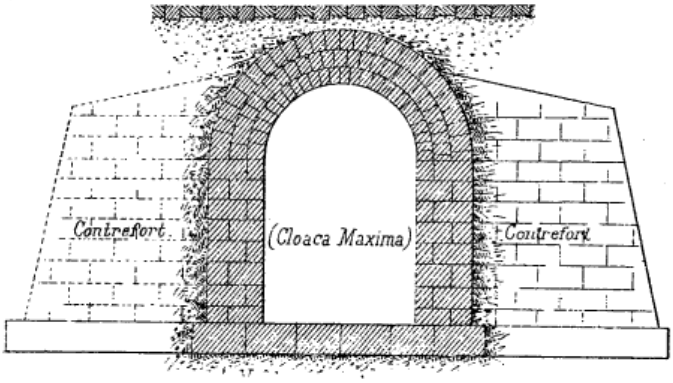


Fig. 3. — *Cloaca Maxima*. Coupe transversale près de l'embouchure du Tibre.

l'examiner près de Saint-Georges en Vélabre, où s'écoule l'eau *Argentina*, dérivée, selon les uns, de la source de Mercure, près de la porte Capena, au Célius, et selon les autres, du célèbre lac de Juturne (3).

A l'angle de la rue San Teodoro, située à 531m,50 de l'embouchure du Tibre, la section de la cloaque change sur une longueur de 119m,60; elle est de 2m,12 sur 2m,72; probablement pour donner plus de vitesse au courant et prévenir les

(1) A. Léger, *Les Travaux publics aux temps des Romains*, p. 678.

(2) Les cotes s'expriment par rapport au niveau de la mer, ou au zéro de l'hydromètre du port de Ripetta. Ce dernier, installé par l'ingénieur Venturoli, était censé marquer à zéro le niveau de la mer basse; mais, d'après les travaux exécutés par la Commission technique du Tibre en 1871, le zéro se trouve effectivement à 0m,97 au-dessus du niveau moyen de la mer (*Giordano*).

Quand l'hydromètre Venturoli marque 13m,70, le débit du Tibre en hautes eaux correspond à 1300 mètres cubes à la seconde; et quand il marque 5m,40 au plus bas étiage, à 160 m. cubes. Toutefois le débit moyen, pendant 200 jours de l'année, se maintient sensiblement au-dessus de 265 mètres cubes à la seconde.

(3) C'est au bord de ce lac où coulait l'eau cristalline de la source que les Dioscures avaient apparu au fondateur de Rome; et plus tard, Castor et Pollux accourus pour aider les Romains à mettre en déroute les Latins, au lac Régille, aussitôt la nouvelle de la victoire, disparurent aux yeux des soldats. (Nibby, *Itinéraire de Rome*, p. 247.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

atterrissements, à cause de la pente plus faible. En tête de cette section, la voûte formée de sept panneaux (fig. 4), est supportée par des pieds-droits en pierres rectangulaires. A 7m,50 de distance de l'entrée, sur le côté droit, une colonne en marbre semble avoir été placée comme repère (1) (fig. 5).

La construction, vers l'amont, ne comporte plus que du mortier avec éclats de basalte Sans doute, la difficulté de transport des matériaux lourds, dans

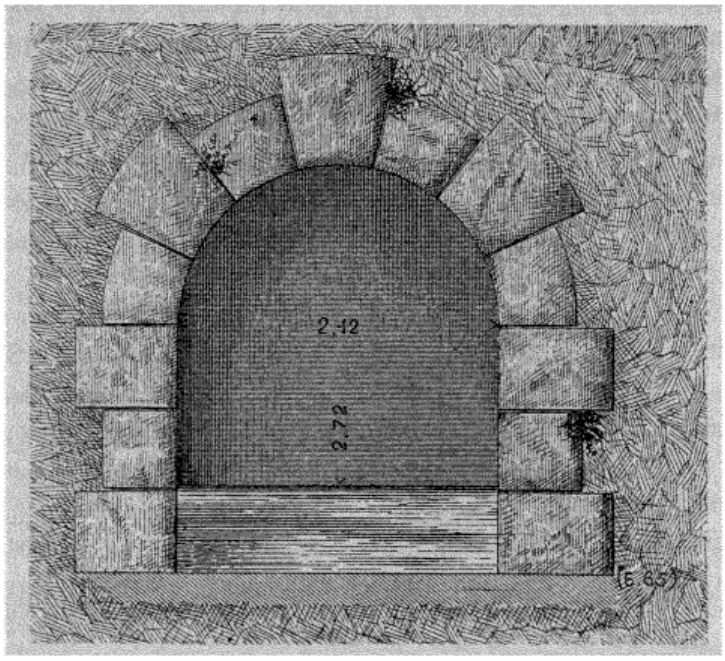


Fig. 4. — *Cloaca Maxima*. Coupe transversale à l'angle de la *Via San Teodoro*.

cette partie marécageuse, avait déterminé cette modification qui remonte au règne des successeurs de Tarquin.

La *Cloaca Maxima*, reconnue sur une longueur totale de 805 mètres, n'aurait été construite, paraît-il, qu'en vue du desséchement des marais. C'est en tout cas l'opinion d'Ovide, de Plaute, de Fabius Pictor, et notamment de Tite-Live (2), que le savant docteur Lancisi a confirmée dans ses études sur Rome ancienne (3).

Si la première cause qui attira l'attention des Romains sur la construction des cloaques, fut ainsi la dépression du sol des vallées sur lesquelles ils bâtirent une partie de leur ville; il est avéré que la seconde cause fut l'énorme masse

(1) Narducci, *Sulla fognatura della città di Roma*, p. 40.

(2) « *Cum infima urbis loca circa forum, aliasque interjectas collibus convalles ex planis locis, haud facile eveherent aquas, cloacis e vestigio in Tyberim ductis siccavit.* » (*Decad.* lib. 1, cap. XVI.)

(3) « *In imis omnibus urbis regionibus... ne amplius aquarum colluvies ad Tyberim, propter humilem, depressamque locorum naturam fluere prohibita, in putridas fetentesque lacunas concederet.* » (Lancisi, *Opere compl.* Roma, 1745.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'eau qu'ils y introduisirent progressivement et dont il importait d'assurer l'écoulement (1).

Autres cloaques.— Période républicaine. — Aussi, à la fin de la royauté, Servius Tullius ayant donné à Rome l'étendue qu'elle devait conserver sous la République (voir fig. 1), les égouts s'étendirent-ils peu à peu à toute l'enceinte qui

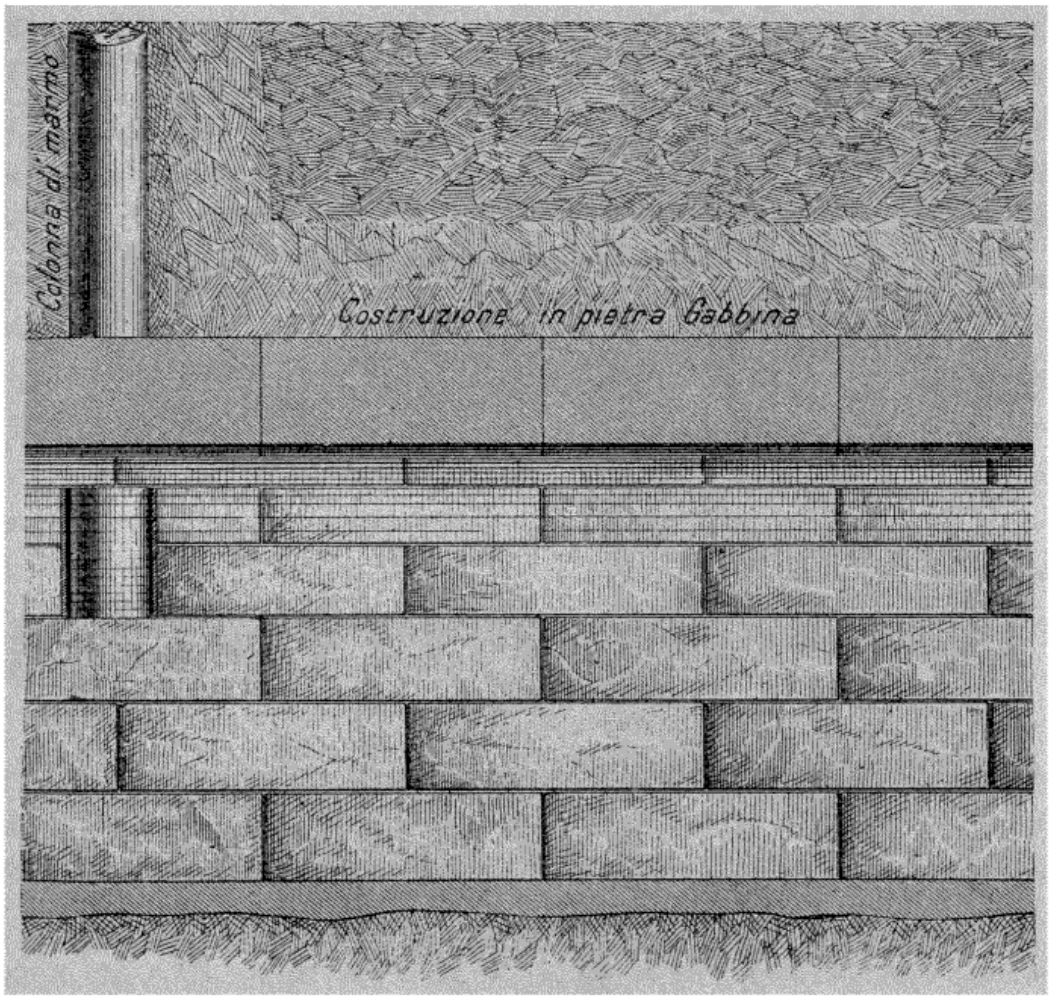


Fig. 5. — *Cloaca Maxima.* Coupe longitudinale à partir de la *Via San Teodoro.*

circonscrivait les sept monts dont la célébrité historique valut à Rome le surnom de ville aux sept collines. Les murs de Servius Tullius entouraient une surface de 638 hectares et avaient deux lieues et demie de tour (12 600 m.). La République eut donc à assainir la vallée du Champ de Mars et celle qui sépare le Palatin de l'Aventin. Les censeurs, M. Caton et V. Flaccus, donnèrent tous leurs soins à

(1) De Tournon, *loc. cit.*, p. 226.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

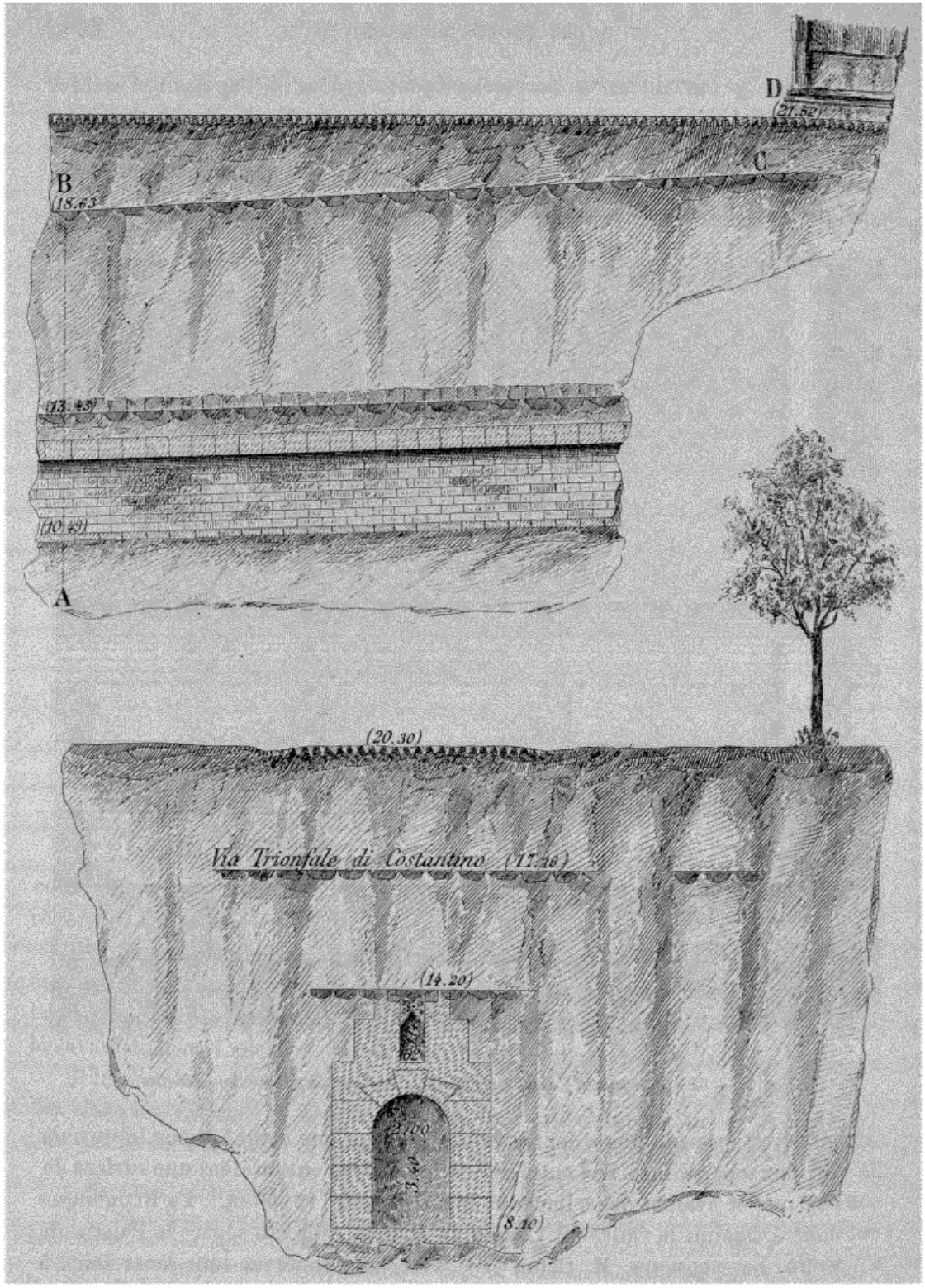


Fig. 6. — Cloaque du mont Aventin. Coupes longitudinale et transversale place *San Gregorio*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

compléter le réseau des égouts destinés au service de la basse ville (1).

Le collecteur du Champ de Mars a été retrouvé, comblé, il est vrai; son émissaire est enfoui dans le sol. Le collecteur du Mont Aventin, en excellente condition de solidité, dessert encore maintenant le moulin Grazioli. Son tracé est dirigé du pied de l'Aventin, à l'angle de Sainte-Marie in Cosmedin, à travers le cirque Maxime, et contourne la place San Gregorio. Le radier de la cloaque est à la cote de 8m,10, tandis que le niveau de la voie ancienne est à 14m,20, et celui d'une autre voie, qui pénètre sous l'arc Constantin, à 17m,16 (fig. 6). On fait remonter la date de sa construction à l'an 568 de la fondation de Rome.

Non loin de San Gregorio, un branchement de la cloaque de l'Aventin mesure 2 mètres sur 3m,40 : il est surmonté d'un égout (0m,62 sur 1m,14), avec pignon, au lieu de voûte ; ce qui indique une époque postérieure.

Une autre cloaque du temps de la République, desservant le versant du Palatin à partir de l'arc de Titus, a été mise à jour pendant les fouilles de 1828. Elle aboutit à la *Meta sudante;* construite en blocs de tuf, elle a 1m,40 de largeur sur 1m,80 de hauteur. Le radier est à la cote de 10m,49. On y pénétrait par un regard bâti en pierres de travertin. Les briques des pieds-droits portent les marques des consuls Petinus et Apronianus, en l'an 123 de notre ère.

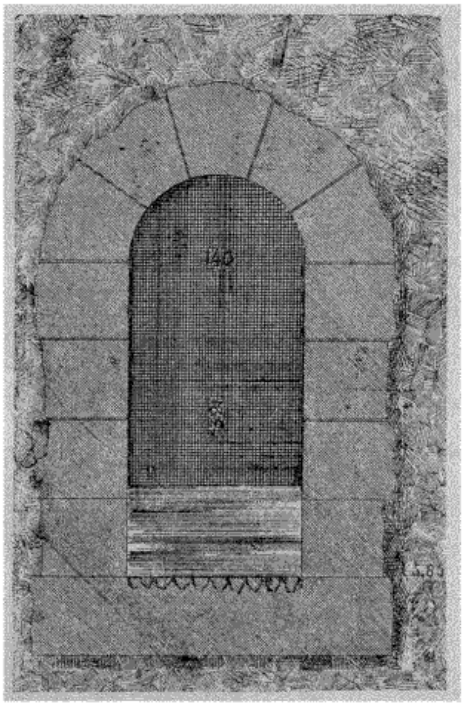


Fig. 7. — Cloaque de la place *Mattei* (grand égout de l'*Olmo*). Coupe transversale; période républicaine.

Sous la rue actuelle de San Gregorio (à la cote de 21m,52) se trouve la voie triomphale de Constantin (18m,63), et plus bas encore (à 13m,49) une grande chaussée de 5m,77 de largeur, avec trottoirs de 4 mètres en travertin. Au niveau de ces trottoirs débouchaient les caves d'une hauteur de 1m,70, destinées à emmagasiner les grains, les liquides, etc., et les bouches d'égout.

A la place Mattei, le grand égout de *l'Olmo* rejoint une ancienne cloaque, en pierres rectangulaires de Gabies, avec voûte en pierres de même provenance, sans ciment (fig. 7 et fig. 8). Pour une hauteur de 3m,21, la largeur est de 1m,40 ;

(1) « *Receptaculum omnium purgamentorum, sub terra agendum curavit* », dit Pline de l'un d'eux.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le radier est établi en grandes dalles. Ce type diffère peu de celui de la grande cloaque des Tarquins. Des branchements sont restés ensevelis; ils servaient à l'assainissement du cirque Flaminius, bâti par le censeur Caïus du même nom, en dehors de l'enceinte, en l'an 533 de Rome.

Quand l'égout de *la Suburra* fut construit sous le pontificat d'Alexandre VI (vers l'an 1500), on incorpora une cloaque républicaine (1m,30 sur 3m,50), qui traversait le Forum et rejoignait en ligne droite la *Cloaca Maxima*, près de la

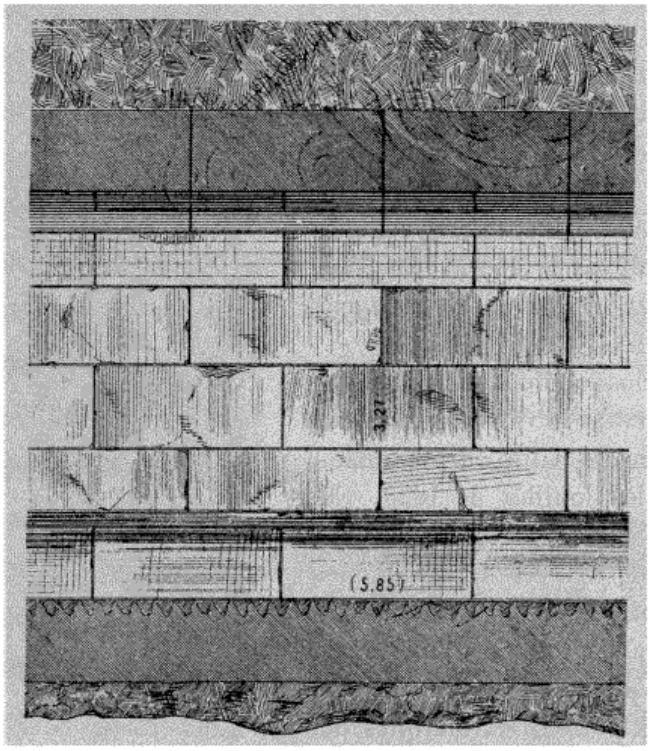


Fig. 8. — Cloaque de la place *Mattei*. Coupe longitudinale.

Marrana de S. Georges en Vélabre (1). Ce branchement drainait la vallée comprise entre le Viminal et le Quirinal, en passant entre le Capitolin et le Palatin.

D'autres branchements ont été mis à jour plus récemment encore, sous la Voie Sacrée, et dans le périmètre du palais des Césars, par les fouilles du Forum. Ces cloaques en excellent état de conservation sont utilisées pour la canalisation de ce quartier (2).

Agrandissements de Rome. — Quoique Sylla et, plus tard, les empereurs Auguste, Claude et Trajan, eussent successivement agrandi le *pomœrium*, l'en-

(1) Entre la rue Salara Vecchia et la *Marrana* de San Giorgio, une partie de la grande cloaque elle-même a été découverte, absolument intacte, pendant les fouilles que dirigea le sénateur Rosa.

(2) Narducci, *loc. cit.*, p. 37, 60, 62.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ceinte ne fut muraillée de nouveau, dix siècles après Servius Tullius, que sous l'empereur Aurélien (fig. 1). Elle comprit dès lors toute la canalisation embrassant le Champ de Mars et les versants du mont Pincio, du côté de la voie Flaminia; de même que les égouts autour des monts Testaccio et d'Oro, du côté des Portes Latine et Ostienne.

Les remparts d'Aurélien, achevés par Probus, encadraient dans un périmètre de 18,800 mètres une surface de 1,376 hectares. Restaurés plus tard par Honorius (393 après J. C.) par Théodoric, Bélisaire, et Narsès, avec les 300 tours et les 16 portes que mentionne Claudien (1), ils représentent à peu près ceux de Rome moderne, sur la rive gauche du Tibre (2), tels qu'ils sont construits en briques, sur 23 kilomètres de pourtour et 17 mètres de hauteur extérieurement.

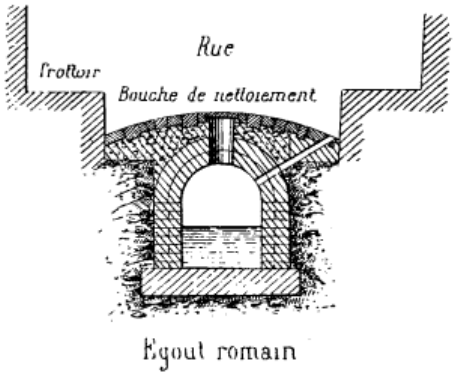


Fig. 9. — Type d'installation de cloaque avec bouches de nettoiement.

Sous l'empereur Auguste, Agrippa ne se contenta pas de développer le système des aqueducs, mais aussi celui des cloaques qu'il fit en outre réparer et curer fréquemment (3). Les rues et les édifices de la cité impériale se trouvèrent bientôt en quelque sorte suspendus sur des voûtes (4). Si Nerva fit comprendre les cloaques des rues nouvelles dans le réseau général, Adrien est signalé parmi les empereurs qui les entretinrent avec le plus de zèle.

Dans la voûte des cloaques, au milieu de la chaussée, étaient percés de distance en distance des regards, pour y jeter les produits du balayage, et latéralement, en bordure des trottoirs (*semita*), s'ouvraient des bouches par lesquelles se jetaient les eaux pluviales et les boues. Le pavé même des rues était posé sur

(1) Claudien, *De consulatu Honorii*, p. 550.

(2) C'est seulement en 852 que le pape Léon IV, pour défendre la rive droite contre les incursions des Sarrasins, ordonna de ceindre de murailles et de comprendre dans la ville les versants des monts Janicule et Vatican, ainsi que les faubourgs construits à leur pied. Depuis le roi Ancus, qui, pour défendre les approches du premier pont sur le Tibre (*pons Sublicius*), du côté de l'Étrurie, avait fortifié le Janicule, rien n'avait été fait pour incorporer dans la ville les faubourgs de la rive droite, si populeux sous le règne d'Auguste. Les murailles de la cité dite Léonine, réparées plusieurs fois, puis d'une manière générale par le pape Benoît XIV, en 1749, ont porté le périmètre total de l'enceinte à près de 25 kilomètres.

(3) Pour l'Euripe du Cirque Maxime, un canal de 10 pieds de largeur sur autant de profondeur et une longueur d'environ 1 200 pieds, avait été construit. Agrippa y affecta l'eau *Crabra* dont il fit détourner le cours. L'eau coulait de là dans une grande cloaque avec les liquides perdus de la ville, contribuant ainsi à la salubrité de l'air... (Petit-Radel. *Notice historique*, etc., 1803.)

(4) « *Suffosis montibus atque urbe pensili* », dit Pline.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

un blocage en massif qui garnissait les reins de la voûte (fig. 9) et formait le *nucleus* de la chaussée (1).

Comme le fait remarquer Albert (2), les cloaques, au point de vue de la construction, n'étaient rien moins que des ponts d'une extrême longueur, établis

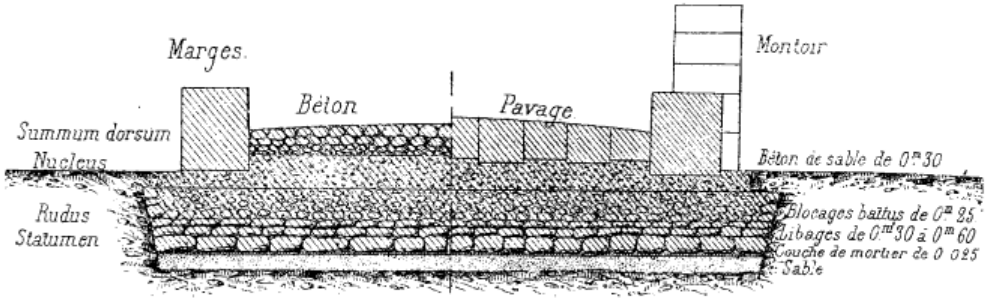


Fig. 10. — Profil-type de chaussée romaine. Coupe transversale.

sous les voies principales dans le but de les assainir (*purgatioresque reddendas vias conferant*), et capables de supporter des fardeaux énormes, tels que colonnes, obélisques, et autres blocs pesants qui étaient charriés chaque jour et dans toutes les directions (3). Elles étaient bâties avec le même art que celui employé pour les ponts. Au-dessus, se répartissaient dans le même ordre les divers matériaux

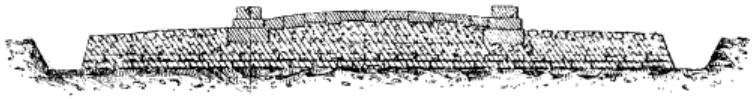


Fig. 11. — *Via Appia*. Coupe transversale de la chaussée.

des chaussées (*aggeres*); c'est-à-dire le *statumen*, première assise de plusieurs rangées de libages; puis le *rudus*, seconde assise de béton avec cailloux; le *nucleus*, troisième couche de béton de gravier, et finalement, la *summa crusta*, ou couverte bombée pour l'écoulement des eaux (4). Les profils-types de la chaus-

(1) A. Léger, *loc. cit.*, p. 676.

(2) Albert, *De re ædific.*, lib. IV.

(3) Pline, pour attester l'extrême solidité des cloaques, mentionne le fait de Scaurus voulant faire transporter 360 colonnes de marbre, de 38 pieds de longueur, depuis l'emplacement de son théâtre jusqu'à son palais du Palatin. Les curateurs des cloaques exigèrent qu'il se portât garant de tous dommages pouvant résulter de ce transport: mais aucune dégradation ne fut constatée.

Dans son panégyrique de Trajan, Pline le Jeune met au nombre des bienfaits de cet empereur, la sûreté des édifices privés.

« Ils ne reçoivent plus de secousses par le poids des prodigieuses masses de pierres que l'on charroie, et les temples ne sont plus ébranlés. » (*Trad.* de Sacy, p. 121.)

(4) Bertholon, *De la salubrité de l'air des villes*, 1786.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sée antique, appliquée aux voies avec égouts, et une coupe de la voie Appienne sont indiqués dans les figures 10 et 11 (1).

Période impériale. — Les cloaques de la période impériale se distinguent par leurs pieds-droits en maçonnerie de briques, et la substitution aux voûtes de toits angulaires, ou pignons, formés de grandes dalles inclinées.

De nombreux égouts de ce type ont été découverts intacts, et remis en service au moyen âge.

La première section en amont du grand égout (*Chiavicone*) de *Trevi*, à partir

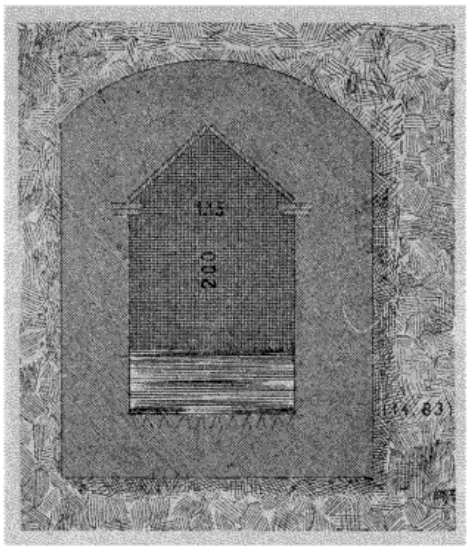


Fig. 12. — Cloaque de la place Poli (grand égout de *Trevi*); période impériale.

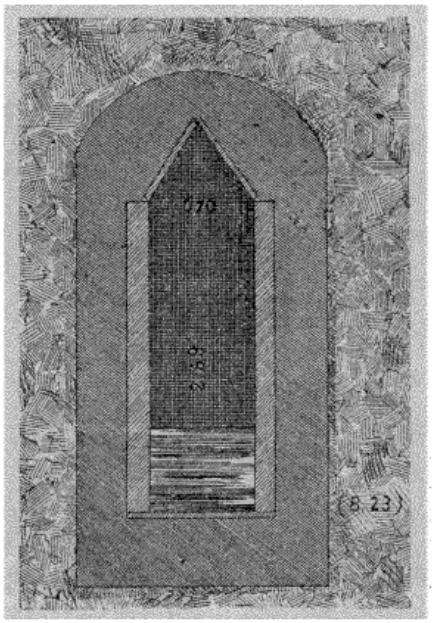


Fig. 13. — Cloaque principale des Thermes d'Agrippa (grand égout *della Giuditta*). Coupe transversale; période impériale.

de la rue *del Bufalo*, date de l'Empire. A la place Poli, il mesure 2 mètres de hauteur, sur $1^m,15$ de largeur. Les pieds-droits sont en briques triangulaires avec corniches de support en briques rectangulaires; les dalles des pignons ont $0^m,70 \times 0^m,60$ (fig. 12). Sa construction remonte à l'an 27 de notre ère, quand l'aqueduc *Virgo* fut bâti.

Pour le grand égout de *la Giuditta*, qui traverse la place du Panthéon de Marcus Agrippa, on a non seulement utilisé la cloaque principale des Thermes ($2^m,68$ sur $0^m,70$) (fig. 13), mais encore les branchements servant à l'écoulement des bains et de la chambre (*cella*) où les eaux étaient approvisionnées.

La cloaque du temple d'Hercule que construisit Antonin le Pieux, est rejointe

(1) A. Léger, *loc. cit.*, p. 522.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

également à la place *di Pietra* par l'égout de la Giuditta; il mesure 2 mètres sur $0^m,70$; les dalles du toit ont $0^m,60 \times 0^m,50$; le revêtement est en briques triangulaires (fig. 14).

Dans le grand collecteur actuel du niveau supérieur (*alto*), sur la place de la *Madonna dei Monti*, s'amorcent les cloaques des Thermes de Dioclétien ($0^m,70$ sur $2^m,30$), dont les pieds-droits sont en briques, et les dalles du toit mesurent $0^m,60$. Ces cloaques sont en service.

A la place Paganica, le grand égout (*Chiavicone*) de l'Olmo se soude à une

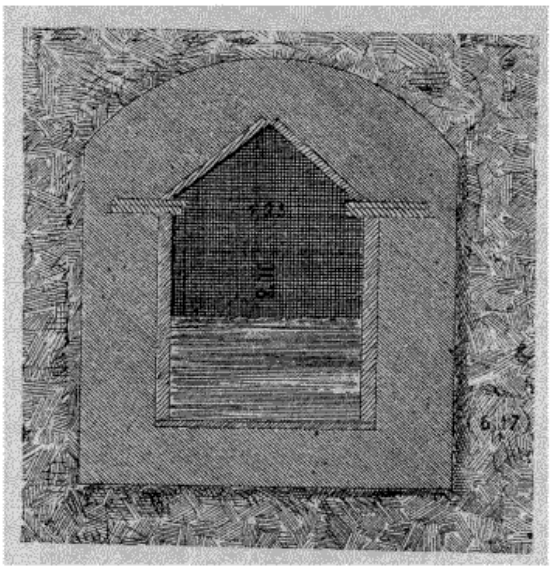


Fig. 14. — Cloaque du temple d'Hercule (place *di Pietra*), en raccordement avec le grand égout *della Giuditta;* période impériale.

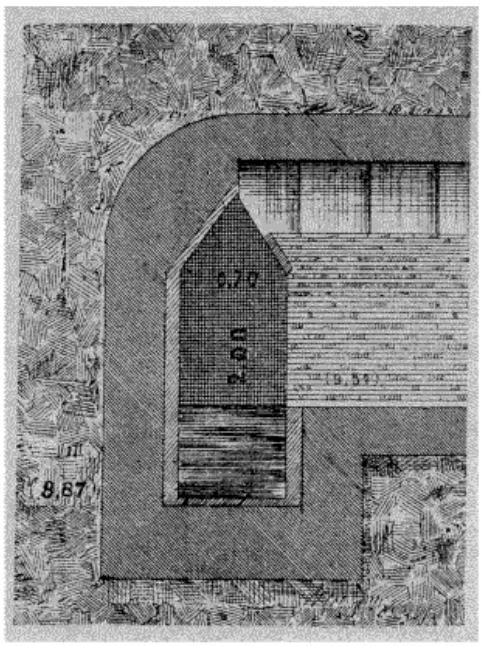


Fig. 15. — Cloaque de la Place *Paganica* (grand égout de l'*Olmo*); période impériale.

cloaque impériale (2 mètres sur $1^m,02$), dont les pieds-droits et les corniches sont en briques portant les empreintes de l'époque (fig. 15).

Pendant les travaux considérables entrepris sous le pontificat de Pie VII, par l'architecte Valadier, pour la restauration du Colisée, les fondations de l'amphithéâtre ne furent pas mises à découvert. En 1871 seulement, sous la direction du surintendant Rosa, les fouilles firent apparaître, du côté de San Giovanni, des cloaques envahies par les eaux. Depuis lors, grâce à la découverte des regards sur l'emplacement même du Cirque, le tracé a pu être suivi jusqu'à la *Meta sudante*, en raccordement avec le collecteur de l'Esquilin.

La cloaque de $1^m,25$ sur $1^m,80$, dont le radier est à la cote de $14^m,28$, est surmontée, à la cote de $17^m,02$, par une voie (*ambulacrum*) en galerie ($2^m,34$ sur $4^m,12$), construite en blocs de travertin, et recouverte d'une voûte appareillée

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

en même roche. Les pieds-droits sont maçonnés en briques; le pignon est formé de grandes briques, dont deux inclinées et une horizontale, intercalaire (fig. 16).

Le profil et la construction se modifient dans la traversée du massif des fontions en ciment de l'amphithéâtre. La section est réduite; la galerie est en ciment, comme on le voit dans la partie gauche de la figure 16.

Dans la plupart des cloaques anciennes, les branchements débouchent à un niveau plus élevé que celui de la cloaque principale, sans doute pour favoriser

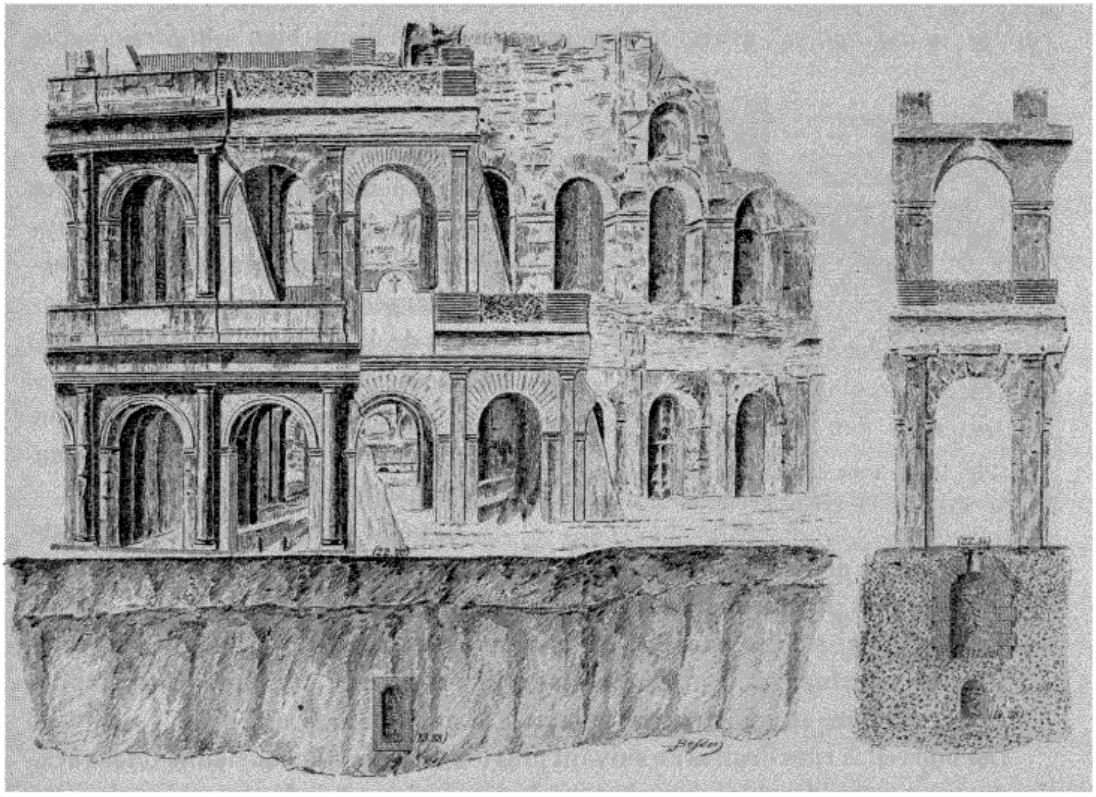


Fig. 16. — Cloaque du Colisée. Coupes transversales à l'intérieur et à l'extérieur de l'amphithéâtre.

l'écoulement, éviter les dégâts par le changement de vitesse et aider à la ventilation. L'élévation du radier des branchements est surtout visible dans la cloaque venant de l'Arc des *Pantani*, près de l'église Croce Bianca, et se jetant dans la *Cloaca Maxima*.

Rues et Cloaques. — Rome manqua pendant quelque temps de l'eau nécessaire pour assurer le plein écoulement du tout-à-l'égout, et des épidémies fréquentes décimèrent alors la population. Les prières aux divinités des cloaques firent moins que les nouveaux aqueducs pour en conjurer les effets.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les transformations successives de la ville impériale, dues à de nouveaux percements de voies et aux constructions de toute nature, sans un plan d'ensemble qui comprît le déplacement des anciennes cloaques publiques, finirent plus tard par entraver le fonctionnement de ces dernières, souvent enclavées dans les propriétés particulières. Tite-Live signale les funestes effets des changements inconsidérés de Rome (1).

Au temps de Cicéron déjà, les rues étaient fort étroites et tortueuses, les maisons hautes et mal bâties, la ville très malsaine. La loi des Douze Tables, qui assignait 8 pieds de largeur aux chaussées dans les rues droites, et 16 aux coudes (*in anfractum*), avait été transgressée. La loi disait bien « *ut facilius duo plaustra in illis simul possint transire* »; c'est-à-dire que la largeur des rues devait être facilitée pour le passage de deux chars à la fois. Toujours est-il que, malgré les mesures d'hygiène et le service des cohortes urbaines chargées, sous Auguste, de la police et de la voirie, l'encombrement, augmenté par le nombre de lieux sacrés (*arcæ*) auxquels la superstition défendait de toucher, était devenu une cause manifeste d'insalubrité.

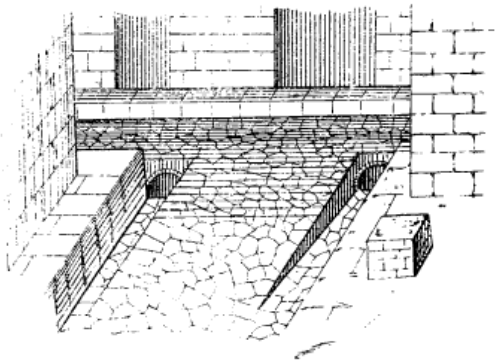


Fig. 17. — Type de bouches de cloaques, retrouvées à Pompéia.

Cet état dura jusqu'à l'incendie allumé par ordre de Néron, dit l'histoire; il dévora trois quartiers sur quatorze, et ne laissa des autres que des débris calcinés. Suétone n'hésite pas à reconnaître les bienfaits de ce sinistre, qui permit de rebâtir la vieille ville en rectifiant les rues tortueuses, en les élargissant surtout, afin de faire pénétrer plus d'air et de lumière au milieu de cette immense agglomération (2).

Les nouvelles rues droites ne suivant plus les inflexions des anciennes cloaques, des travaux considérables pour les rejoindre devinrent indispensables. La dis-

(1) « *Festinatio curam exemit vicos dirigendi, dum omisso sui alienique discrimine in vacuo ædificant. Ea est causa ut veteres cloacæ, primoque per publicum ductæ, nunc privata passim subeant tecta; formaque urbis sit occupata magis quam divisa similis.* » (Tit. Liv.; l. V; c. 55.)

(2) « *Nam quasi offensus deformitate veterum ædificiorum et angustiis flexuris qui vicorum urbem incendit.* » (Sueton. *in Neron.*, cap. 38.)

On croyait toutefois alors à l'influence bienfaisante des rues étroites pour conjurer certaines maladies, en empêchant les miasmes de pénétrer dans les maisons, car Tacite, au sujet de la reconstruction de Rome par Néron, dit : « *Erant tamen qui crederent veterem illam formam salubritati magis conduxisse, quoniam angustiæ itinerum et altitudo tectorum non perinde solis vapore perumperentur; at nunc patulam latitudinem et nulla umbra defensam graviore æstu ardescere.* » (*Ann.*, lib. XV, 43.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

position n'en resta pas moins la même quant au service de la voirie et aux bouches d'égout pour les usages domestiques (1).

La figure 17 représente une des bouches d'égout retrouvée à Pompéi, en tous points semblables à celles de Rome.

Curage des cloaques. — Sous Trajan et sous Nerva, les aqueducs, par la profusion des eaux déversées en trop-plein dans les cloaques, assuraient leur nettoiement, conformément aux mesures édictées par Agrippa. Si les eaux ne suffisaient pas, le travail des hommes y suppléait.

Frontinus rapporte le passage d'une ordonnance des édiles, qui donne une idée précise des règlements imposés pour la salubrité des cloaques (2), en vue des eaux libres.

Il était défendu, sous les peines les plus graves, de faire la moindre violence à ceux qui réparaient ou curaient les égouts publics et particuliers, ou de les gêner dans leurs travaux; et aussi, de disposer des eaux refluant des réservoirs publics, dénommées eaux caduques, indispensables pour la salubrité et la propreté des cloaques (3).

Le curage des cloaques publiques était régi par des édits (4); mais celui des cloaques privées dépendait du Préteur chargé du service des aqueducs, qui fixait au besoin les indemnités de curage dues aux propriétaires des fonds voisins (5).

Un impôt spécial (*cloacarium*) permettait de subvenir aux dépenses du service public.

Il n'y avait pas de quais sur le Tibre, pour la circulation le long des rives, sauf aux abords de la *Cloaca Maxima*, et sur les bords de l'île sacrée d'Esculape. Entourée d'un mur qui figurait les bordages d'un navire, l'île était décorée à la proue par un temple de Faune, et à la poupe, par le temple du fils d'Apollon. Festus fait mention des *canalicolæ* « *forenses homines pauperes, dicti ita quod circa canales fori consisterent* ». Ils vivaient à l'embouchure des cloaques, sur les bords du fleuve, pêchant et recélant les objets de quelque valeur entraînés par les eaux et les limons.

(1) Comme il n'y avait pas de latrines dans les maisons particulières, les esclaves des familles riches devaient jeter les ordures dans les latrines publiques. Vespasien en porta le nombre à 113; elles étaient en communication directe avec les cloaques. Les familles pauvres, ou celles n'ayant pas d'esclaves, les vidaient dans les bouches d'égout à la porte de leurs maisons, ou des maisons les plus voisines.

(2) « *Ne prætereuntes quidem aquæ otiosæ sunt, nam immunditiarum facies et impurior spiritus et causæ graviores cœli, quibus apud veteres, urbis infamis aer fuit, sint remotæ.* »

(3) « *Nam necesse ex castellis aliquam partem aquæ effluere, cum hoc pertineat non solum ad urbis nostræ salubritatem, sed etiam ad utilitatem cloacarum abluendarum.*

(4) Marchetti, *Sulle acque di Roma*, 74.

(5) Ulpian confirme les pouvoirs sur les cloaques privées des Préteurs « *quorum utrumque et ad salubritatem civitatum, et ad tutelam pertinet; nam et cœlum pestilens et ruinas minantur immunditia cloacarum* ». (*De Cloacis*, XLIII, 35.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

2. — Rome après l'Empire et sous les Papes.

Le réseau grandiose des cloaques, subissant le sort de toutes les autres constructions de Rome, se dégrada peu à peu pendant ses longs malheurs et finit par s'obstruer. Les eaux des aqueducs et les liquides des cloaques s'épanchèrent dans les parties basses de la ville ; les marécages ne tardèrent pas à se reformer (1), et des maladies pernicieuses terribles vinrent frapper la malheureuse population chaque jour plus réduite, d'une manière plus efficace encore que les barbares.

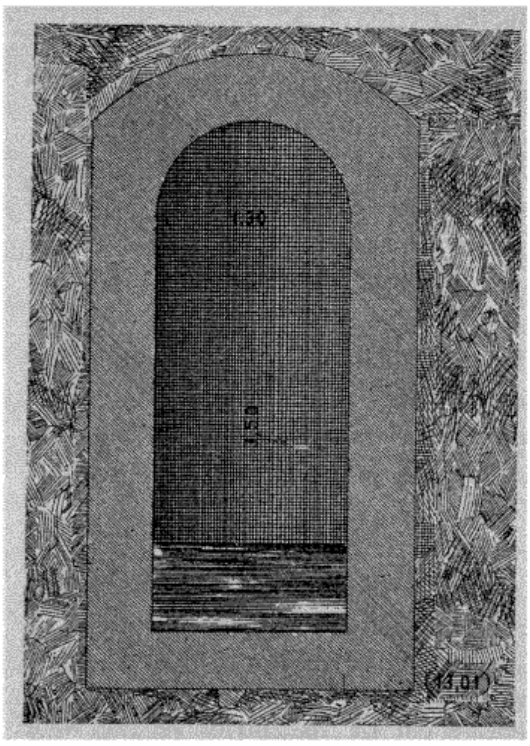


Fig. 18. — Grand égout de la *Suburra* (1500 ; pontificat d'Alexandre VI.

Les historiens de ces temps reculés, en particulier saint Grégoire (590), dans ses *Homélies*, et Jean, dans la vie de ce grand saint, font de la résidence de Rome la peinture la plus désolante. L'air y était devenu si mauvais que la peste exerçait de continuels ravages. Surtout, pendant le séjour des papes à Avignon, les mesures les plus élémentaires de salubrité furent négligées; les habitants fuyaient la ville éternelle : plusieurs écrivains ont attribué à cette coupable incurie la dépopulation excessive qui abaissa à 35 000 le chiffre de tous les habitants.

Au XVI^e^ siècle seulement, les papes entreprirent des travaux de réfection partielle et de curage des égouts; sous Léon X, ils furent poussés activement, et la population doubla; mais sa mort laissa la situation au même point. Plus tard, Grégoire XIII, Paul V, Urbain VIII, etc., firent exécuter les grands égouts indispensables pour assurer la salubrité de la ville.

Le grand égout de la *Suburra* date du pontificat d'Alexandre VI (1500). A partir de la place de la Suburra, il suit les rues actuelles Urbana, Madonna dei Monti et Salara Vecchia, traverse le Forum, et débouche perpendiculairement dans la grande cloaque à San Giorgio. C'est le collecteur des versants du Viminal

(1) Encore au commencement du XVI^e^ siècle, le pape Paul V fit dessécher un des marais pestilentiels qui occupait l'ancien Forum d'Auguste, près de l'Arc des *Pantani*, comme l'atteste une inscription placée par ce pontife sur la porte de l'église de Saint-Quirique.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et du Quirinal. Sa section est de 1m,30 sur 3m,50 de hauteur. A la Salara Vecchia, son radier est à la cote de 13 mètres (fig. 18).

L'égout de *San Giacomo*, construit au XVIe siècle et prolongé en l'an 1600, par les soins du cardinal Salviati, sort de l'hôpital San Giacomo, passe sous les Camporesi et débouche directement dans le Tibre. Sa section est de 1m,03 sur 1m,95, et son radier est pavé avec joints en ciment pour éviter tous dépôts d'immondices (fig. 19).

Le grand égout de *Trevi*, continué par Urbain VIII (1630), a pour section, sous le palais Raggi, dans le Corso, 1m,20 sur 2m,08 (fig. 20). C'est une des canalisations les plus importantes de la rive gauche, depuis le remaniement qu'occa-

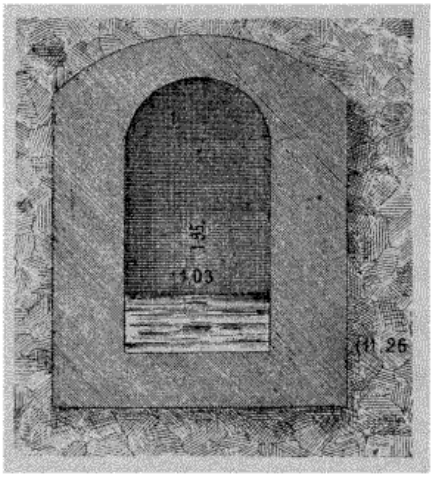


Fig. 19. — Égout de *San Giacomo* (XVIe siècle).

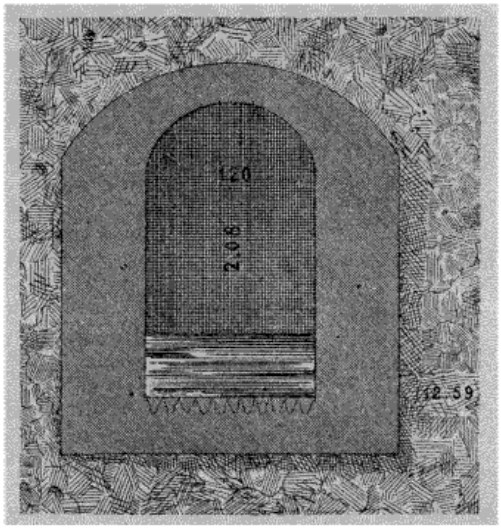


Fig. 20. — Grand égout de *Trevi* (1630), pontificat d'Urbain VIII.

sionna en 1735 l'érection de la fontaine du Triton. La coupe, dans la rue des Condotti, est indiquée fig. 21. L'égout débite 28000 mètres cubes en vingt-quatre heures, ou 0m3,003 par seconde. Le moulin auquel il fournissait la force motrice a été racheté par la municipalité depuis 1870.

En 1621, le pape Grégoire XV donna les ordres pour la construction du grand égout de la *Giuditta*, destiné à l'assainissement de l'ancien Champ de Mars. Ce fut son successeur, Urbain VIII, qui acheva cet ouvrage. Depuis la rue de la Fiumara, la première section passe en galerie sous les anciens édifices des temples du Soleil, de Castor et Pollux, avec un profil de 0m,80 sur 1m,90; elle se poursuit par la rue Argentina jusqu'à la place de la Rotonde; emprunte la cloaque romaine du Panthéon d'Agrippa déjà mentionnée et aboutit à une autre cloaque ancienne dite du *Canterone*, de 48 mètres de longueur, dont le profil accuse 3 mètres sur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

2m,35. De ce point, par la cloaque romaine du temple d'Hercule, l'égout de la Giuditta gagne le Corso et la place San Carlo.

Depuis son origine jusqu'au *Canterone*, la longueur est de 1 029 mètres, et depuis la place San Carlo jusqu'au Tibre, de 816 mètres.

Un autre grand égout reconstruit par les papes, celui de l'*Olmo*, s'amorce à la place de la Minerva, avec un profil de 2m,12 sur 0m,90, recueille les eaux des places des Saints-Apôtres, de Venise, de Jésus et du cours Victor-Emmanuel jusqu'à la place Paganica, où il débouche dans d'anciennes cloaques conduisant

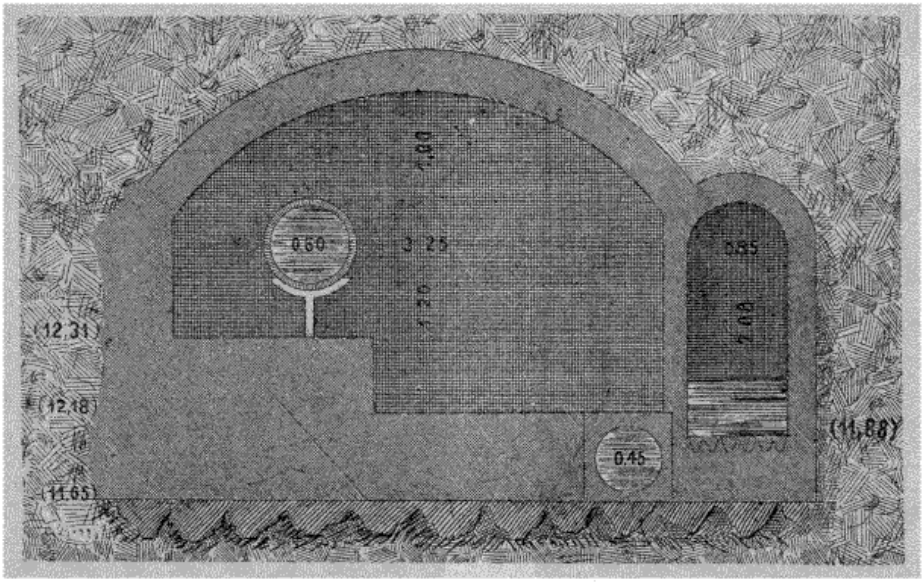


Fig. 21. — Grand égout de *Trevi : Via dei Condotti*. Coupe transversale depuis remaniement en 1735.

sur 450 mètres de parcours au fleuve, après avoir reçu les eaux de deux sources abondantes, connues des Romains.

Sur la rive droite du Tibre, les quartiers des faubourgs encore très peuplés du temps des Empereurs, étaient regardés comme malsains. Sauf dans les jardins d'Agrippine, mère de Caligula, et dans le cirque de Caïus Caligula, où Néron conduisait les chars en personne, on ne trouve aucuns vestiges de cloaques romaines.

Au moyen âge, le bourg Saint-Ange (*Borgo vecchio*) s'étendant peu à peu, des égouts de peu de longueur furent construits. Les papes Pie V et Sixte IV ordonnèrent leur nettoiement et la réfection des galeries autour du Vatican; mais ce fut Sixte-Quint (1585) qui fit établir le premier grand égout du *Borgo*, dit de *Saint-Pierre*, joignant l'ancien cirque au Tibre. Le type de cet ouvrage rappelle celui de l'époque impériale, autant par ses dimensions, 2m,95 de largeur sur 3m,76 de hauteur, que par son mode de construction (fig. 22). Il a son origine à ciel ou-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vert hors la ville, traverse la muraille de la cité Léonine en galerie, puis la place de Saint-Pierre, avec une section moindre, pour déboucher au-dessous de l'hôpital San Spirito, dans le grand collecteur inférieur actuel.

Les nombreux égouts branchés sur ce collecteur, y compris ceux du Bourg Neuf (*Borgo Nuovo*), appartiennent au même type que justifie le volume considé

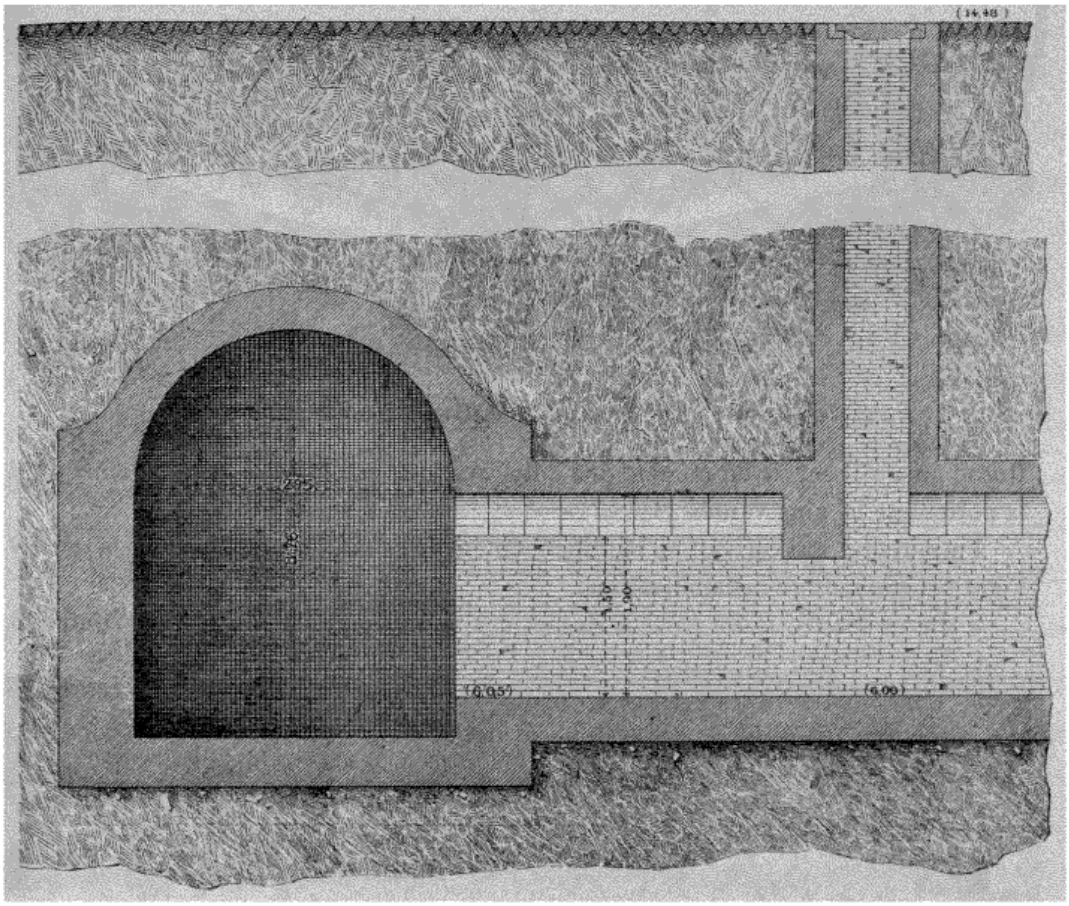


Fig. 22. — Grand égout de Saint-Pierre, *Borgo vecchio* (rive droite). Coupe transversale ; Pontificat de Sixte-Quint (1585).

rable d'eau déversé par les fontaines et les sources souterraines. Le grand égout du Bourg Neuf est représenté suivant deux coupes, longitudinale et transversale, dans les figures 23 et 24. Aussi, dans l'établissement plus récent des égouts du Transtévère, s'y est-on conformé.

Pendant l'administration française, sous Napoléon Ier, la construction et l'entretien des égouts furent confiés à la Présidence des routes (*delle strade*). Les dépenses étaient supportées par les habitants intéressés des divers quartiers, de même que les frais d'entretien du pavé.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

« Un système complet d'égouts, partie anciens, partie modernes, remarquait de Tournon, alors préfet de Rome, assure l'assainissement de la ville, en recevant par de nombreuses ouvertures les eaux pluviales. Ainsi, encore sous ce rapport,

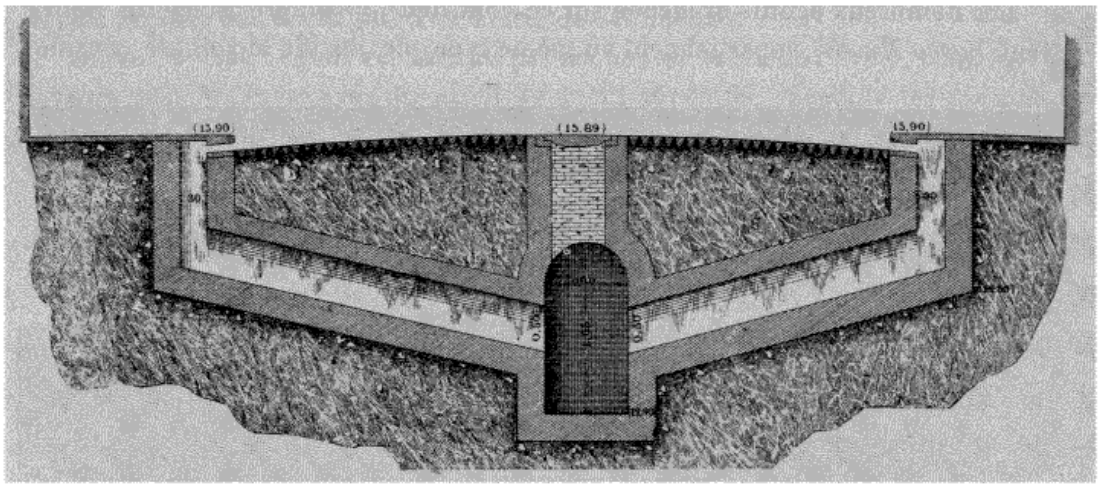


Fig. 23. — Grand égout de *Borgo nuovo* (rive droite). Coupe transversale.

Rome pourrait servir de modèle aux plus grandes capitales, à celles même dont la police est la plus vantée (1). »

Petit-Radel, qui écrivait au commencement de ce siècle, confirme en ces termes l'état satisfaisant de la canalisation :

« On ne trouve nulle part, à Rome, ces ruisseaux d'eaux sales qui coulent à

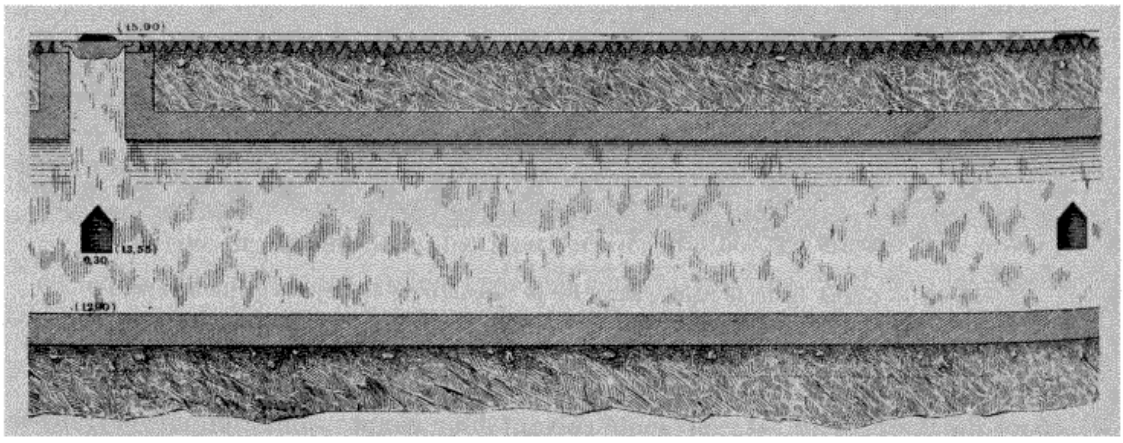


Fig. 24. — Grand égout de *Borgo nuovo*. Coupe longitudinale.

découvert. Il existe dans chaque cour de maison un point où dérivent toutes les eaux par un canal en briques : elles se rendent dans l'égout commun pratiqué sous le pavé de la rue.

(1) De Tournon, *loc. cit.*, II, 228.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

« De distance en distance, une dalle percée laisse écouler les eaux de pluie, de même que les immondices qu'elles entraînent. Ainsi, quoiqu'on ne balaye jamais (par mesure de police), sinon avant les pluies d'octobre, ou dans quelques solennités, les rues sont toujours propres, grâce aux pluies et aux vents du Nord (1). »

« Aucune eau ménagère, observe plus tard l'ingénieur Rozat de Mandres (1858), ne souille les rues de Rome. Tous les liquides provenant des habitations sont reçus dans de petits égouts construits sous les trottoirs, qui versent leurs eaux dans les égouts plus vastes établis sous les chaussées bombées (2). »

3. — Rome depuis 1870.

Quelque admiration qu'ait provoquée jusqu'à il y a trente ans le système du tout-à-l'égout pratiqué dans l'antiquité par les Romains, grâce au flot d'eau continue dont on disposait, il ne s'ensuit pas que l'assainissement de la ville et son état de propreté eussent atteint la perfection au moment où les Italiens décidaient de faire de Rome le siège du gouvernement.

Aussi, l'ingénieur Giordano, dans la *Notice* sur Rome, qu'il publiait à Florence en 1871, n'hésitait-il pas à signaler les nombreux vices qu'il importait avant tout de corriger, au prix des plus grands sacrifices, pour placer Rome à la tête des autres villes, telles que Florence, Milan, Turin, etc., et en faire une résidence royale digne de l'Italie (3). Nous ne retiendrons de ces défectuosités multiples que celles relatives à l'assainissement.

« La plus grande partie de la ville, écrivait-il, est concentrée sur les terrains bas qui longent le Tibre, surtout sur la rive gauche où les inondations du fleuve arrivent peu à peu à couvrir le sol d'eaux limoneuses, noyant les caves et les bas-fonds ; de telle sorte que l'usage des locaux souterrains y est impossible, et même le plus souvent celui des rez-de-chaussée. Tous ces quartiers qui sont, à proprement parler, presque toute la ville, représentent à peu d'exceptions près un dédale de rues étroites, tortueuses, sans trottoirs, où la circulation est aussi difficile pour les piétons que pour les véhicules. La voie principale, le Corso, qui est tracée en ligne droite sur plus d'un kilomètre et demi, n'a qu'une largeur absolument insuffisante de 10 mètres. Les maisons à quatre et six étages, alternant avec de grands bâtiments nus qui servent de monastères, contribuent à étriquer davantage les rues et à s'opposer au renouvellement de l'air...

« Dans son état actuel, le Tibre ressemble plus à un grand égout fangeux

(1) Petit-Radel, *loc. cit.*, 1803.

(2) Rozat de Mandres, *Ann. ponts et ch.*, 1858.

(3) F. Giordano, *Cenni sulle condizioni fisico-economiche di Roma e suo territorio ; Firenze*, 1891.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qu'à une rivière, flanqué sur ses bords de détritus immondes, de bouches d'égouts et de bas quartiers, parmi lesquels celui des juifs (*Ghetto*) offre le spectacle de toutes les misères et des plus noires saletés, ainsi qu'une bonne partie du Transtévère et de la cité Léonine; derrière les plus somptueux et imposants édifices s'entassent les masures délabrées des indigents...

« Si les égouts sont très nombreux à Rome, ils diffèrent sensiblement de ce type magnifique de la grande cloaque, seul vestige qui nous reste des anciens travaux de ce genre, exécutés par les Romains. Les égouts actuels sont la plupart très petits, difficilement praticables; ils n'ont pas été conçus d'après un système rationnel, à tel point que, malgré les relevés statistiques opérés à différentes époques, on n'en possède pas un plan d'ensemble. Inutile d'ajouter que leur débouché direct dans le fleuve expose la basse ville, lors des crues périodiques, aux plus graves inconvénients que causent les inondations d'eaux mélangées avec celles des égouts... »

Avec des égouts de tous les types, construits à toutes les époques pour des quartiers distincts, dans des conditions de pente et de débit si variables, un plan d'ensemble n'était pas sans offrir de grosses difficultés aux nouveaux occupants.

Il y avait lieu, avant tout remaniement, d'envisager à la fois les conditions hydrographiques, topographiques et géologiques de la ville, par rapport à l'accroissement qui était prévu de la population, et à sa répartition dans les quartiers nouveaux.

Le Tibre. — Avant d'atteindre l'ancien môle d'Adrien, le Tibre décrit dans Rome un demi-cercle qui vient, empiétant sur les rues les plus peuplées, étrangler les beaux quartiers déjà resserrés entre le Pincio et le fleuve. C'est à la proéminence du coude du Tibre que Clément XI fit construire le petit port de Ripetta, avec de larges degrés, dans le but de faciliter le débarquement des denrées qui descendent par le fleuve de la Sabine et de l'Ombrie. Ce port, ouvert à quelques pas de la rue principale du Corso, faisait face à une berge déserte dont la verdure cachait la base du mont Mario, à l'arrière-plan. Il fut question, dès le principe, de construire sur cette berge de la rive droite un quartier qui s'est appelé depuis les *Prati di Castello*.

Plus en aval du château Saint-Ange, le fleuve coule profond et large jusque passé l'île Tibérine : il n'avait pas de quais, tellement les interruptions sur les deux rives étaient fréquentes ; quelques berges, des fabriques sur des terrasses plongeant dans l'eau ; des maisons sordides reflétant leurs arêtes dans le liquide fangeux des égouts, etc., tels étaient les bords du Tibre.

Relief. — La zone basse qui occupe une plus grande étendue sur la rive gauche que sur la rive droite, se développe au pied d'un plateau correspondant comme niveau au sommet des collines (60 mètres environ d'altitude). Quoique apparemment détaché de la campagne romaine par des vallées d'érosion, ce

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

plateau s'y relie par une sorte d'isthme avec les monts Albains, du côté de la Porte majeure. C'est par cet isthme, en effet, que les anciens aqueducs convergeaient vers la ville et qu'aujourd'hui pénètrent les voies ferrées venant de Naples, de Florence et de Gênes. Sur ce plateau furent également projetés tout d'abord les nouveaux quartiers de l'*Esquilin* et de *Castro Pretorio*.

Sur la rive droite, pour une zone basse bien moins large, la ligne de faîte des collines est à une cote plus élevée; 146 mètres au mont Mario ; 80 mètres au mont Vatican; 90 mètres au Janicule.

Outre que le plateau de la rive gauche, situé à 30 ou 40 mètres plus haut que la zone basse, est entrecoupé par des plis ou vallonnements assez abrupts qui font que les rampes de communication entre les deux étages sont un obstacle à un trafic tant soit peu actif, il offre une surface allongée très irrégulière qu'entaille la gare centrale.

La zone basse, plus ou moins submersible à l'altitude moyenne de 15 mètres, présente une surface non moins irrégulière que celle du plateau, en raison des remblais dont l'épaisseur varie de 3 à 14 mètres et atteint même 20 mètres sur certains points des versants.

Enfin, une pente générale règne sur les deux rives dans la direction du cours du fleuve, avec des dépressions très sensibles.

Ainsi, sur la rive gauche, le seuil de la porte Flaminia est à $16^{m},96$ et celui de la porte Saint-Paul à 13 mètres, avec des repères intermédiaires, dans le sens de la longueur; $13^{m},46$ (port de Ripetta); $12^{m},88$ (place de l'Ours); 13 mètres (Arc des Pantani); $11^{m},71$ (rue de la Fiumara et près du temple de Vesta).

Sur la rive droite également, la porte Pia est à la cote de $14^{m},98$ et celle dite Portuense à $13^{m},62$, avec des dépressions à l'église San Giacomo de $12^{m},92$; au pont Sisto de $12^{m},54$, etc.

Indépendamment de cette pente générale, de véritables bassins, correspondant aux anciens marais, abaissent le niveau sur certains points de la rive gauche, aux places Navona, Minerva, San Giorgio, etc., entre 13 et 15 mètres.

Sol géologique. — La constitution du sol, appelée à jouer un rôle si important dans tout projet de canalisation, au point de vue des eaux souterraines, s'est surtout modifiée en raison de la couche de détritus qui a remplacé, sur les deux rives, les strates alluviennes du Tibre, sables, cailloux et marnes quaternaires, etc. Si les eaux obéissent à une loi générale d'après laquelle la profondeur augmente aux vallonnements transversaux et diminue au pied des collines et des promontoires, elles sont principalement soumises aux conditions variables de perméabilité des terrains de transport.

Or, à Rome, plus que dans toute autre ville, ces terrains sont extraordinairement développés.

Les fondations à 6 mètres de profondeur au-dessous de l'étiage du Tibre,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qu'a nécessitées l'endiguement sur 1800 mètres de longueur de la rive droite, et 3400 mètres, de la rive gauche; les fouilles exigées par les travaux édilitaires de toute nature ont permis de constater l'énorme accumulation, sur le sol naturel, de substructures, de voies, de canaux et d'égouts superposés, qui sont marqués au sceau de chaque siècle passé. Les eaux s'y frayent un chemin par un réseau de courants enchevêtrés, suivant les lignes de moindre résistance, en empruntant çà et là les conduits encore libres des temps primitifs, ou les fissures produites par le tassement des matériaux.

D'après les sondages exécutés un peu partout, indépendamment de ceux des rives, les cotes des eaux souterraines oscillent, sur la rive droite entre $10^{m},37$ et $12^{m},51$, et sur la rive gauche, entre $8^{m},32$ et $11^{m},12$, tandis que l'étiage du fleuve se maintient entre $5^{m},20$ et $6^{m},60$.

Il résulte également des observations multiples faites sur les puits et dans les caves des quartiers de la ville basse, que le niveau des eaux souterraines, d'après un profil où les pentes transversales s'accentuent très sensiblement de l'amont à l'aval, se maintient à 5 mètres en moyenne par rapport à l'étiage. La chute des pluies influe directement sur l'élévation de ce niveau; mais les crues du fleuve même ont une action très faible et surtout très lente dans la masse détritique (1).

Météorologie. — Les observations météorologiques sont un autre facteur important pour l'établissement d'un plan général de canalisation.

De Prony avait déjà insisté, à l'occasion des travaux nécessaires pour compléter le desséchement des marais Pontins, sur la quantité moyenne d'eau pluviale annuelle, bien plus considérable à Rome et dans les pays environnants qu'à Paris (2).

Les moyennes mensuelles des pluies tombées, servant au calcul des moyennes diurnes, donnent en millimètres :

Octobre	$2^{mm},37$	Avril	$1^{mm},98$
Novembre	$3^{mm},76$	Mai	$1^{mm},76$
Décembre	$2^{mm},67$	Juin	$1^{mm},25$
Janvier	$2^{mm},37$	Juillet	$0^{mm},53$
Février	$2^{mm},07$	Août	$0^{mm},90$
Mars	$2^{mm},04$	Septembre	$2^{mm},39$

(1) Aussi, les craintes qu'avait fait naître l'endiguement, quant au relèvement du niveau des eaux souterraines, qui eût impliqué l'inondation permanente et l'insalubrité des bas quartiers, ne se sont-elles pas réalisées. L'endiguement achevé, il a été constaté qu'au bout de treize années, le niveau des eaux ne s'était pas modifié, de façon que les collecteurs établis le long des rives sont parfaitement en état d'intercepter les infiltrations, sans que le refoulement par les crues puisse se produire. (Canevari, *Dei lavori di sistemazione del tronco urbano del Tevere*, etc., 1890.)

(2) « L'épaisseur moyenne de la couche d'eau pluviale annuelle étant à Paris de $0^{m},53$, le maximum d'épaisseur constaté pendant vingt années d'observations à Rome (1782-1801) est

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'hiver météorique étant moins pluvieux que l'automne, le maximum a lieu en novembre, tandis que le minimum pour l'été s'observe au mois d'août (1).

Le relevé fourni par l'Observatoire du Collège Romain, pour quatre-vingt-dix années consécutives (1780-1870), indique comme maxima des chutes de pluies exceptionnelles :

9 novembre 1845. . .	0m,1445 en 15 heures, soit :	0m,0064 par heure.
6 avril 1787.	0m,126 en 17 heures, soit :	0m,0074 par heure.
12 octobre 1863. . . .	0m,120 en deux ondées, soit :	0m,0032 et 0m,0125 par heure.

Les pluies ordinaires fournissent fréquemment une hauteur d'eau de 0m,007 à 0m,008 par heure.

L'intensité qui résulte de la hauteur d'eau tombée pendant une heure sur l'unité de surface, donne lieu à des évaluations diverses quant à la fixation du maximum.

A Milan, par exemple, pour le mois de novembre, le plus pluvieux de l'année, la hauteur d'eau (0m,3827) tombée en trente-six heures, eût donné comme intensité maxima 63 millimètres; mais le chiffre adopté dans l'étude des projets d'égouts n'est que de 45 millimètres. C'est également le chiffre prescrit pour Rome (2).

Population. — Comme distribution de la population de 210000 habitants, avant 1870, les recensements indiquaient une densité moyenne dans les quatorze quartiers, ou *Rioni*, de Rome, de 700 individus par hectare.

Le polygone irrégulier qui circonscrit la surface de 1 416 hectares, dont le plus grand diamètre, de la Porte du Peuple à la Porte Saint-Sébastien, est de 5 kilomètres environ, comprenait :

Surface bâtie formant 843 groupes (*isole*) et comprenant les cours.	2 879 000 m. car.
Rues et places (partie bâtie) (3).	1 913 000 —
Jardins, vignes, cultures.	7 788 000 —
Tibre, cours d'eau, canaux, etc.	523 000 —
TOTAL	14 163 000 m. car.

Sur les 390 hectares bâtis, soit un tiers environ de la superficie totale, on comptait cent quatre-vingts églises, couvents et autres édifices du culte. Il ne

de 1m,096 et le minimum de 0m,602, l'épaisseur moyenne étant de 0m,847. » (De Prony, *Des cript. hydrogr. des Marais Pontins*, 1822, p. 121.)

(1) Millesovitch, *Ann. di Meteor. italiana*, 1881, III.

(2) Dans l'orage violent qui éclata à Rome le 13 novembre 1874, entre 4 heures 15 minutes et 5 heures de l'après-midi, la hauteur d'eau constatée a été de 41 millimètres en trois quarts d'heure. Or, la section du plus récent égout à cette époque (l'égout du Babuino) n'avait été calculée, suivant le chiffre adopté, qu'en vue d'une intensité maxima de 45 millimètres par heure, et d'un écoulement dans le double du temps. (Spataro, *Manuale di Fognatura*, p. 169.)

(3) Le nombre des places de différentes dimensions était de 150; celui des rues, de 500, et des ruelles (*vicoli*), de 275, d'une longueur totale de 150 kilomètres.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

restait ainsi que 210 hectares occupés par des maisons, des bâtiments civils et publics. Le professeur Tito Armellini évaluait la distribution par logement, dans les maisons de quatre étages, entre quatre et six individus pour la classe moyenne, et dix à douze, pour la classe pauvre (1), et caractérisait cette agglomération excessive, comparable à celle de Naples, comme absolument contraire à l'hygiène et à la morale (2).

Projets de canalisation. — C'est sur la base des données incomplètes fournies en 1871 par l'hydrographie, la météorologie, les recensements, etc., que le nouveau plan d'assainissement de Rome, en vue de l'extension immédiate de la partie bâtie, a été conçu, de façon à comprendre non seulement la construction des égouts des quartiers projetés et la coordination des anciens égouts, mais la création de débouchés indépendants des crues du fleuve et de tout système d'écluses, de nature à entraver l'écoulement des eaux météoriques, ou à causer le reflux des eaux souterraines et la submersion des parties basses de la ville. Ce plan ne pouvait être viable et exécutable qu'à deux conditions : la première, maîtriser le Tibre en l'endiguant; la deuxième, assurer une libre décharge aux eaux des égouts par des collecteurs se prolongeant en aval, hors la ville, jusqu'à un point du fleuve convenablement choisi.

Le mérite de la conception et de l'étude première d'un projet réalisant ces deux conditions revient à l'ingénieur en chef, R. Canevari, qui le soumit, dès 1871, à la discussion de la Commission technique instituée par décret du 1er janvier de la même année, « pour s'enquérir du régime du Tibre et de ses affluents, examiner les causes permanentes ou temporaires qui déterminent les inondations et, finalement, proposer les remèdes, en indiquant les voies et moyens à employer immédiatement, ainsi que les travaux à exécuter en vue d'améliorer la situation ».

Avec une connaissance non moins profonde des circonstances locales que des besoins d'expansion et de rénovation de la grande capitale, M. Canevari a développé la partie essentielle de son plan dans les termes suivants (3) :

« En montrant comment les hautes eaux du Tibre s'engagent dans les égouts pour inonder l'intérieur de la ville, et comment les eaux souterraines

(1) F. Giordano, *loc. cit.*, p. 173.

(2) La densité moyenne s'est relevée encore après 1870, puisqu'elle aurait atteint le chiffre de 730 individus par hectare. La surface se répartissait dès lors, ainsi qu'il suit :

Maisons, cours, églises, édifices publics	5 524 000	m. car.
Rues, places, etc.	3 488 000	—
Jardins, squares, etc.	430 000	—

L'aire bâtie des divers *Rioni* (quartiers) correspondait, comme moyenne, de 9 à 15 mètres carrés par habitant.

(3) *Atti della Commissione* (*Allegato C*). *Relazione Canevari*, p. 254.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

relèvent leur niveau à chaque mouvement ascensionnel du fleuve, j'ai signalé la cause initiale du mal à combattre : c'est-à-dire la variabilité du niveau du réceptacle où s'écoulent les eaux, d'une manière visible ou occulte. Aussi, le problème ne serait-il résolu qu'en partie, si l'on se bornait à endiguer le Tibre. Pour résoudre l'autre partie, il faut, parallèlement aux murs des digues, construire des collecteurs appropriés, reliant les bouches des égouts existants, recueillant leurs liquides et, par leurs parois filtrantes, les eaux abondantes d'infiltration, qui pourraient ainsi s'échapper utilement en lavant les collecteurs.

« En outre, pour obtenir un niveau de l'émissaire des collecteurs, invariable, en même temps qu'inoffensif pour le refoulement, on devra les conduire jusque dans le Tibre, à une distance de 10 kilomètres en aval de la ville, à Mezzo Cammino, sur la voie Ostienne, où la crue du fleuve, dans la plus terrible des inondations, celle de 1870, est restée à 7 mètres. Dans ces conditions, les collecteurs déboucheront à une cote assez basse pour pouvoir fonctionner comme drain général du sous-sol, dans une indépendance absolue des oscillations qu'offre le tirant d'eau du Tibre.

« Pour obvier au grave inconvénient que causerait l'insuffisance des égouts actuels, aussitôt que la haute zone aura été occupée par de nouveaux quartiers, et, pour réduire le volume des eaux rejetées dans les collecteurs le long des digues, il conviendra de construire des collecteurs à des niveaux supérieurs, afin de recueillir sur chaque rive les eaux des collines : ces collecteurs auxiliaires auront aussi leur débouché en dehors de l'enceinte, aux Portes Ostienne et Portuense, mais à une cote assez élevée pour permettre l'irrigation des terres environnantes. »

A l'appui du projet d'établissement de collecteurs proposés à différents niveaux, il y avait lieu d'observer que déjà, pour 365 hectares bâtis en 1870, les égouts étant calculés en vue de l'écoulement des eaux pluviales dans un temps double de celui qu'elles mettent à tomber, la portée totale atteignait 4 mètres cubes à la seconde, et, en y comprenant les eaux pérennes d'infiltration, 5 mètres cubes. Mais dans la prévision que la surface alors libre de toutes constructions, soit 746 hectares, devait se couvrir à bref délai de nouveaux quartiers, percés de voies et de chaussées pavées ou dallées, il convenait de compter sur une portée totale au moins triple. En outre, les eaux nouvelles descendant du plateau supérieur par des pentes rapides, animées par conséquent d'une grande vitesse, ne trouvant pas un débouché suffisant, eussent reflué dans les bas quartiers pour les inonder.

Aussi, ne fut-ce que pour éviter la submersion du sol et du sous-sol, en vue d'un débit de 15 mètres cubes à la seconde, la canalisation de la basse ville sur la rive gauche aurait dû être complètement remaniée et refaite. Les mêmes observations s'appliquent à la rive droite, malgré sa plus faible étendue.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'établissement de collecteurs à plusieurs niveaux pouvait seul obvier à une réfection aussi coûteuse de la canalisation existante, tout en assurant un plein et libre écoulement à un triple volume d'eau.

La Commission de 1871 ayant approuvé, d'après le projet Canevari, le principe de deux grands collecteurs parallèles aux rives du Tibre, et se raccordant par un siphon à travers le fleuve, pour n'avoir qu'un seul émissaire sur la rive gauche, à Mezzo Cammino (1), l'ingénieur en chef du service hydraulique de la ville, Vescovali, élabora le plan des travaux de la canalisation générale.

D'autre part, le Conseil supérieur des Travaux publics, écartant un projet de l'ingénieur Anderloni qui avait pour objet de construire les collecteurs inférieurs dans le muraillement même des digues, donnait son approbation à la construction, d'accord avec la municipalité, de deux collecteurs indépendants des digues.

Commission Municipale. — En conséquence, la Ville désigna le 18 janvier 1877 une nouvelle Commission chargée d'examiner les modifications au plan Vescovali, proposées par le directeur des travaux du Tibre pour compte de l'État, l'ingénieur en chef Natalini, qui fit partie de la Commission (2).

Les débats de cette Commission, consignés dans un rapport au syndic de Rome (3), se sont inspirées du principe de la division par zones de la surface de la ville. Chacune des zones, à son niveau propre, est drainée par un collecteur qui coupe presque normalement les lignes de plus grande pente, en suivant une direction pour ainsi dire perpendiculaire à celle des eaux d'écoulement et d'infiltration. Le collecteur ainsi établi remplit un double objet en écoulant, d'une part, les eaux impures et pluviales et, d'autre part, les eaux souterraines qui, en gagnant les parties basses, y entretenaient l'humidité et l'insalubrité.

Les conclusions embrassent le système complet d'assainissement aujour-

(1) Le projet d'un siphon fut écarté plus tard, à cause des obstacles qu'il eût apportés au régime du fleuve, et aussi, dans le cas où il se serait encaissé dans le lit, en raison des frais considérables et superflus qu'il eût occasionnés.

De même, le projet d'installation d'une machine hydraulique sur la rive droite, et de machines à vapeur sur la rive gauche, dans le but d'élever pendant la très courte période des crues, des volumes de 7 et de 20 mètres cubes d'eaux d'égout à la seconde, fut repoussé.

Dès lors, il fut décidé de donner à chaque collecteur son propre émissaire, au moyen d'un canal débouchant à un niveau supérieur à celui de l'étiage le plus bas du fleuve.

(2) Cette commission était composée des membres suivants : R. Pareto, président, inspecteur du génie civil; Favero, ingénieur; Natalini, inspecteur du génie civil; docteur Balestra; Viviani, ingénieur, directeur du service technique municipal; Vescovali, ingénieur, directeur du service hydraulique municipal; Leonardi, ingénieur, directeur du service des constructions municipales, et Gerardi, ingénieur municipal, secrétaire.

(3) *Comune di Roma. Relazione della Commissione per lo studio dei collettori delle Fogne. Roma*, 1878.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'hui réalisé dans la plupart de ses parties essentielles; elles se résument comme il suit :

1. Aucune eau d'égout ne pourra être écoulée dans le Tibre, sauf en aval de la ville.

2. Seules les eaux d'orage, si les conditions altimétriques s'y prêtent, pourront être évacuées dans le fleuve, à l'intérieur de la ville.

3. Les collecteurs seront établis de telle sorte que ni les eaux d'égout, ni toutes eaux d'écoulement, puissent refluer dans la ville, même en temps de crue du fleuve.

4. Seules, les eaux inoffensives d'écoulement, si les conditions altimétriques le permettent, seront admises à couler, à l'intérieur de la ville, dans le Tibre.

5. A titre provisoire, l'écoulement des eaux du *Castro Pretorio* dans l'Anio est toléré, jusqu'à une dérivation définitive.

6. Le réseau des collecteurs devra embrasser toute l'aire comprise dans l'enceinte de la ville.

7. La *Marrana Mariana* ne devra pas seulement servir à l'écoulement dans le Tibre des eaux pluviales de son bassin, mais encore au rejet des eaux d'orage reçues dans les hauts quartiers, de façon à ce qu'elles ne puissent être refoulées, dans aucun cas, par les crues du fleuve.

8. La grande cloaque (*Cloaca Maxima*) sera interceptée à la hauteur de San Giorgio en Vélabre, pour permettre la visite du tronçon terminal qui ne servira plus.

9. La rive droite sera pourvue d'un grand collecteur (*basso*) longeant la rive du Tibre, et prolongé en amont, jusqu'au château Saint-Ange, pour recevoir les eaux pluviales et d'égout. Il aura une portée, dans le tronçon d'aval faisant suite jusqu'à Porta Portuense, de 12 mètres cubes à la seconde. Un autre collecteur (*alto*), tracé au pied des collines, recueillera les eaux souterraines, et les conduira directement au Tibre par un émissaire indépendant de celui du collecteur inférieur.

10. Sur la rive gauche, un grand collecteur inférieur (*basso*) allant de la Porte du Peuple à la Bocca della Verità, recevra les eaux des parties basses suivantes :

a. Celles qui longent le fleuve et s'étendent jusqu'au pied des collines;

b. Celles des vallées du Forum Romain et de l'amphithéâtre Flavien ;

c. Celles qui sont comprises entre l'Aventin, la Porte d'Ostie et le Tibre.

Ce collecteur devra avoir, à la Bocca della Verità, une portée de 22 mètres cubes à la seconde, et un vide suffisant entre la voûte et le niveau des plus hautes eaux du fleuve.

11. Sur la même rive, deux autres collecteurs, situés à des niveaux supérieurs (*alti*), rejoindront directement la *Marrana Mariana*, pour y écouler les grosses eaux d'orage et les eaux ordinaires, en cas de crue du Tibre. Ils communiqueront, en outre, à la Bocca della Verità, avec le grand collecteur inférieur pour l'écoulement des eaux ordinaires pendant l'étiage du fleuve.

12. Les eaux de la vallée entre le Célius et l'Aventin et du sommet de l'Aventin seront recueillies, partie par la *Mariana*, et partie par le grand collecteur inférieur.

13. L'égout principal qui passe entre le Célius et le Palatin, puis entre le Palatin et l'Aventin, à droite de la *Mariana*, servira à l'écoulement des eaux du Colisée.

14. La grande cloaque (*Cloaca Maxima*) sera utilisée pour drainer les eaux du Forum romain en tant que son niveau, dans la section conservée, permettra l'écoulement dans le grand collecteur inférieur par un nouvel égout.

15. Un égout principal, le long des rues Manzoni et Labicana, débouchant vers l'amphithéâtre Flavien, recueillera les eaux du *Castro Pretorio* et de la partie de l'Esquilin comprise entre l'*Ager* de Servius Tullius et l'enceinte, de même que les eaux de la vallée entre l'Esquilin et le Célius.

Un autre égout principal partant de la Madonna dei Monti, au confluent des rues Serpenti et Leonino, recevra les eaux des vallées entre le Quirinal et le Viminal, entre le Viminal et l'Esquilin, et passant en galerie pour contourner l'amphithéâtre Flavien, du côté Est, rejoindra l'égout précédent.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

De ce point, l'égout unique dirigé au pied du Célius, se jettera directement dans la *Mariana*.

16. L'égout principal de la Suburra qui relie la place de la Madonna dei Monti à la grande cloaque, traversera le Forum et le suivra jusqu'à ce que le niveau permette l'écoulement direct dans le grand collecteur inférieur.

17. Un grand collecteur moyen (*medio*) sera construit pour diminuer la portée du grand collecteur inférieur pendant les périodes de hautes eaux du fleuve, et recueillir les eaux souterraines des versants, outre celles de la vallée entre le Pincio et le Quirinal et du versant ouest du Quirinal. Ce collecteur moyen débouchera dans le collecteur inférieur près de la Bocca della Verità, en temps d'étiage, et directement dans le Tibre, au même endroit, en temps de crue.

18. Sont exceptées les eaux du Pincio, entre Sainte Trinité des Monts et la Porte Flaminia, qui seront rejetées directement dans l'égout du Babuino rejoignant le collecteur inférieur.

19. L'émissaire du grand collecteur de la rive droite se poursuivra en galerie sous la colline S. Passera, et à ciel ouvert jusqu'à la station de la Magliana, où il évacuera les eaux dans le Tibre.

20. L'émissaire du grand collecteur de la rive gauche se poursuivra sans voûte jusqu'au delà de la Basilique de Saint Paul, puis par une galerie à travers la colline près de la Basilique, et finalement à ciel ouvert, jusqu'à Mezzo Cammino où il évacuera les eaux dans le Tibre. Le seuil de cet émissaire sera placé au-dessus du plus bas étiage du fleuve.

21. La pente générale des grands collecteurs et de leurs émissaires est fixée comme maximum à 50 centimètres par kilomètre.

22. Les grands collecteurs seront construits sous les rues et voies longeant le Tibre, sauf dans les quartiers où les rues latérales et parallèles assurent déjà un fonctionnement complet de la circulation (1).

La distance à laquelle ils seront tenus du muraillement des digues, du côté de la ville, sera d'au moins 3 mètres.

23. Le profil des grands collecteurs devra être ovoïde et sans banquettes.

La Commission a joint à son rapport une carte de Rome dressée par Fornari, et rectifiée d'après les changements survenus jusqu'en 1877, qui porte le tracé des grands collecteurs tant sur la rive gauche que sur la rive droite. La figure 25 représente à une très petite échelle la réduction de ce plan.

En adoptant les données municipales, le gouvernement, après avis du Conseil supérieur des travaux publics (13 mai 1879), a ajouté une résolution aux termes de laquelle les grands collecteurs des deux rives, ainsi que leurs émissaires respectifs, rentrent dans le cadre des travaux de régularisation définitive du Tibre, et ressortissent par conséquent au syndicat chargé de ces travaux, sous la direction de l'État.

La description sommaire des ouvrages de canalisation que l'exécution d'un aussi vaste programme a exigés, excéderait les limites d'une notice même très étendue. Il suffira d'analyser avec quelques détails le rapport présenté préalable-

(1) Par une décision ultérieure, le grand collecteur de la rive droite a été entièrement construit dans la voie *Lungo Tevere*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ment par l'ingénieur en chef, Zucchelli (1), pour l'établissement de l'ouvrage

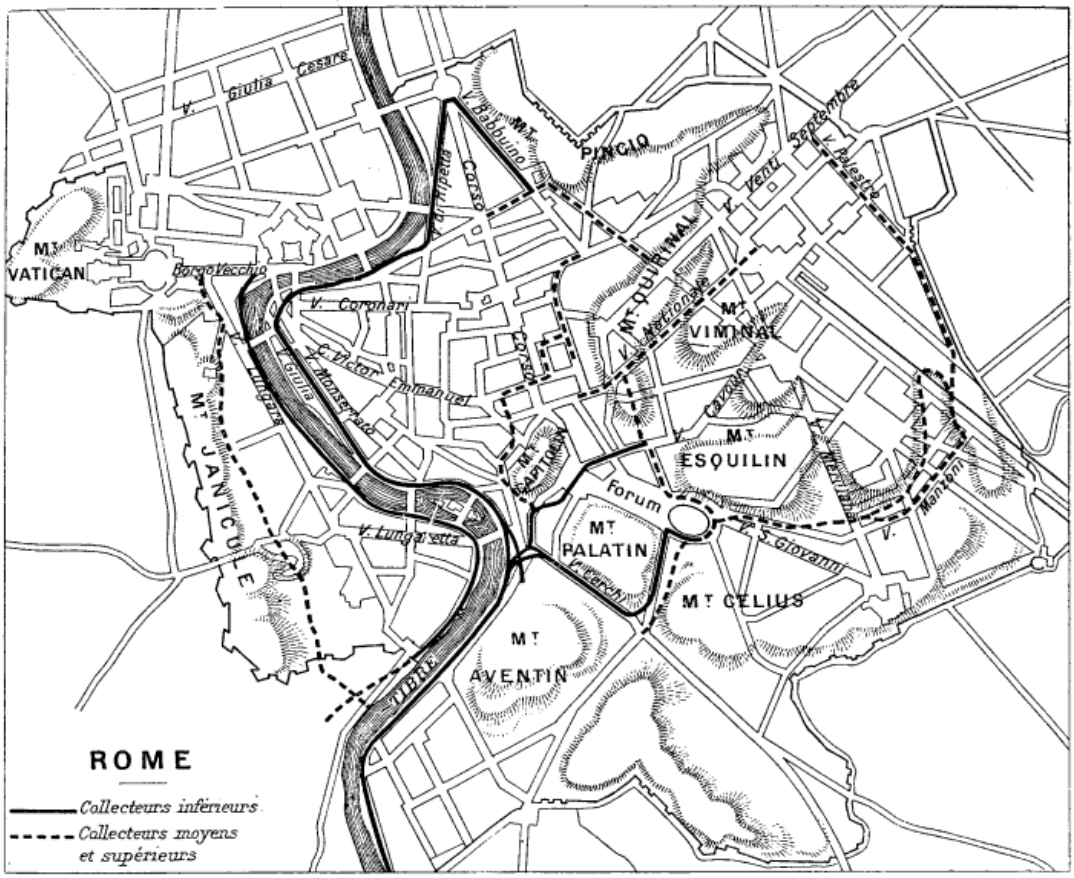


Fig. 25. — Carte à échelle réduite de la ville de Rome, indiquant le tracé des grands collecteurs (1877).

de beaucoup le plus important, c'est-à-dire le grand collecteur inférieur de la rive gauche.

4. — Grand collecteur inférieur de la rive gauche.

Ce collecteur prévu conformément aux prescriptions de la Commission municipale de 1877, approuvées par le Conseil des travaux publics, comprend 18 sections, correspondant à 18 bassins dont les eaux recueillies par des égouts distincts lui sont amenées dans des branchements spéciaux.

Les deux premiers de ces bassins (numéros 1 et 2) du côté de l'amont, sont hors de la ville et voûtés ; les six bassins suivants (numéros 3 à 8), compris dans

(1) Zucchelli, *Il collettore basso delle fogne di Roma, Relazione sul progetto di massima*. Roma, 1890.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la ville, sont également voûtés. Des dix bassins extérieurs, à l'aval, quatre sont voûtés (numéros 9 à 12), et six à ciel ouvert (numéros 13 à 18).

Tracé général. — Le tracé général part en amont du coude que forme le ruisseau (*marrana*) de la Rondinella, traverse les jardins et les vignes resserrées entre le fleuve et la voie Flaminia, côtoie le gazomètre et s'engage sous les Abattoirs pour arriver dans l'enceinte à l'établissement domanial, dit Ferro di Cavallo.

Depuis ce point jusqu'au pont Sisto, deux directions se présentaient, la première suivant la voie le long du Tibre (*Lungo Tevere*) qui eût obligé de fonder le collecteur dans des déblais, c'est-à-dire à grands frais, en raison du voisinage immédiat du muraillement de la digue; la seconde suivant les rues Ripetta, la place Nicosia, Monte Brianzo, place Saint-Ange, les rues Paola et Giulia jusqu'au pont. Ce dernier tracé a été choisi.

Depuis le pont Sisto jusqu'à la Bocca della Verità, la voie *Lungo Tevere* offre un terrain solide; d'ailleurs, les rues tortueuses et étroites, latérales au fleuve, n'eussent pas permis d'établir le collecteur.

Entre la Bocca della Verità et la Marmorata, tant pour éviter les tranchées trop profondes au pied de l'Aventin que pour se garer de la digue non épaulée du Tibre, dans cette partie, le tracé s'éloigne de la rive, s'engage en galerie sous l'Aventin et se poursuit, sur la gauche du mont Testaccio, en dehors de l'enceinte.

Passé le ruisseau de l'Almone, jusqu'à la Basilique de Saint-Paul, le Tibre est trop rapproché de la voie Ostienne pour qu'il y ait la place nécessaire à un collecteur. Dès lors, le tracé suit la gauche de la voie, pénètre en galerie sous la petite éminence proche de la Basilique, et gagne par la plus courte distance, à Ponte Fratta, la colline Venerata qu'il traverse encore en galerie.

Depuis la sortie de cette galerie, à 100 mètres du ruisseau des Trois-Fontaines, le collecteur se transforme en canal à ciel ouvert, suivant la rive gauche de la voie Ostienne, jusqu'au Grottone; il traverse le ruisseau du Torraccio pour prendre la rive droite de la voie et déboucher à Mezzo Cammino, parallèlement au courant du fleuve.

Pour une longueur totale de 17 300 mètres, le collecteur est voûté sur 11 240 mètres, et à ciel ouvert sur 6 060 mètres.

Profil-limite. — La détermination du profil-limite des hautes eaux dans le collecteur résulte des observations faites sur les crues du Tibre et du niveau des eaux du grand égout Babuino qui se branche en tête de l'ouvrage.

A Mezzo Cammino, la crue exceptionnelle de 1870 atteignait $7^{m},77$ au-dessus du zéro de Ripetta; c'est donc la cote invariable de l'émissaire.

L'égout de Babuino dont le collecteur doit recueillir en amont les eaux pendant les crues, a son radier à la cote de $8^{m},90$ au-dessus du zéro de Ripetta; de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

telle sorte qu'en tenant compte d'une différence de $0^m,55$, la limite des hautes eaux à l'amont, en un point situé à 2200 mètres de l'origine du collecteur, est également fixé à la cote de $10^m,15$.

La pente absolue du profil limite depuis le deuxième kilomètre, au voisinage de l'enceinte (cote $10^m,20$), jusqu'à Mezzo Cammino (cote $7^m,77$), sur une distance de 15 300 mètres, serait ainsi de $0^m,158$ par kilomètre, en ligne droite. Cependant en raison de l'économie qu'offre une moindre section dans la partie voûtée, par rapport à la partie à ciel ouvert, et de l'augmentation de vitesse de l'amont à l'aval selon la portée, la ligne limite des hautes eaux a été scindée par sections à pentes variables, décroissant de l'amont à l'aval suivant un arc parabolique dont le calcul a fourni les éléments de tracé.

Dans la détermination de la ligne-limite de hauteur d'eau sur le fond, la cote de l'étiage le plus bas étant de 1 mètre au-dessus du zéro de Ripetta, on a dû renoncer à la pente de $0^m,50$ par kilomètre fixée par la Commission. Elle eût donné à l'amont, près des Abattoirs, une cote pour le radier de $8^m,65$, tandis que la limite des hautes eaux en ce même point est de $10^m,20$; ce qui aurait obligé de recourir à une section elliptique, correspondant à une tranche d'eau de $6^{m2},73$. De plus, elle n'eût pas permis le raccordement avec la plupart des égouts principaux sur le parcours. Enfin, il fallait prévoir la construction d'écluses de communication avec le Tibre, sur plusieurs points dont la cote était invariablement fixée par l'étiage du fleuve.

Dès lors, la pente du radier, fixée à $0^m,40$ par kilomètre, a été régulièrement répartie depuis Mezzo Cammino jusqu'à l'Arc de Parme. De ce point vers l'amont, afin de réduire la hauteur limite des pleines eaux et les dépenses de construction, trois chutes successives ont été ménagées : de $0^m,50$ à l'Arc de Parme ; de $0^m,50$ à la rue de la Frezza, et de $0^m,70$ au gazomètre. Ces chutes offrent d'ailleurs l'avantage, relativement à une pente plus forte que l'on eût pu donner au radier, de ménager le régime des eaux pendant l'étiage.

Le tableau I ci-après résume les données qui ont servi à l'établissement des profils des diverses sections.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU I. — **Grand Collecteur de la Rive gauche. — Éléments du Profil de chacune des sections.**

NUMÉROS des SECTIONS	LONGUEURS des SECTIONS	ORDONNÉES DU FOND			ORDONNÉES DU PROFIL LIMITE DES HAUTES EAUX			HAUTEUR MOYENNE des eaux.	PENTE ABSOLUE des eaux de surface	PENTE kilométrique des eaux de surface.
		Origine	Extrémité	Moyenne	Origine	Extrémité	Moyenne			
a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*	*i*	*l*	*m*
								$(h-e)$	$(f-g)$	$\frac{100 \times l}{b}$
1	1,000	8,72	8,32	8,520	10,735	10,461	10,598	2,078	0,274	0,274
2	1,256	7,52	7,02	7,270	10,461	10,137	10,299	3,029	0,324	0,258
3	867	6,52	6,17	6,345	10,137	9,923	10,030	3,685	0,214	0,247
4	1,034	5,67	5,26	5,465	9,923	9,680	9,801	4,336	0,243	0,235
5	864	5,26	4,91	5,085	9,680	9,492	9,586	4,501	0,188	0,216
6	274	4,91	4,80	4,855	9,492	9,434	9,463	4,608	0,058	0,211
7	1,127	4,80	4,35	4,575	9,434	9,197	9,315	4,740	0,237	0,208
8	867	4,35	4,00	4,175	9,197	9,028	9,112	4,937	0,169	0,195
9	706	4,00	3,72	3,860	9,028	8,897	8,962	5,102	0,131	0,185
10	1,000	3,72	3,32	3,520	8,897	8,724	8,810	5,290	0,173	0,173
11	1,000	3,32	2,92	3,120	8,724	8,563	8,643	5,523	0,161	0,161
12	1,240	2,92	2,42	2,670	8,563	8,380	8,471	5,801	0,183	0,148
13	760	2,42	2,12	2,270	8,380	8,273	8,326	6,056	0,107	0,141
14	1,000	2,12	1,72	1,920	8,273	8,156	8,214	6,294	0,117	0,117
15	1,000	1,72	1,32	1,520	8,156	8,046	8,101	6,581	0,110	0,110
16	1,000	1,32	0,92	1,120	8,046	7,948	7,997	6,877	0,098	0,098
17	1,000	0,92	0,52	0,720	7,948	7,862	7,905	7,185	0,086	0,086
18	1,300	0,52	0,00	0,260	7,862	7,770	7,816	7,556	0,092	0,071

D'après ce tableau, en tenant compte pour le calcul, de la hauteur des eaux d'orage (0^{m},45 par heure) à écouler en deux heures, la portée maxima par seconde et par mètre carré de bassin drainé serait, dans l'intérieur de la ville, de 62^{l},5, et hors de la ville, de 27^{l},7.

Dans le tableau II qui suit, sont rapportés les éléments du profil des douze sections voûtées du collecteur, et les conditions d'écoulement. Pour les huit premières (n^{os} 1 à 8), la portée augmente progressivement en raison des eaux recueillies sur le parcours. Pour les quatre sections qui suivent (n^{os} 9 à 12), situées en dehors de la ville, mais également voûtées pour répondre au vœu exprimé par la Commission municipale d'éloigner toutes les émanations d'un canal à ciel ouvert, la portée reste constante. La pente limite des eaux varie seule, de façon que les conditions d'écoulement et les variations du profil ont seules servi à déterminer le type de chaque section.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU II. — **Grand Collecteur de la Rive gauche. — Conditions d'écoulement et de Profil en galerie.**

NUMÉROS des sections	PORTÉE	HAUTEUR D'EAU	VIDE	HAUTEUR intérieure	PENTE kilométrique	SURFACE d'écoulement	CONTOUR mouillé	RAYON de la calotte	RAYON de la voûte renversée	RAYON du vide
1	4,75	2,08	0,900	2,980	0,274	4,322	5,428	1,300	0,800	1,82
2	7,33	3,03	0,925	3,955	0,258	6,376	7,145	1,325	8,800	4,19
3	10,55	3,685	1,100	4,785	0,247	8,640	8,496	1,500	0,800	5,46
4	12,42	4,336	1,100	5,436	0,235	10,224	9,750	1,500	0,800	8,00
5	13,12	4,501	1,160	5,661	0,216	11,076	10,186	1,500	0,800	8,26
6	20,48	4,608	1,275	5,883	0,211	14,967	10,867	2,075	1,000	5,11
7	24,42	4,740	1,475	6,215	0,208	17,082	11,246	2,275	1,200	5,21
8	30,77	4,937	1,400	6,337	0,195	20,705	12,375	2,600	1,400	4,31
9	30,77	5,102	1,36	6,462	0,185	21,031	12,613	2,56	1,40	4,70
10	30,77	5,290	1,37	6,660	0,173	21,808	12,934	2,57	1,40	5,08
11 (1)	30,77	5,523	1,34	6,863	0,161	22,277	13,078	2,54	1,40	5,70
12 (1)	30,77	5,801	1,28	7,081	0,148	22,277	13,784	2,48	1,40	6,69

(1) D'après une décision récente, les deux sections nos 11 et 12, de même qu'à partir du deuxième kilomètre hors la ville, sur la rive droite, les sections des collecteurs ne sont plus voûtées, mais construites en canal à ciel ouvert, autant par motif d'économie que pour permettre aux agriculteurs d'utiliser les eaux en irrigations sur les terres riveraines.

Profil du canal. — Le canal servant d'émissaire au collecteur voûté offre une section trapézoïdale uniforme, dont les parois latérales perpendiculaires sont écartées, à la partie supérieure, de $7^{m},50$, et à la base, de $4^{m},09$. Le segment circulaire inférieur formant le fond du canal se maintient au niveau constant de $3^{m},18$ au-dessus du radier. En adoptant ce type de profil, on a cherché à donner aux eaux un mouvement plus rapide sur les bords afin de prévenir les dépôts sur les parois inclinées, de mettre la cunette d'écoulement (*cuna*) à l'abri de toute détérioration, en la garantissant par des murs en maçonnerie; enfin, d'empêcher autant que possible l'accès des piétons et des animaux en liberté.

La portée des six sections de ce canal (nos 13 à 18) résulte des données numériques consignées dans le tableau III. Elle est en moyenne de $31^{m3},520$, et excède de $0^{m3},750$, celle du collecteur voûté, calculée d'après le débit des divers bassins, augmenté des eaux souterraines et du trop-plein des fontaines.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU III. — **Grand Collecteur de la Rive gauche. — Éléments du profil et conditions d'écoulement de l'émissaire en canal à ciel ouvert.**

NUMÉROS des sections.	PENTE kilométrique	RAYON de la voûte renversée.	HAUTEUR de la cuvette.	HAUTEUR du lit rectangulaire.	HAUTEUR des eaux.	SURFACE d'écoulement	CONTOUR mouillé	PORTÉE
13	0,141	2,618	3,18	2,876	6,056	37,46	16,04	31,19
14	0,117	2,618	3,18	3,114	6,294	39,27	16,72	30,38
15	0,110	2,618	3,18	3,401	6,581	41,15	17,09	31,59
16	0,098	2,618	3,18	3,697	6,877	43,70	17,68	32,00
17	0,086	2,618	3,18	4,005	7,185	46,04	18,30	32,17
18	0,071	2,618	3,18	4,376	7,556	48,86	19,04	31,79

Construction. — Comme économie de matériaux, il eût été indiqué de construire les sections voûtées en pierres de tuf, avec mortier de chaux et pouzzolane; mais comme résistance de l'ouvrage, il eût été préférable de recourir à la brique maçonnée, d'un travail plus exact et plus régulier.

Toutefois, ce collecteur devant être renforcé en déblai par des montants à parois verticales, et le vide entre l'armature et l'extrados de la voûte renversée pouvant se combler, en vue de la durée et de la solidité, par de la maçonnerie en tuf, au lieu de terre, il a été décidé de recourir au mode suivant de construction.

La voûte est établie en tuf équarri dont les joints sont dirigés suivant les rayons; les côtés, sur les quatre cinquièmes du développement inférieur de l'arc, sont établis en mêmes matériaux; derrière ces côtés, jusqu'aux montants, le remplissage se fait en maçonnerie ordinaire de tuf, avec mortier de chaux et ponzzolane; enfin le cinquième, à la partie supérieure des parois, en raccordement avec la voûte, est maçonné en briques avec joints dans la direction des rayons.

Pour les sections en galerie, comme le travail progresse de haut en bas, le terrain se déblayant en talus, le renforcement de la voûte inférieure est ainsi notablement diminué.

Les dimensions de voûte adoptées pour chaque section figurent dans le tableau IV suivant; elles offrent des variantes d'épaisseur pour les sections dans lesquelles varie la charge du terrain (1).

(1) Il y a lieu de rappeler que d'après une décision ultérieure, les sections 11 *a* et *b*, 12 *a* et *b*, situées à 2 kilomètres hors de la ville, ne sont pas voûtées, mais exécutées comme canal à ciel ouvert, c'est-à-dire, comme amorce de l'émissaire se rendant au Tibre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU IV. — **Grand Collecteur de la Rive gauche. — Dimensions de l'égout dans les douze premières sections.**

N^os^ des sections	LONGUEURS	HAUTEUR intérieure.	DIAMÈTRE de la calotte.	ÉPAISSEUR de la voûte.	NUMÉROS des sections.	LONGUEURS	HAUTEUR intérieure.	DIAMÈTRE de la calotte.	ÉPAISSEUR de la voûte.
1	1000,00	2,980	2,60	0,45	8	867,00	6,337	5,20	0,75
2	1256,00	3,955	2,65	0,60	9	706,00	6,462	5,12	0,60
3	867,00	4,785	3,00	0,60	10 *a*	907,40	6,660	5,14	0,60
4	1034,00	5,436	3,00	0,60	10 *b*	92,60	6,660	5,14	0,75
5	809,00	5,661	3,12	0,60	11 *a*	224,50	6,863	5,08	0,90
6	274,00	5,883	4,15	0,75	11 *b*	775,50	6,863	5,08	0,60
7 *a*	396,45	6,215	4,55	0,75	12 *a*	532,00	7,081	4,96	0,60
7 *b*	730,55	6,215	4,55	0,90	12 *b*	708,00	7,081	4,96	0,90

Fouilles. — Les trois systèmes appliqués pour les fouilles sont connus à Rome sous les noms de *sbadacchiature*, *paratie* et *gallerie*.

Le premier système des étrésillons est approprié aux largeurs réduites qui obligent à avoir une entrée de fosse minima; c'est celui qu'ont exigé les six premières sections et la septième section en *a*, soit sur 5 696^{m},45.

Le système des *paratie*, pour les parties où le travail d'excavation, sur de plus grandes largeurs, peut être pratiqué en talus, de façon à n'avoir que 5 mètres environ de tranchée verticale, a été appliqué aux sections n^os^ 8 à 10, soit sur 2 573 mètres.

Enfin, le système dit en galerie, d'après lequel l'avancement du travail s'opère horizontalement, a été imposé pour les demi-sections 7 *b*, sous l'Aventin; 11 *a*, sous la hauteur de la basilique de Saint-Paul, et 12 *b*, sous la colline Venerati, soit sur une longueur de 1 663 mètres.

La figure 26 montre l'avancement du travail en galerie, suivant la coupe longitudinale, et la figure 27, les coupes transversales du collecteur jusqu'à l'achèvement.

Sol. — Comme nature de sol, les sondages opérés jusqu'à 3 mètres au-dessous du zéro de Ripetta, ont permis de dresser d'avance le profil géognostique et de s'assurer que dans tout son parcours, le collecteur était assis sur un sol de transport très profond, reposant sur le sable et les marnes sableuses, à l'intérieur de la ville, comme en amont; tandis qu'en aval, jusqu'à Mezzo Cammino, le terrain est formé de sable, de marnes grises et jaunes qui prédominent et d'argile.

Pour les parties en galerie, le sol reconnu sous l'Aventin est du tuf volcanique

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ou du conglomérat calcaire, surmontant des sables et cailloux siliceux; celui de la basilique de Saint-Paul consiste en sables et en marnes jaunes confinant au tuf; enfin, sous la colline Venerati, à Ponte Fratta, on rencontre à l'amont, des marnes grises avec graviers, des sables et marnes en lits irréguliers, et à l'aval, du tuf et des cendres volcaniques avec cailloux.

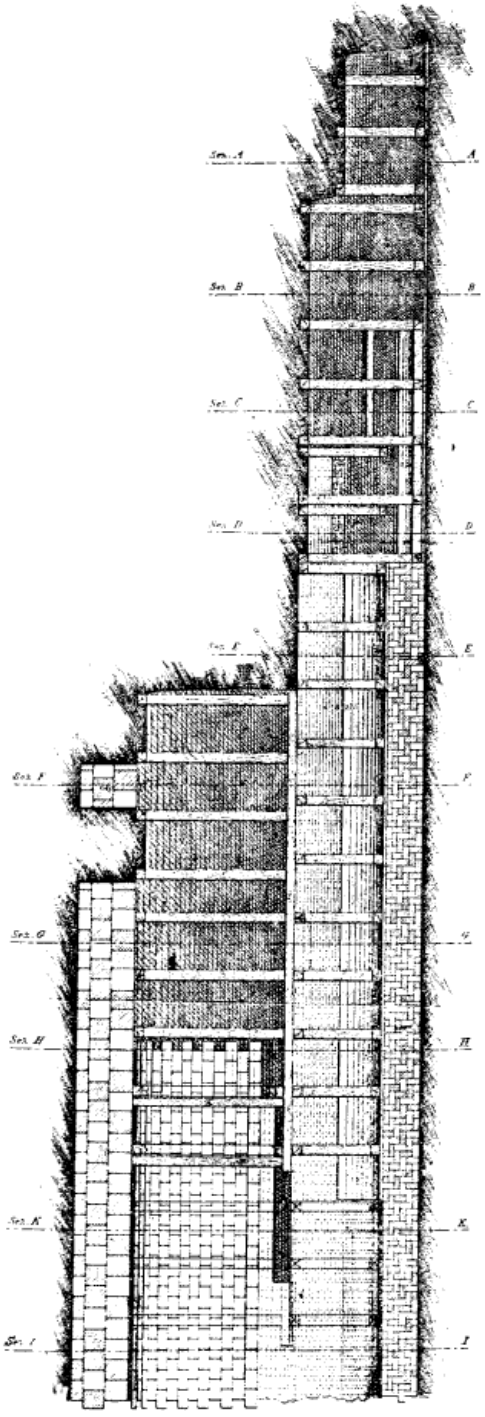


Fig. 26. — Grand collecteur inférieur de la rive gauche. Coupe longitudinale indiquant l'avancement des travaux en galerie.

Revêtement. — Comme enduit du collecteur, il a été fait choix jusqu'à la hauteur limite des eaux, de ciment hydraulique Portland, et au-dessus, de mortier de chaux avec pouzzolane. L'extrados est couvert en revêtement d'un béton de chaux avec tuiles pulvérisées et pouzzolane.

Canal à ciel ouvert. — Le collecteur transformé en canal est compris entre deux murs verticaux de 6m,70. Les fondations sont établies de façon que l'assiette repose dans le talus naturel que prendrait le terrain abandonné à lui-même; c'est-à-dire que le talus de 1m,45 sur 1 mètre de hauteur touche tangentiellement la voûte du fond. Les murs reposent sur le sol ferme à 2m,08 au-dessous du niveau du radier de la cunette. Leur crête étant de 0m,50 inférieure au niveau des grosses crues, leur hauteur est la suivante :

	Hauteur.
Section n° 13.	3m,48
— n° 14	3m,72
— n° 15	4m,00
— n° 16	4m,30
— n° 17	4m,61
— n° 18	4m,88

Les murs sont construits en tuf avec mortier de chaux et pouzzolane et parés en blocs de tuf équarris. Pour une épaisseur de 0m,60, ils sont renforcés à chaque mètre en profondeur sur 0m,30.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le canal repose sur un mur construit avec les mèmes matériaux, de 3m,40 de largeur, dans lequel se profile la cunette.

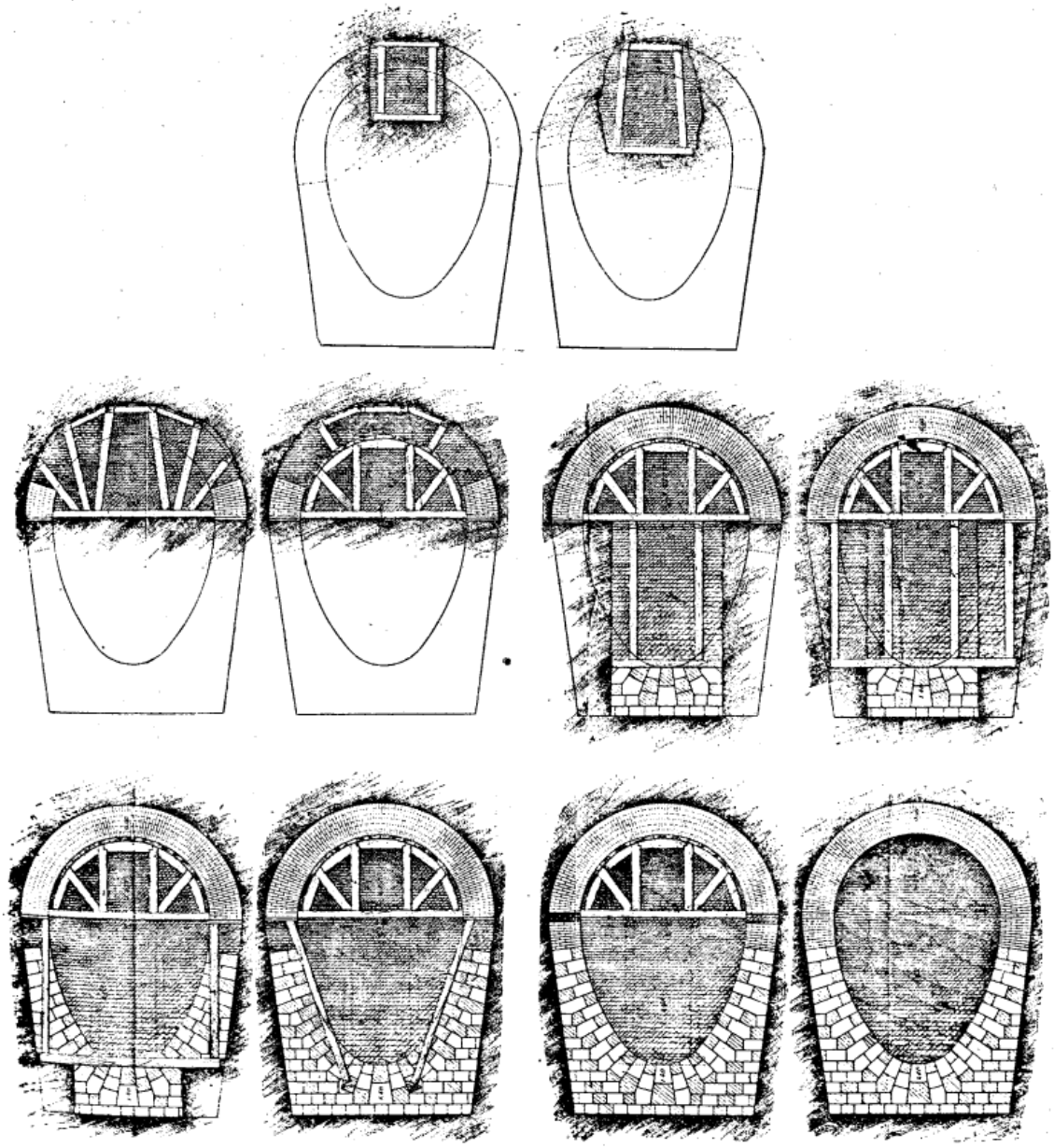


Fig. 27. — Grand collecteur inférieur de la rive gauche. Coupes transversales correspondant aux sections A, B, C, D, E, F, G, H, K et I de la figure 26.

Depuis la tête du canal jusqu'au ruisseau de Torraccio, et depuis ce point, sur le côté droit seulement, jusqu'à l'émissaire, sont ménagées des banquettes de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

8 mètres de largeur au couronnement, avec un fruit tel qu'un plat-bord de 4 mètres règne le long des rives, entre le pied de la digue et la crête du mur.

Émissaire. — Au débouché dans le Tibre, un ancien épi placé sur la rive droite du collecteur, permet au courant de prendre la direction même du fil des eaux du fleuve. Cet épi doit être régularisé comme éperon de défense, en même temps qu'un mur transversal, à 5 mètres au-dessous de l'étiage, au point de rencontre des eaux du canal collecteur et du Tibre, constituera le seuil fixe du confluent.

Regards. — Le collecteur comporte, dans son ensemble, soixante-cinq regards, espacés en moyenne de 170 mètres. Dans la partie couverte, ils sont formés d'un puits vertical de 1m,20 de diamètre, muni d'une échelle en fer et d'une porte. Dans la section du canal, des escaliers en travertin sont pratiqués dans le corps même des murs verticaux et dans le talus, jusqu'à la cunette.

Ouvrages d'art.

Écluses de communication avec le Tibre. — Des écluses, au nombre de cinq, permettent de profiter de l'étiage du fleuve pour isoler une quelconque des sections du collecteur et y dériver soit les eaux du fleuve, soit les liquides venant de l'amont.

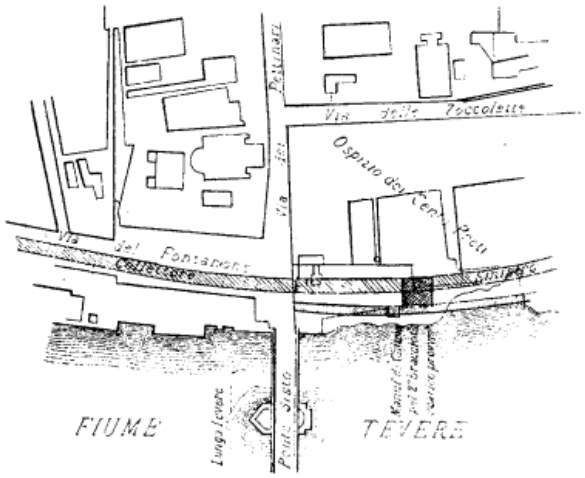


Fig. 28. — Grand collecteur inférieur de la rive gauche. Épanchoir du Pont Sisto; plan des localités.

Une vanne, située à l'extrémité du canal déversoir, sert en outre de barrage pour empêcher le reflux des eaux du fleuve dans la section que l'on veut mettre à sec.

Épanchoirs. — Trois épanchoirs ont été pratiqués : à Ferro di Cavallo, au Ponte Sisto, et à l'émissaire de Mezzo Cammino.

A Ferro di Cavallo, l'ouvrage consiste en un conduit maçonné de 49m,90 de longueur, avec pieds-droits de 1m,10 de hauteur, à 2 m. d'écartement, recouverts d'une voûte de 1 mètre de rayon. Ce conduit s'amorce sur le collecteur dans le jardin du domaine, traverse les rues Ripetta et Lungo Tevere, le mur de la digue, et sort dans le fleuve. Sur la prise, près de la voie Lungo Tevere, deux vantaux en fer, servant de portes, glissent dans des feuillures, tandis qu'à la sortie, les feuillures ne pouvant pas avoir la hauteur fixée par la limite des hautes eaux, il a fallu recourir, au lieu d'une chambre souterraine de manœuvre,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à un édifice spécial qui n'encombre pas la voie. Le mécanisme qui fait abaisser les vannes en tôle, destinées à fermer le conduit à l'autre extrémité, est à un niveau supérieur, de telle sorte que pour mettre l'épanchoir en fonction, le gardien, en temps d'étiage, ouvre les vantaux à la prise, et abaisse les vannes de sortie.

A Ponte Sisto, le collecteur étant très rapproché du mur de la digue, le conduit traverse la digue même; les vantaux et les vannes sont compris entre le conduit et elle; de façon que la manœuvre au niveau supérieur puisse se faire comme pour l'épanchoir de Ferro di Cavallo.

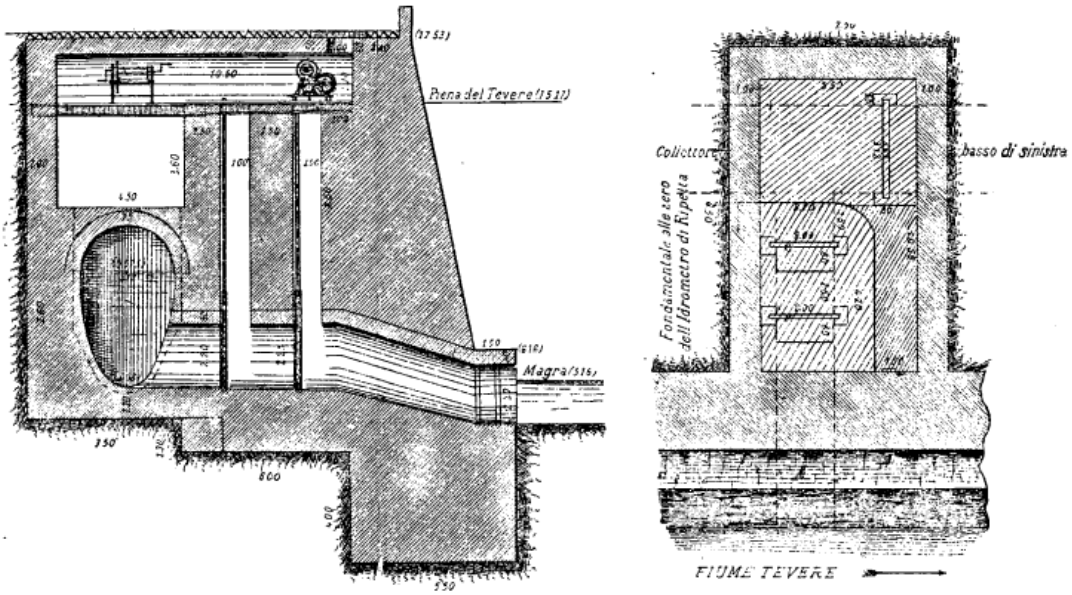


Fig. 29 et 30. — Grand collecteur inférieur de la rive gauche. Épanchoir du Pont Sisto; coupe transversale du collecteur et coupe longitudinale du conduit de décharge avec vannes; conduit de décharge et vannes de clôture.

Les figures 28, 29 et 30 indiquent, en plan et en coupe, l'installation de cet ouvrage, ainsi que le détail du conduit de décharge et des vannes de clôture.

Enfin, l'édifice de Mezzo Cammino a été projeté à une distance de 100 mètres environ du Tibre, de manière à éviter toutes fondations de piliers dans le lit du canal, qui puissent gêner l'écoulement. La manœuvre des vannes se fera en conséquence à l'aide de grues fixes de la portée nécessaire, qui les abaissent ou les relèvent, suivant les besoins.

Les figures 31, 32 et 33 représentent le plan d'ensemble de l'édifice projeté, à cheval sur le collecteur, au-dessus du niveau de la route; une coupe transversale suivant l'axe et une coupe longitudinale sur l'axe du collecteur.

Ponts. — Des ponts, au nombre de huit, dont deux de 8 mètres avec para-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pets et voûtes en pierre de taille, ont été construits ou projetés, de l'aval à l'amont, pour rétablir les voies de communication qu'intercepte le collecteur; indépendamment d'un grand pont qui suivra la rive gauche du canal au-dessus de la dérivation du ruisseau Torraccio.

Passages des cours d'eau. — Les ouvrages qu'exige le passage des cours d'eau, au nombre de six, comptent parmi les plus importants et se réfèrent à la Marrana Mariana, à l'Almone, à la Marrana de Grotta Perfetta et aux ruisseaux des Tre Fontane, Tor di Valle et Torraccio.

1. La *Marrana Mariana* doit servir, d'après les décisions de la Commission

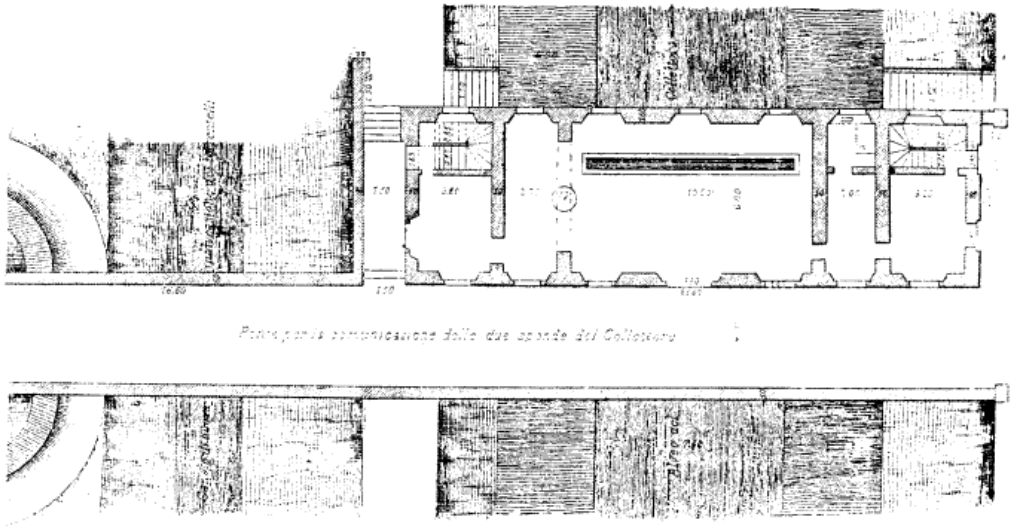


Fig. 31. — Grand collecteur inférieur de la rive gauche. Épanchoir au confluent dans le Tibre, à Mezzo Cammino : plan d'ensemble de l'édifice.

Municipale, non seulement à évacuer les eaux surabondantes du bassin tributaire, apportées par les grands collecteurs supérieurs, mais encore une partie des eaux d'orage recueillies hors de ce bassin, de sorte que les eaux de crue du Tibre ne puissent pas y refluer. En cas de crue, la Mariana doit déverser dans le fleuve les eaux des collecteurs supérieurs, et seulement pendant la période d'étiage, dans le grand collecteur inférieur, près de la Bocca della Verità.

Pour satisfaire à ces conditions multiples, toutes les eaux de la Mariana et des collecteurs moyen et supérieur, aboutissent à un conduit unique qui passe par-dessus le grand collecteur inférieur en décrivant une courbe telle que la différence de niveau entre les deux radiers soit rachetée par la hauteur même des collecteurs. Dès lors, un bras de communication, à droite des collecteurs, permet de dériver les eaux de la Mariana, soit dans le Tibre, soit dans le collec-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

teur même, par le jeu des vannes de trois barrages établis; le premier, sur la Mariana, en aval du bras de jonction; le second, dans le bras même; et le troisième, dans le collecteur. Il est facile ainsi d'évacuer séparément les eaux de la Mariana, en cas de crue; ou bien les eaux de la Mariana et des collecteurs supérieurs, en cas d'étiage; ou, enfin, la totalité des eaux, y compris celles du grand collecteur inférieur, dans le Tibre directement.

Le conduit de la Mariana, d'une portée de $44^{m3},063$ est recouvert d'une voûte semi-circulaire de $2^m,25$ de rayon, avec pieds-droits de $2^m,25$ de hauteur et un radier curviligne avec flèche de $0^m,50$. Sa longueur est de 80 mètres.

Le croisement de ce conduit et du collecteur inférieur, à la place Bocca della Verità, est logé dans un édifice comprenant les mécanismes nécessaires à la manœuvre des vannes de barrage et le logement du gardien.

Le barrage du bras de jonction s'effectue au moyen de deux vannes en tôle hermétiquement superposées; celui du conduit dirigé sur le Tibre, et du grand collecteur, au moyen de vantaux en tôle qui s'élèvent ou s'abaissent par des treuils.

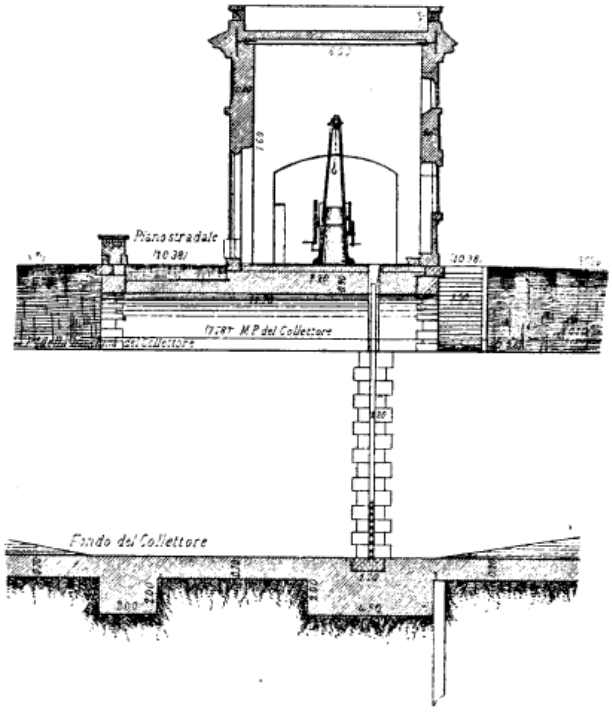


Fig. 32. — Grand collecteur inférieur de la rive gauche. Épanchoir de Mezzo Cammino; coupe longitudinale de l'édifice suivant l'axe du collecteur.

Les détails de cette installation, qui peut être considérée comme la clé de la canalisation et de l'assainissement de la rive gauche de Rome, sont représentés par le plan général (fig. 34), le plan de l'édifice du conduit de passage des hautes eaux et d'émission des eaux d'étiage (fig. 35), et par le profil longitudinal correspondant (fig. 36).

2. L'*Almone* draine un bassin de 3428 hectares et traverse en siphon le grand collecteur. Cette solution était imposée par les niveaux respectifs; mais elle convenait d'autant mieux que le lit de l'Almone exige un approfondissement plutôt qu'un exhaussement, par raison de salubrité.

Le siphon voûté en tôle, dans lequel l'Almone s'engage au croisement,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

permet de réduire au minimum les obstacles causés par les crues. La largeur du siphon est de 3 mètres; les pieds-droits ont 1m,30 de hauteur.

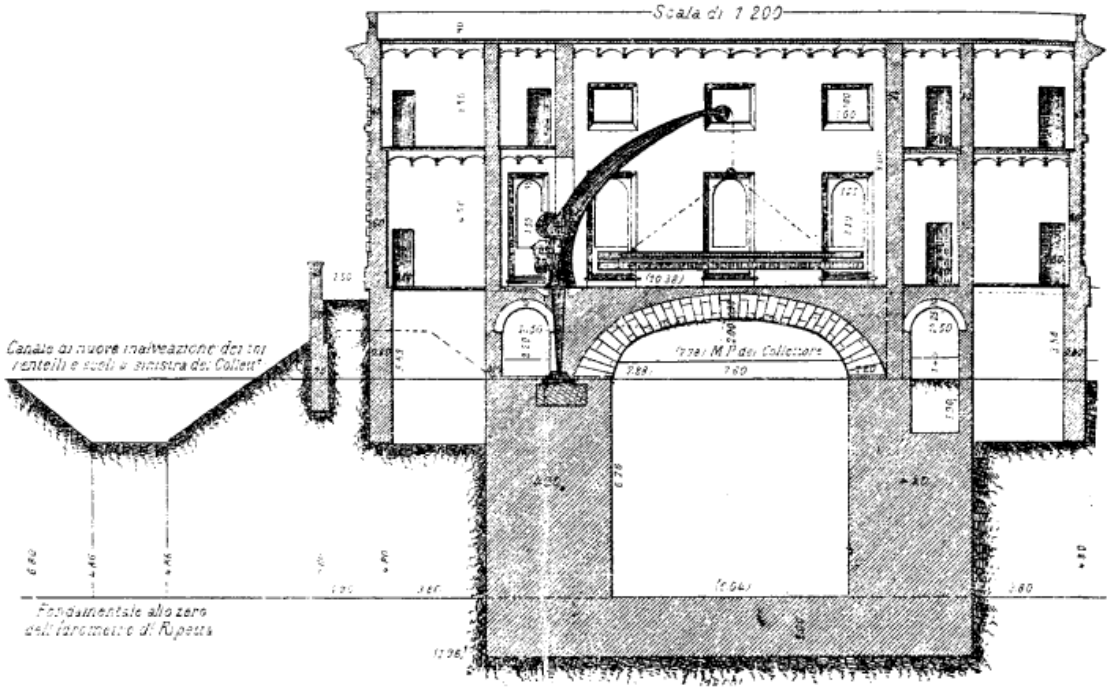


Fig. 33. — Grand collecteur inférieur de la rive gauche. Épanchoir de Mezzo Cammino; coupe suivant l'axe perpendiculaire au collecteur.

Grâce à un conduit en maçonnerie établi en amont du croisement, entre l'Almone et le collecteur, il devient possible de rejeter les eaux dans le Tibre.

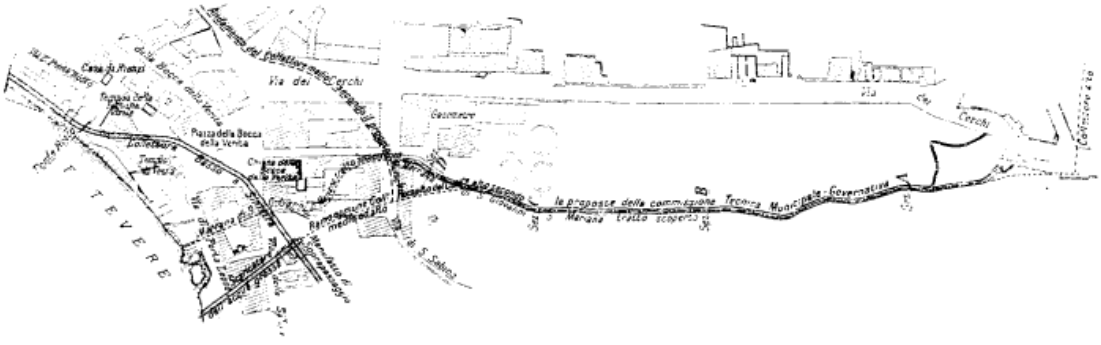


Fig. 34. — Grand collecteur inférieur de la rive gauche. Édifice de passage des collecteurs moyen supérieur et de la Mariana au collecteur inférieur et au Tibre à la place *Bocca della Verità*; plan général des localités.

au cas de mise à sec, ou de purge du siphon, ou bien enfin de curage du cours nférieur de l'Almone. Un jeu de vannes règle le déversoir, et empêche l'accès dans le collecteur des eaux en crue du Tibre, ou du cours d'eau.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le plan de l'installation du passage de l'Almone est représenté fig. 37, et la coupe de l'édifice, fig. 38.

3. Les autres passages projetés en siphon, de la *Marrana di Grotta Ferrata* et des ruisseaux des *Tre Fontane* et *Tor di Valle*, sont de moindre importance que les deux précédents; il n'y a pas lieu de les décrire.

4. Le dernier passage, celui du *Torraccio* et du petit ruisseau torrentiel adjacent, à 2 kilomètres de distance de l'émissaire, a motivé un projet intéressant d'après lequel un canal de dérivation, établi sur la droite du collecteur, rejette les eaux du Torraccio et du torrent secondaire directement dans le Tibre.

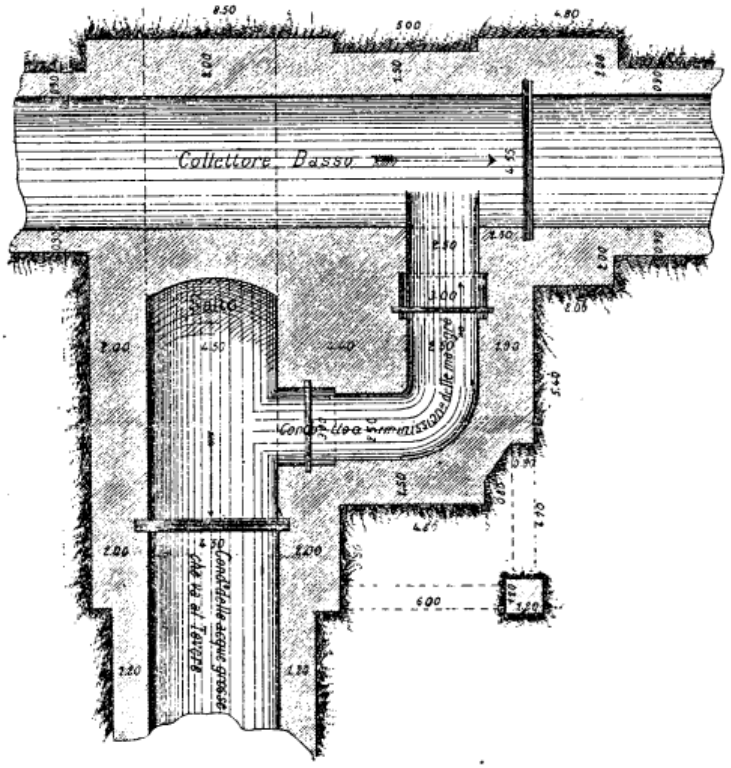


Fig. 35. — Grand collecteur inférieur de la rive gauche. Plan de l'édifice à la place *Bocca della Verita* ; destiné à l'écoulement des hautes eaux et à l'admission des eaux d'étiage.

Ce canal de 2m,50 de largeur, dont la pente est 0m,30 par kilomètre, est séparé du collecteur par une digue, afin de prévenir tout envahissement des eaux en crue. A son débouché, le radier étant à la cote de 5m,09, par rapport à celle de 1 mètre qui est le plus bas étiage du fleuve, un canal en maçonnerie est disposé avec radier en gradins, comme déchargeoir, pour amortir la vitesse du courant et empêcher tout affouillement. Le seuil est foncé à 4 mètres de profondeur au-dessous du zéro de Ripetta.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La figure 39 représente le plan général de l'émissaire; A, désignant l'édifice des vannes qui ferment le collecteur; B, le collecteur; C, la dérivation du Torraccio; D, le déchargeoir se terminant par un canal avec radier en gradins; E, l'ancien épi refait en éperon, sur le Tibre.

Le profil (fig. 40) du collecteur, à son confluent, est tracé suivant son axe,

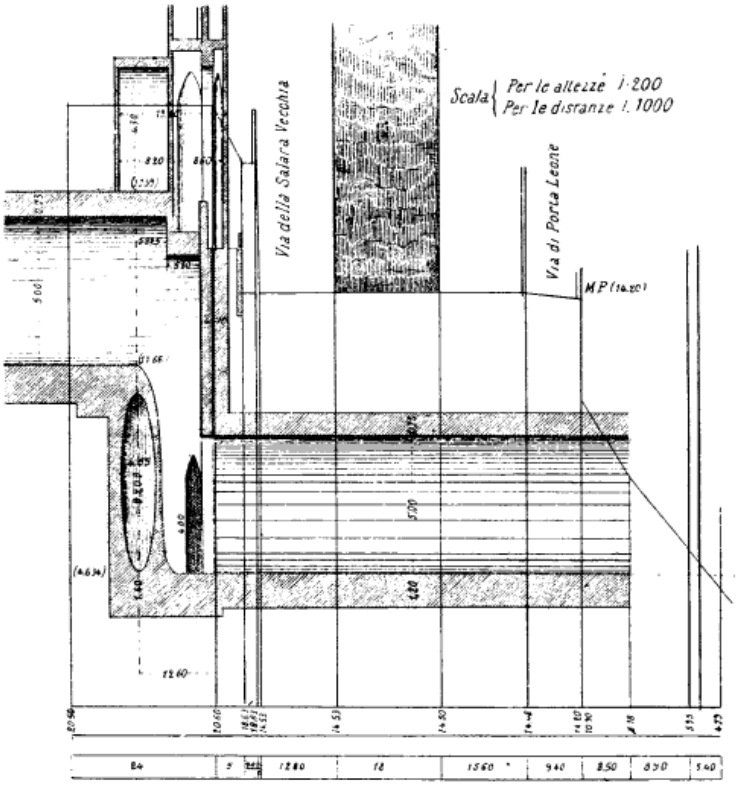


Fig. 36. — Grand collecteur inférieur de la rive gauche. Édifice de passage à la place *Bocca della Verita:* coupe longitudinale du passage des eaux et du conduit de décharge dans le Tibre.

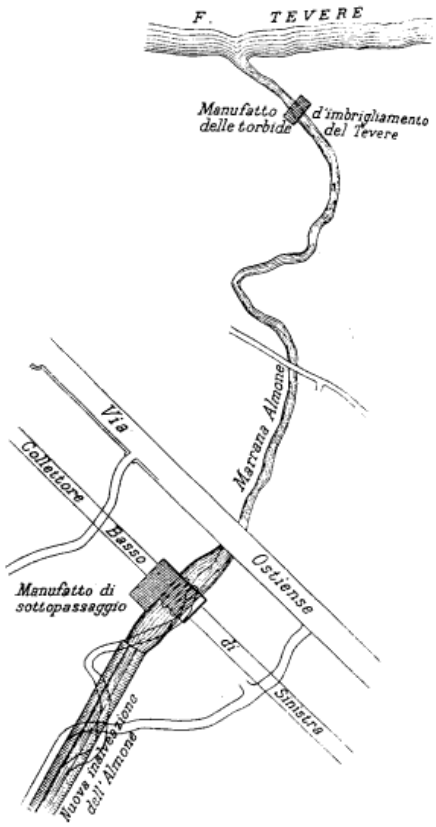


Fig. 37. — Grand collecteur inférieur de la rive gauche. Édifice du passage en siphon de l'Almone: plan des localités.

et le profil (fig. 41) du déchargeoir du canal latéral, également suivant l'axe de la dérivation.

Expropriations. — Dans le projet d'exécution présenté par l'ingénieur en chef Zucchelli, directeur des travaux de régularisation du Tibre, l'ensemble des expropriations pour l'établissement du grand collecteur ne comportait qu'une surface de 42^{ha},83, dont 5^{ha},70 en vignes, 11^{ha},92 en prés, 3^{ha},63 en cultures diverses, et le reste en terrains vagues.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

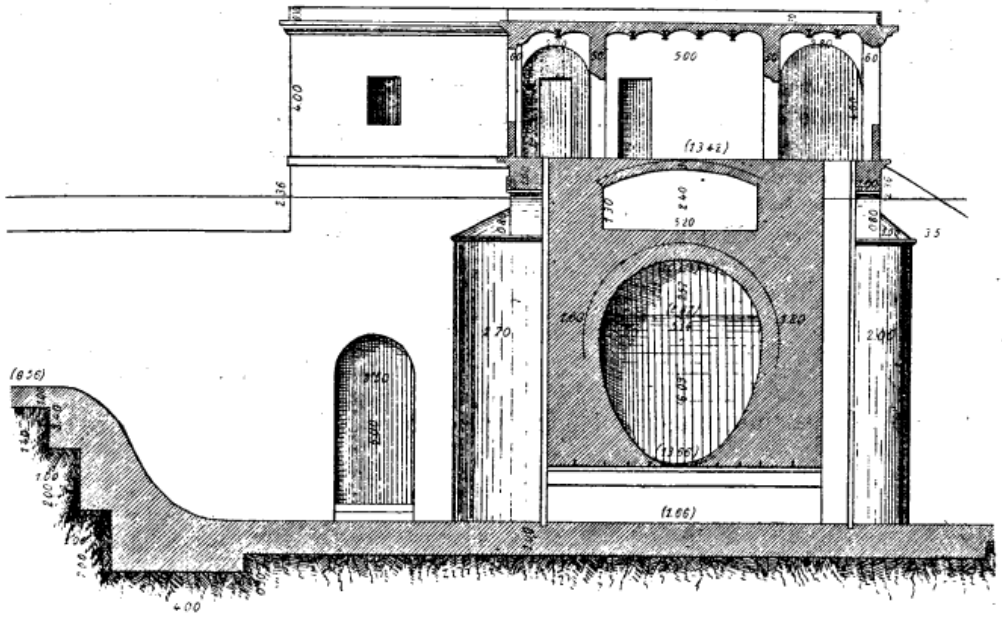


Fig. 38. — Grand collecteur inférieur de la rive gauche. Édifice du passage en siphon de l'Almone et du déversoir des eaux dans le Tibre; coupe transversale.

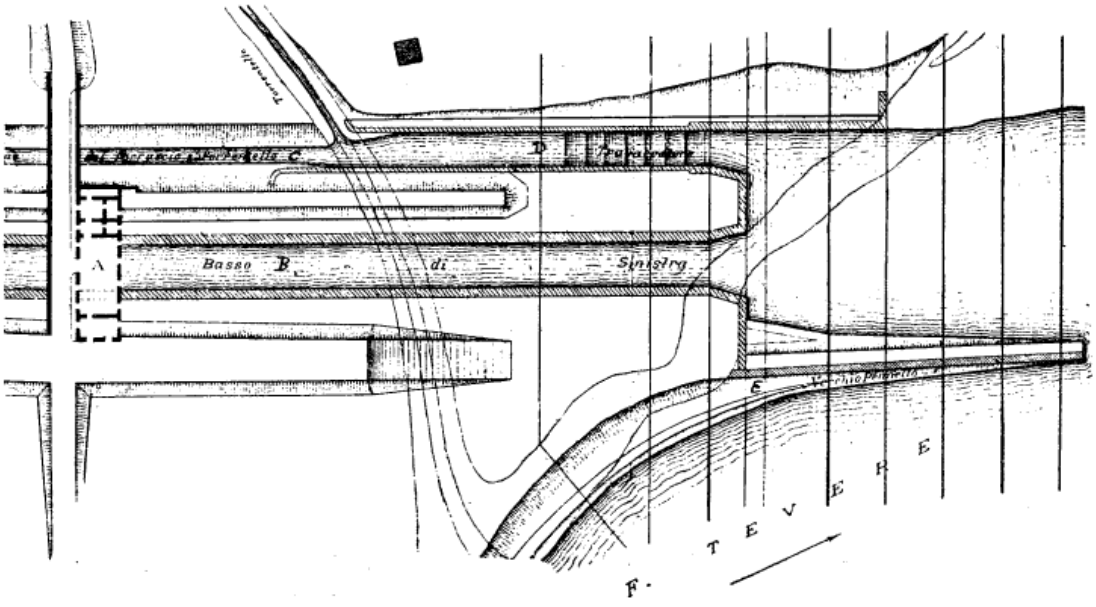


Fig. 39. — Grand collecteur inférieur de la rive gauche. Déversoir du confluent et régularisation du Torraccio; plan général.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Devis général. — Le devis total provisoire s'élevait à 10 407 788 fr. 63 et comprenait :

1.	Collecteur voûté, avec regards et deux épanchoirs (Ferro di Cavallo et Ponte Sisto)	7.877.077.40
2.	Collecteur à ciel ouvert, avec ponts, canal de dérivation du Torraccio, émissaire, édifice de clôture.	1.737.369,75
3.	Édifice de la Mariana.	188.366,80
4.	— de l'Almone.	139.949,01
5.	— de Grotta Perfetta	134.872,23
6.	— des Tre Fontane	57.719,52
7.	— de Tor di Valle	272.433,92
	Total égal. . .	10.407.788,63

soit 601 fr. 60 par mètre courant pour l'ensemble, ou 700 fr. 81 par mètre courant

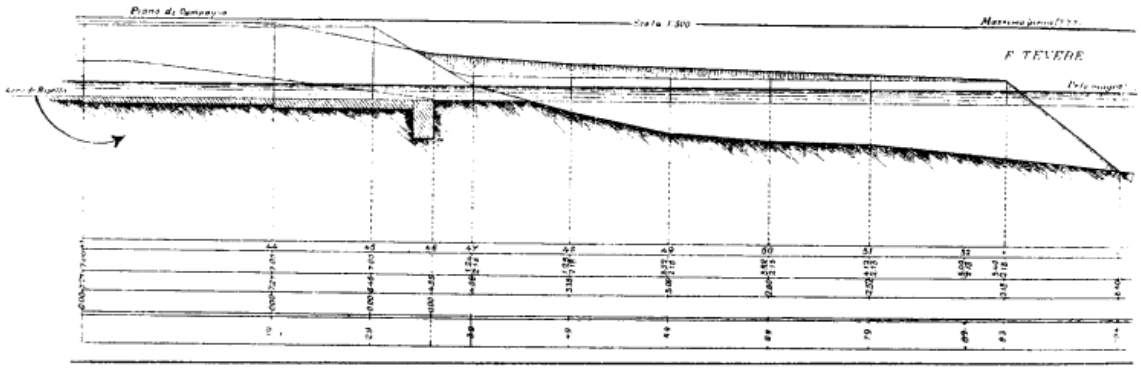


Fig. 40. — Grand collecteur inférieur de la rive gauche. Déversoir du confluent, profil longitudinal suivant l'axe du collecteur.

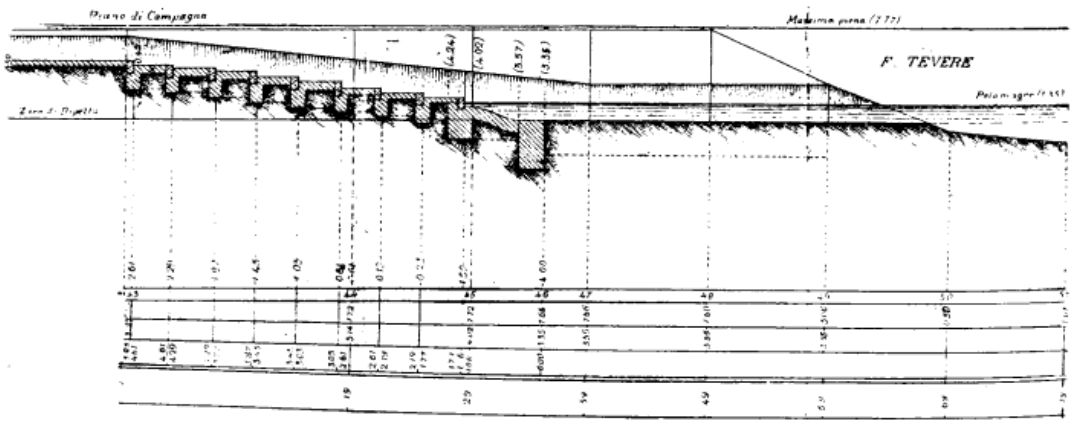


Fig. 41. — Grand collecteur inférieur de a rive gauche. Déversoir du confluent; profil suivant l'axe de dérivation du Torraccio.

de canal voûté. avec épanchoir, et 286 fr. 69 par mètre courant de canal à ciel ouvert, y compris la dérivation du Torraccio et l'édifice de clôture du canal.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les nombreuses variantes apportées au projet préliminaire pendant l'exécution des travaux qui sont aujourd'hui achevés, ou bien proposées pour les travaux en cours et restant à faire, ont augmenté notablement le devis te qu'il fut établi par le service technique du génie civil. D'ailleurs, il ne comprenait pas tous les ouvrages d'art exécutés depuis.

GRAND COLLECTEUR INFÉRIEUR DE LA RIVE DROITE

Les détails fournis jusqu'ici sur la construction du grand collecteur inférieur de la rive gauche s'appliquent, pour la plupart, à celle du collecteur de

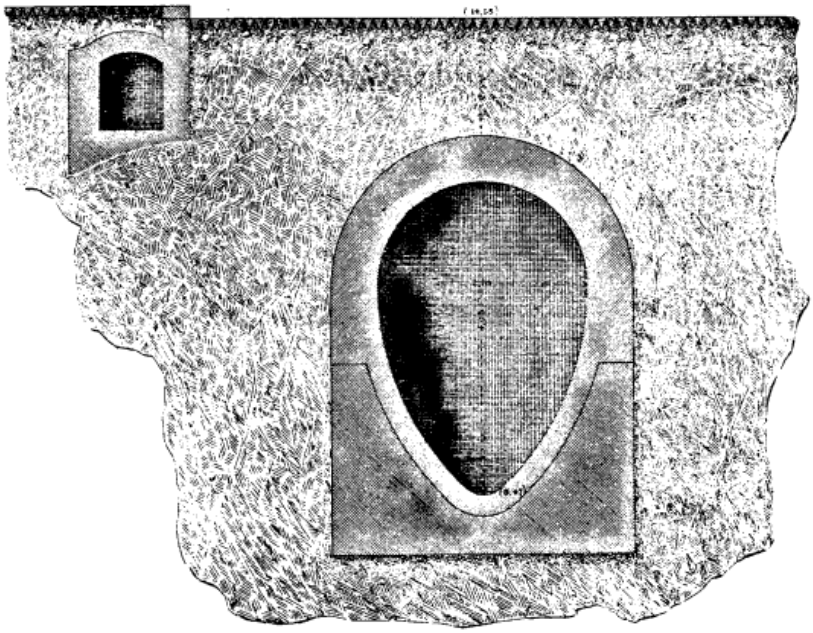


Fig. 42. — Grand collecteur inférieur de la rive droite; coupe transversale.

l'autre rive, moins important comme longueur et comme tracé depuis la place Pia, où il prend origine, jusqu'au delà du *Viale del Re*.

La figure 42 donne une coupe transversale de cet ouvrage qui reçoit non seulement les eaux des égouts principaux de Saint-Pierre et du Bourg Neuf, déjà décrits, mais encore celles des nouveaux égouts desservant les quartiers Prati di Castello et Janicule (1).

(1) Les travaux qu'il nous a été donné de visiter sous la conduite de M. Canevari, notamment ceux du déversoir qui fonctionne pour le service du grand collecteur de la rive droite, au pont Palatin, et ceux encore en cours pour le service du grand collecteur de la rive gauche, édifices de la place Bocca della Verità et de l'Almone, qui seront inaugurés prochainement, ont été exécutés suivant le projet primitif que nous avons analysé d'après le rapport Zucchelli, dans des conditions de choix et d'appareillage de matériaux qui devront assurer le maximum de solidité et de durée à l'œuvre maîtresse de la canalisation.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CRUES DU TIBRE

Comme le fait ressortir M. l'ingénieur en chef Canevari, une fois le débouché assuré de tous les égouts principaux et secondaires, dans le collecteur, les oscillations annuelles maxima y seront limitées à moins de 3 mètres au-dessus du niveau ordinaire; c'est-à-dire qu'une fois par an et pendant quelques heures

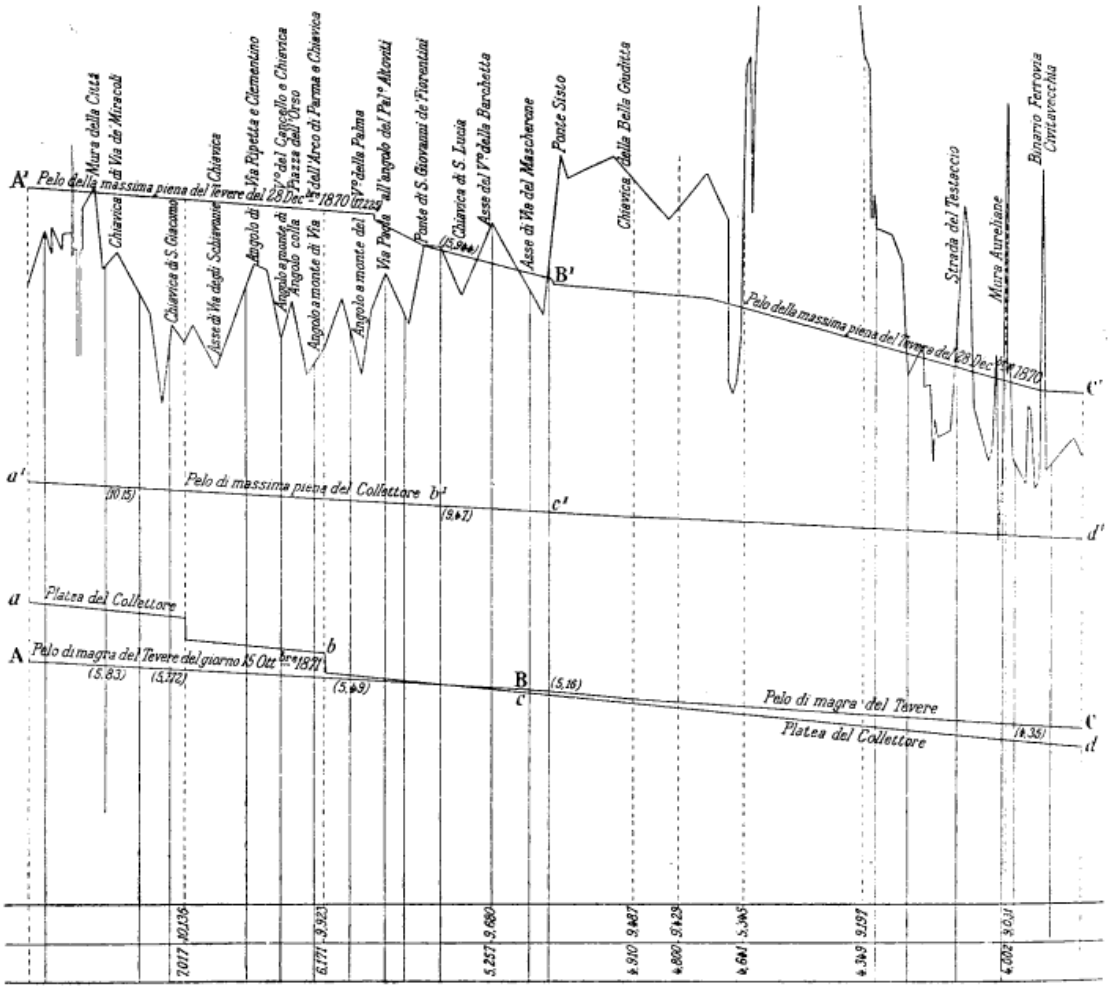


Fig. 43. — Profil longitudinal du grand collecteur inférieur de la rive gauche, indiquant les niveaux des eaux de plus grande crue et d'étiage du Tibre.

seulement, la hauteur maxima sera de 8 mètres au-dessus du zéro de Ripetta; c'est ce qui ressort de l'examen du profil longitudinal (fig. 43), où A B C indique le niveau des eaux d'étiage du Tibre dans la ville, et A' B' C', celui des plus hautes eaux de la crue exceptionnelle du 28 décembre 1870, en regard des lignes *a b c d* et *a' b' c' d'* qui montrent respectivement le niveau du radier et celui des hautes eaux dans le collecteur général.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

C'est entre ces dernières limites, au lieu de celles du fleuve, que se fera désormais l'écoulement des eaux souterraines et des égouts, en assainissant complètement le sous-sol, sans que les digues puissent intervenir pour une cause quelconque dans les inondations qu'elles ont pour objet de prévenir (1).

D'ailleurs, depuis que les travaux d'endiguement sont achevés, il a été facile de constater les résultats obtenus en 1896, pour les crues des derniers mois de l'année, par rapport à celles des années 1870 et suivantes. Quelques chiffres relevés sur le diagramme qu'a publié la Commission de vigilance du Tibre (2), suffiront pour montrer que moyennant une hauteur des digues, de 17 mètres à Ripetta, et de 14m,90 à Ripagrande en aval, avec une pente moyenne de 0,5 p. 100 environ, et un parapet de 1 mètre de hauteur, la ville de Rome est aujourd'hui à l'abri de tout envahissement des eaux quelque hautes qu'elles soient (Tableau V).

TABLEAU V. — **Écarts des crues du Tibre avant et après son endiguement.**

HAUTEURS AU-DESSUS DE L'ÉTIAGE[1] AUX HYDROMÈTRES DE		DIFFÉRENCES	OBSERVATIONS
Ripetta.	Ripa grande.		
m.	m.	AVANT L'ENDIGUEMENT.	
11,32	8,73	2,59	Crue de Décembre 1870.
2,80	2,46	0,34	— Décembre 1872.
8,05	6,85	1,20	— Décembre 1873.
8,10	6,85	1,25	— Décembre 1875.
6,60	5,70	0,90	— Mars 1877.
9,47	7,60	1,87	— Novembre 1878.
		APRÈS L'ENDIGUEMENT.	
7,85	7,38	0,47	Crue des 21-22 Octobre 1896.
6,90	6,50	0,40	— 9-10 Novembre 1896.
6,36	6,10	0,26	— 16-17 Novembre 1896.
6,93	6,42	0,51	— 6-8 Décembre 1896.
6,44	6,39	0,05	— 20-21 Décembre 1896.

1. L'étiage est de 5,90 à Ripetta, et de 4,90 à Ripa grande.

5. — Égouts et collecteurs exécutés par la Commune.

C'est à la Commune de Rome qu'incombait l'établissement des collecteurs aux niveaux moyen et supérieur, sur les deux rives, et depuis 1870, celui des grands

(1) R. Canevari, *Dei lavori di sistemazione del tronco urbano del Tevere. Congresso annuale della Società degli Ingegneri e degli Architetti italiani, Roma,* 1890.

(2) *Atti della commissione di Vigilanza, etc. Anno* 1896 ; *Relazione Canevari, Roma,* 1897.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

égouts drainant les nouveaux quartiers, au fur et à mesure de leur construction.

Cette entreprise, considérable par elle-même, jointe à celle de la réparation et de la réfection des anciens égouts datant de toutes les époques, et de leur raccordement entre eux et avec les collecteurs du réseau des deux rives, dans l'état actuel de transformation et d'indécision sur un grand nombre de points soumis encore à l'étude, échappe à une analyse qui rendrait complètement justice aux efforts tentés par la municipalité et aux sacrifices budgétaires qu'elle s'est imposés.

Quelques ouvrages méritent toutefois d'être signalés comme remontant à la première période des travaux de canalisation à la charge de la Ville.

Grand égout des Condotti. — L'égout principal de la rue des *Condotti* (0m,70 sur 2m,04) a été construit dans des conditions difficiles, en raison des infiltrations et du trafic incessant. Sur tout son parcours, et dans toute sa largeur, le boisage a été complet, les travaux s'exécutant en galerie.

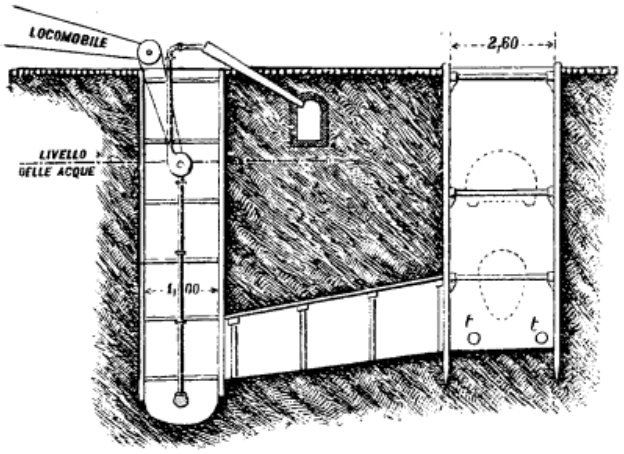


Fig. 44. — Égouts principaux de Babbuino et de Ripetta. Coupe d'installation des puits et galerie.

La nappe d'eau souterraine a été rencontrée à 4 mètres de profondeur, dans un terrain argileux et mou surmontant, sur une épaisseur de 2m,50, une couche d'argile compacte.

Les fondations de l'égout ont été assises sur pilotis, en fouillant à 0m,50 en contre-bas, et en damant les pieux jusqu'au refus, avec un espacement de 8 mètres. Un lit de béton de 1 mètre d'épaisseur, avec briques concassées, a été coulé entre les pieux. L'égout lui-même a été construit en mortier formé de un tiers de chaux éteinte pour deux tiers de pouzzolane.

Vingt-huit jours ont été jugés nécessaires pour la prise du béton, et la voûte est restée trente jours sur cintres, sans que la moindre fissure ait apparu au décintrage.

Les travaux de l'égout des Condotti ont exigé trente-sept jours et trente-sept nuits sans que la circulation ait été un seul jour interrompue.

Grands égouts du Babuino et de Ripetta. — Ces deux égouts principaux, dont le profil est de 1m,50 sur 1m,80, ont comporté plus de 20 000 mètres cubes de déblai, et 7 500 mètres cubes de maçonnerie.

Six locomobiles de huit chevaux, actionnant des pompes centrifuges, système Appold, élevant chacune 36 litres par seconde à la hauteur moyenne de 8 mètres, ont fonctionné pendant trente jours. Les puits étant foncés à 1m,50 au-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dessous du radier, les eaux étaient refoulées à 0m,50 au-dessus du niveau des chaussées.

Après un épuisement continu de 950 000 mètres cubes d'eau, le sous-sol s'étant affouillé, quelques maisons riveraines, notamment dans la rue du Babuino, ont subi des avaries que la municipalité a dû réparer.

Le croquis (fig. 44) indique le mode d'installation des puits et de la galerie pour la construction des deux égouts (1).

Profils des égouts. — Aussi bien pour les égouts principaux que pour les égouts secondaires, le service technique municipal a adopté, comme à Milan, la forme ovoïde des égouts de Londres, conforme aux profils de l'ingénieur en

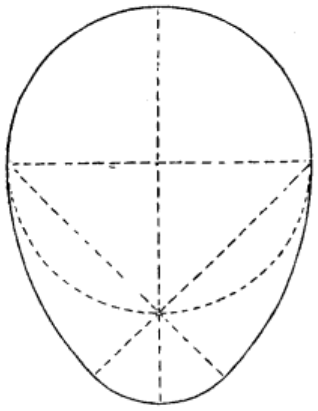


Fig. 45. — Profil des égouts ovoïdes de Londres; section Hawksley.

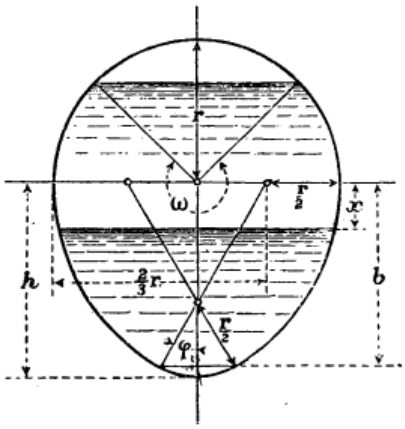


Fig. 46. — Profil ovoïde des égouts, appliqué à Rome et à Milan.

chef anglais, Hawksley. Ce type s'appropriant à des débits variables en même temps que considérables, offre une surface de 1m,27 plus grande que l'ancien type normal couramment appliqué en Angleterre, en Bavière, à Francfort, etc.

La figure 45 représente le profil Hawksley et la figure 46, celui adopté à Rome (2).

Les profils des égouts nos 1 à 7 avec ou sans galeries, exécutés par le service municipal, en regard des types adoptés pour les collecteurs des niveaux supérieur et inférieur, sont groupés dans la figure 47.

Le type ovale ancien correspond à un profil de 0m,80 sur 1m,20, avec une épaisseur de 0m,15; celui des collecteurs à 1 mètre sur 1m,50, avec une épaisseur de 0m,15 pour les parois et de 0m,38 pour la voûte.

Dans la formule empirique $Q = \alpha\ \beta\ Q_0$ qui sert au calcul de la portée des

(1) Spataro, *Manuale di fognatura cittadina*, p. 473.

(2) Dans la figure 46, l'angle $2\varphi = 90°$: $r_1 = 1,5$ r et $r_2 = 0,5$ r. mais on fait également $r_1 = 2$ r et $r_2 = 0,576$ r.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

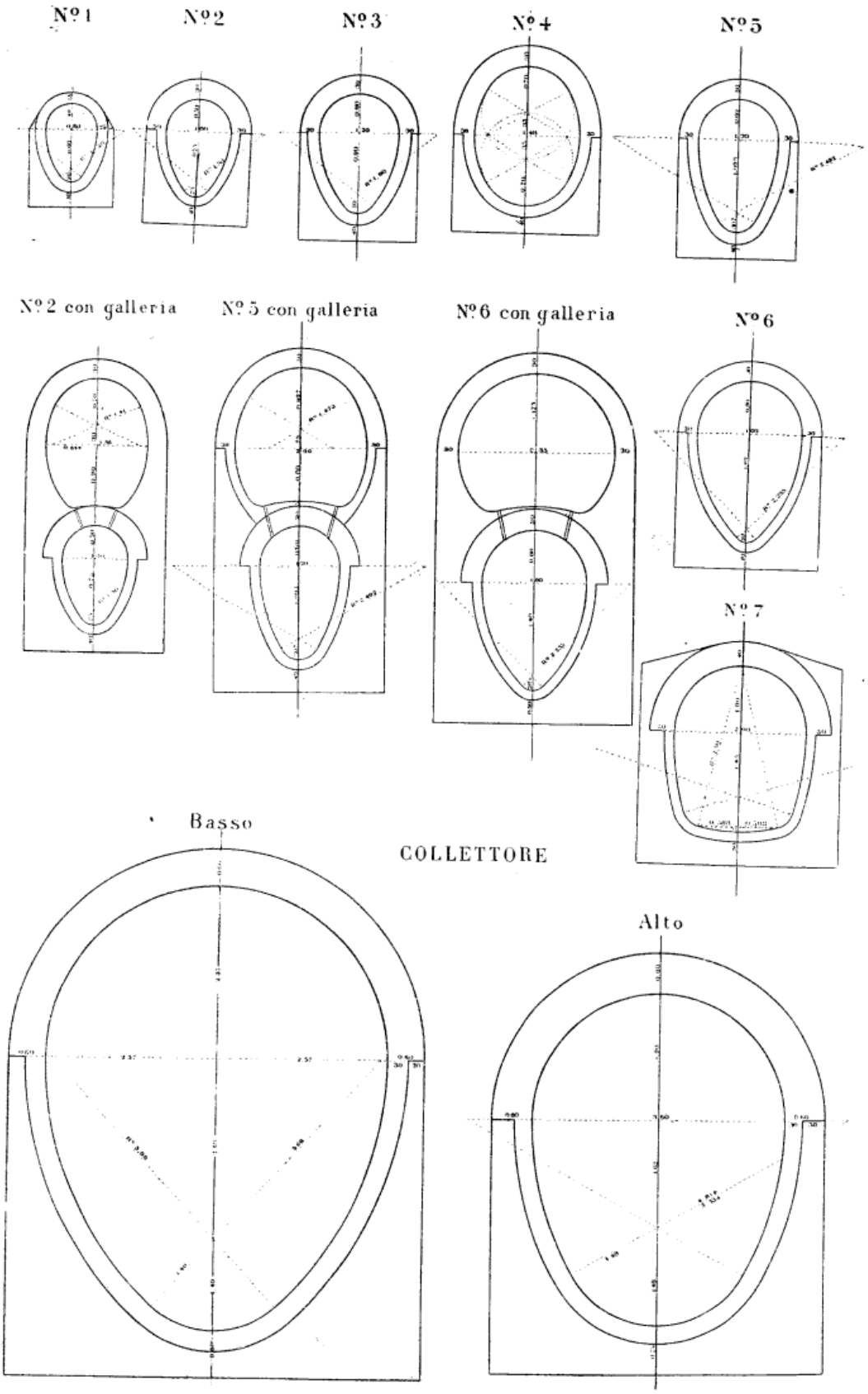


Fig. 47. — Profils des types d'égouts récents, avec ou sans galerie et des collecteurs inférieur et supérieur des deux rives du Tibre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

égouts en mètres cubes par seconde, α désigne le coefficient de perte par évaporation, absorption, etc.; β, celui de l'écoulement, suivant que la surface est bâtie, boisée, déclive, etc., et Q o, la chute de pluie dans le bassin drainé; $\alpha\ \beta$ est considéré comme égal à un demi (1), ce qui donne pour Q une valeur de $62^{l},5$ *intra muros* et de $27^{l},7$ *extra muros*.

Nouveaux égouts de quartiers. — Les quartiers de Castro Pretorio et de l'Esquilin ont été assainis d'après le principe de bassins desservis chacun par un égout secondaire et d'égouts secondaires aboutissant à un égout principal qui, à son tour, s'embranche sur un collecteur.

Pour le quartier de Castro Pretorio, l'égout principal se dirige le long du

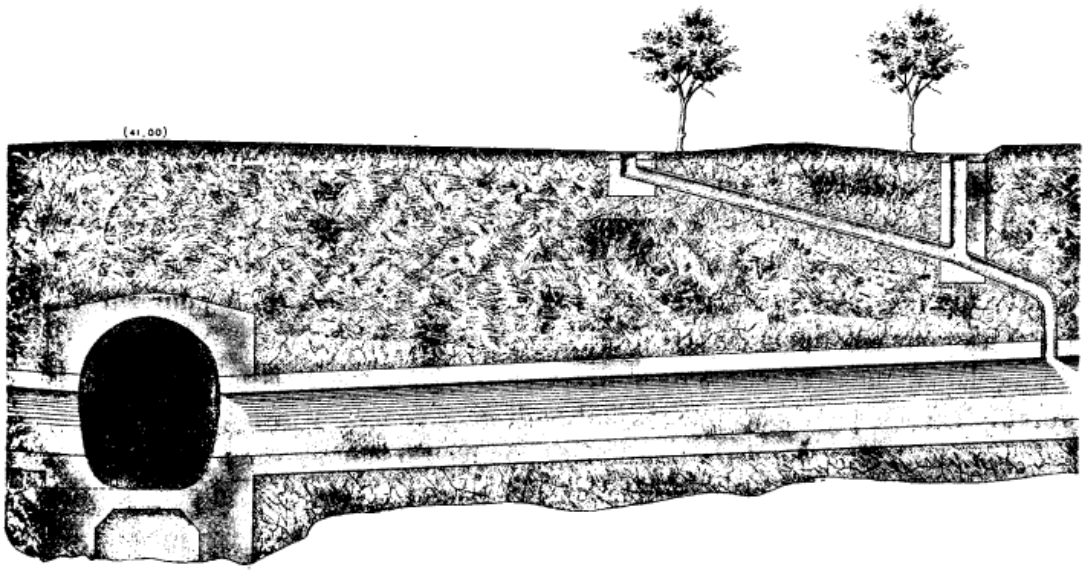


Fig. 48. — Égout principal de l'avenue Manzoni (1875); coupe transversale partielle.

mur d'enceinte, rejoint la rue San Lorenzo, près de l'aqueduc Felice, et traverse la voie de Sainte-Bibiane pour se jeter dans le collecteur de l'Esquilin.

Ce collecteur suit l'avenue Manzoni, et à travers SS. Pierre et Marcelin, la rue Labicana, jusqu'au grand collecteur du niveau supérieur construit entre Saint-Jean-de-Latran et le pied de l'Esquilin.

La figure 48 indique le profil du grand égout de l'avenue Manzoni construit en 1875.

Aussi bien, tous les égouts des deuxième et troisième zones de l'Esquilin convergent dans le grand collecteur général.

Pour une longueur de 15 688 mètres d'égouts, correspondant à une surface de 775 338 mètres carrés, le nombre de chasses est de 68.

(1) Spataro, *loc. cit.*, p. 178.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

De même que pour l'Esquilin, le réseau des égouts du mont Celius se rattache au grand collecteur supérieur, près du Jardin botanique.

Collecteur supérieur de l'Esquilin. — Le grand collecteur supérieur (*alto*), dont le tracé arrêté par la commission municipale de 1877 est indiqué sur la carte (fig. 25), quitte la place de la *Madonna dei Monti* où il recueille, par la rue des *Serpenti*, les eaux provenant des versants des monts Quirinal, Viminal, de la rue Nationale, etc., se dirige vers la rue Cavour en traversant la place sous Saint-Pierre *in Vincoli*, puis contournant en amont le Colisée, reçoit les eaux des quartiers de Castro Pretorio et Esquilin par la rue Labicana, comme il a été mentionné.

La partie en galerie de ce collecteur général, dont le profil est de $3^m,80$ sur 3 mètres, avec une épaisseur de $0^m,70$ à la voûte, a exigé le foncement de deux puits de 16 mètres de profondeur, pourvus chacun d'un treuil à vapeur et d'une voie ferrée.

La fouille a débuté par le percement d'une galerie en calotte (2 mètres sur 2 mètres) avec boisage, et s'est continuée en profondeur sur $1^m,25$, avec section trapézoïdale. C'est seulement après que le percement eut atteint une certaine longueur que l'on battit au large pour agrandir latéralement. Les compartiments étant ainsi aménagés par séries, avec un espacement de $1^m,15$, les cintres ont été armés sur les travées transversales. La voûte a été construite pour un tiers avec des pierres, et pour le reste, avec des briques.

Le déblai entre les montants s'effectuant sur 2 mètres de largeur, des châssis furent disposés pour maçonner les pieds-droits à la base, ainsi que le radier.

Comme revêtement de la maçonnerie, on a eu recours, sur une hauteur de $0^m,75$, à un mortier formé pour deux tiers, de ciment Portland, et pour un tiers, sable granitique. Le reste a été enduit d'un mortier de chaux.

Le coût de la section en galerie, en y comprenant les frais d'épuisement et de boisage, a été de 400 francs par mètre courant.

L'œuvre de l'assainissement de Rome réalisée par l'endiguement du Tibre, par les grands collecteurs à plusieurs niveaux, et par un réseau d'égouts, conçu d'après un plan méthodique, est assez avancée aujourd'hui pour que l'on puisse considérer son plein achèvement comme prochain. Elle était le complément indispensable d'une autre œuvre non moins hardie, quoique encore imparfaite, celle de la transformation et de l'agrandissement de la cité elle-même (1).

(1) Les capitaux venant à manquer pour mener à bien et à si bref délai des constructions immobilières aussi considérables, la spéculation immodérée des banques et des sociétés de crédit a consommé la ruine financière des entreprises, et arrêté prématurément le développement, sur les deux rives, des quartiers des faubourgs dont les nouvelles habitations sont inachevées et déjà délabrées.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Comme couronnement du système du tout-à-l'égout, dont le fonctionnement salubre est assuré par l'eau distribuée à gros volumes, les irrigations, au profit de l'agriculture, seront appelées, dans un avenir aussi peu éloigné, à remettre en valeur les terres délaissées de l'*Agro Romano*, qui s'étendent sur les bords du fleuve jusqu'à la mer, ainsi que celles conquises par desséchement dans le delta, à la suite des travaux entrepris par le gouvernement et les syndicats de propriétaires.

Ce n'est pas à Mezzo Cammino, sur la rive gauche du Tibre, ni à la Magliana, sur la rive droite, comme l'entrevoyait la Commission municipale, que les eaux fertilisantes des grands collecteurs seront inutilement déversées dans le fleuve; mais plus tard, soit que le courant du Tibre lui-même ait été utilisé pour relever ces eaux, soit que des canaux sur chaque rive prolongent les collecteurs jusqu'au delta, l'agriculture sera appelée à en disposer librement, aux époques, suivant les quantités et les modes les plus convenables pour l'amélioration des terres. Les eaux d'égout qui n'auront pas été employées par la culture, seront alors seules rejetées dans le Tibre, à son embouchure.

« Grâce à une meilleure organisation du travail agricole; à l'obligation de n'employer le montant des prêts consentis par les caisses de l'État aux propriétaires et aux syndicats qu'à l'augmentation de la production; grâce également au privilège de recouvrement, déterminé par le projet de loi soumis aux Chambres, quant aux annuités en remboursement des prêts; à la garantie collective des associés, substituée à la garantie individuelle, le crédit sera fondé, et par lui sera créé le capital indispensable à la transformation agricole (1) » que convoitent les promoteurs des irrigations, des desséchements et des améliorations foncières, dans l'*Agro Romano*, comme dans les autres régions de l'Italie.

(1) Canevari, *Sulla necessità di meglio organizzare il lavoro in agricoltura. Roma*, 1894.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS ÉCONOMIQUES

REVUE DES PROGRÈS DE L'INDUSTRIE DU GAZ EN 1897 PAR **M. Delahaye**,
Président de la Société Technique de l'Industrie du gaz en France.

Nouvelles méthodes de travail dans les grandes usines à gaz : transformation du matériel; machines à charger et à décharger les cornues; fours à cornues inclinées; manutention mécanique des charbons et du coke; examen des tendances actuelles; enrichissement du gaz en Angleterre et en Allemagne; atténuation des fâcheux effets de la naphtaline.

Les rapports des Commissions quinquennales, nommées en 1885 et en 1890, conformément à l'article 48 du traité de la Compagnie Parisienne, et chargées « d'examiner les procédés étrangers au système actuel de fabrication qui seraient de nature à constituer un progrès », ont établi que, s'il est encore possible d'améliorer certains détails de l'exploitation des usines, les découvertes de la science et les méthodes spéciales de fabrication ne sauraient sensiblement modifier l'organisation présente de l'industrie du gaz.

Dans ses conclusions générales, la Commission de 1885 estimait « que les procédés de fabrication suivis par la Compagnie Parisienne sont susceptibles d'être perfectionnés sur divers points, notamment en ce qui regarde les manutentions de charbons et cokes, la fabrication et l'épuration et peut-être aussi la condensation. » D'autre part, les économies qu'elle croit réalisables n'atteignaient pas au maximum trois quarts de centime par mètre cube (ch. II et IV), et, tout en faisant remarquer que la Compagnie Parisienne n'a réalisé, depuis 1880, aucun perfectionnement, elle était obligée de déclarer, à diverses reprises, qu'il n'existe pas de perfectionnements à lui imposer (ch. V et VI), ou de conseiller de faire des essais pour vérifier ses idées théoriques (ch. III).

En 1890, la Commission n'hésitait pas à déclarer « que l'analyse attentive des éléments du prix de revient du gaz démontre nettement l'influence prépondérante de la question commerciale sur celle des procédés de fabrication, et que, étant donné l'état auquel est arrivée l'industrie du gaz, un abaissement notable du prix de revient ne saurait être rationnellement attendu que de faits indépendants du procédé de fabrication proprement dit ».

Enfin en 1895, année où une nouvelle Commission quinquennale devait théoriquement être nommée, l'absence de procédés nouveaux pouvant constituer un progrès est si bien reconnue que personne, pas plus au Ministère de l'Inté-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rieur qu'à la Préfecture de la Seine, ne s'est inquiété de l'application du fameux article 48 du traité de la Compagnie Parisienne.

Après un ensemble de déclarations aussi officielles, confirmant celles de la première Commission quinquennale nommée en 1880, il ne saurait être question de parler ici de progrès réalisés en 1897 dans l'industrie du gaz. Nous accorderons volontiers aux inventeurs qu'il y a eu des perfectionnements, des améliorations de détail apportés aux méthodes et au matériel de fabrication; mais les gaziers, du moins en France, abandonnent peu à peu les questions purement techniques et concentrent leur attention sur la partie commerciale de leurs entreprises.

La concurrence inattendue de l'éclairage électrique, les abaissements de tarifs imposés par des renouvellements de traités, enfin la découverte de l'éclairage à incandescence par le gaz ont obligé les administrateurs et directeurs d'usines à gaz à se préoccuper, aujourd'hui beaucoup plus qu'autrefois, des mesures à prendre pour développer la consommation. Il s'agit non seulement de se défendre, de compenser les économies que des modes perfectionnés d'éclairage permettent de réaliser, mais aussi de suppléer à la diminution de bénéfices nets correspondant à des réductions de prix, et le seul moyen dont ils disposent est de généraliser les emplois du gaz, de ne laisser échapper aucune occasion de faire valoir ses merveilleuses propriétés comme agent d'éclairage, de chauffage et de force motrice. La création de nouveaux débouchés a pris ainsi et prendra de jour en jour plus d'importance, tandis que les recherches techniques offrent peu d'espoir d'un résultat immédiat : la première intéresse également toutes les usines; les secondes ne conviennent qu'aux entreprises où l'on peut se permettre des transformations toujours coûteuses et parfois aléatoires. De là une évolution à laquelle nous assistons depuis quelques années : les temps héroïques sont passés; fabriquer du gaz n'est rien, en vendre et en vendre de plus en plus, voilà le but de tous les efforts.

De l'exposé précédent, il est permis de conclure, *a priori :*

Que le matériel de fabrication, en usage depuis vingt-cinq ans, suffit à tous les besoins;

Que les petites usines s'en contenteront jusqu'à nouvel ordre, parce qu'il leur manque, en général et à la fois, l'espoir d'un développement considérable de la consommation, les ressources financières et le personnel ouvrier compétent, trois éléments nécessaires pour justifier un changement de leurs habitudes;

Que les usines de moyenne importance pourront, suivant le tempérament et les aptitudes de leurs directeurs, et aussi suivant les allures de la clientèle, avoir avantage à apporter certaines modifications à leurs procédés de travail;

Enfin, que les grandes usines, si la durée de la concession est suffisante pour les amortissements ou s'il s'agit d'agrandissements d'ateliers existants, trouveront

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

quelque avantage à procéder non pas à un remaniement complet de leurs installations, mais à des applications partielles des perfectionnements les plus récents, jusqu'à ce que la conviction soit acquise de leur supériorité.

Les opérations auxquelles est soumise la matière première, depuis son entrée à l'usine jusqu'à sa sortie sous les formes diverses de gaz, coke, goudron et eaux ammoniacales, donnent naissance, en suivant l'ordre normal, aux produits et sous-produits indiqués en regard de chacun des appareils mentionnés.

I. Emmagasinage et distribution de la matière première jusqu'aux fours.	
II. Chargement dans les cornues et distillation à haute température de la matière première.	*Produits :* Gaz brut et coke.
III. Condensation, lavage et épuration	*Sous-produits.*
Barillet.	Dans l'ensemble de ces appareils se déposent la presque totalité du goudron et de la naphtaline.
Collecteur (1).	
Réfrigérant ou jeu d'orgues.	
Extracteur (1).	
Condensateur par choc (1).	
Colonne à coke ou laveur (1).	Séparation de l'ammoniaque.
Épurateurs.	Séparation de l'hydrogène sulfuré, du sulfure de carbone, des composés du cyanogène et de traces d'ammoniaque.
IV. Compteur de fabrication et gazomètre.	
V. Extinction, transport, emmagasinage, cassage et classement du coke.	
VI. Emmagasinement des goudrons et eaux ammoniacales, traités ou non à l'usine.	

C'est uniquement dans les première, deuxième et cinquième opérations qu'on s'est efforcé, depuis plusieurs années, et qu'on s'efforce d'apporter des modifications; quant à la troisième, on a discuté à perte de vue sur les actions mécaniques, thermiques et chimiques auxquelles est exposé le gaz brut, mais on n'a rien changé que les dimensions des appareils, sans être toujours d'accord sur la position que doit occuper l'extracteur. En ce qui concerne les sous-produits autres que le coke, les goudrons ne sont traités en France que par les Compagnies du gaz de Paris et de Lyon; les grandes usines, et aussi la plupart des usines moyennes, traitent les eaux ammoniacales pour le sulfate d'ammoniaque ou, au moins, les concentrent pour les revendre.

(1) Dans la plupart des petites usines, il n'existe pas de collecteur, pas d'extracteur, pas de condensateur par choc; la colonne à coke est chargée de retenir le goudron, et souvent on se passe de laveur. Dans les grandes usines, la colonne à coke arrosée d eau sert de laveur, ou bien on emploie des laveurs spéciaux.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les perfectionnements, réels ou prétendus, apportés au matériel des usines à gaz sont d'ordre purement mécanique : ils ont pour but de réduire le plus possible la main-d'œuvre, ou même de la supprimer, aussi bien dans l'emmagasinage et le transport du charbon et du coke à l'usine que dans le chargement et le déchargement des cornues.

Emmagasinage et distribution du charbon. — On conçoit aisément, pour les wagons venus de la mine ou remplis au quai de débarquement des bateaux, la possibilité d'être déchargés directement dans les magasins, ou même devant les fours, à la condition que la halle soit assez spacieuse; mais cette solution élémentaire, convenable dans le cas de chargement des fours à la main, ne suffit plus lorsqu'on emploie des machines à charger ou des fours à cornues inclinées. Il faut alors reprendre le charbon au magasin et le transporter en un point quelconque de la halle des fours : de là, des combinaisons tantôt de chaînes à godets et de convoyeurs, tantôt de monte-charge avec wagonnet et voie de roulement en arrière du massif des fours, le charbon tombant ensuite du convoyeur ou du wagonnet dans la trémie d'alimentation de la machine à charger ou de la cornue inclinée. Les dispositions varient suivant les usines, et les exemples ne manquent pas à l'étranger. Si l'on veut éviter la complication du convoyeur, il n'y a qu'à joindre à la machine à charger une chaîne à godets pour élever directement le charbon et à prolonger la voie de roulement de la machine jusqu'au magasin, si celui-ci est éloigné de la halle des fours.

En se reportant aux figures, on voit :

Comment à l'usine de Colne (fig. 1) le charbon sort du magasin par un appareil de cassage qui donne des morceaux sensiblement de même grosseur, tombe dans une fosse, d'où il est pris par une chaîne à godets qui le porte dans une trémie fixe : c'est la machine à charger qui vient se remplir sous la trémie;

Comment à l'usine de Cheltenham (fig. 2) le charbon, après cassage, est élevé par une chaîne à godets jusqu'à un convoyeur qui alimente deux trémies fixes où viennent se remplir deux machines à charger desservant des fours adossés;

Comment, dans une usine projetée par M. Leclaire (fig. 3) a été compris l'emmagasinage du charbon pour alimenter directement une machine à charger munie d'une chaîne à godets (1);

Enfin comment a été prévu par M. Coze (fig. 4 et 5) l'ensemble d'une installation de magasin à charbon et de fours à cornues inclinées (1). Ces dernières dispositions appliquées à l'usine de Genève ne manquent pas d'originalité.

(1) Communication présentée au Congrès de la Société technique de l'Industrie du gaz; juin 1897.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le magasin à charbon est une construction de forme spéciale. La partie intérieure se compose de deux plans inclinés formant un angle de 28°, et voici comment on le remplit.

Le charbon arrivant par wagons est versé dans une fosse dont le fond est incliné. En tombant, le charbon est obligé de traverser une claie également inclinée, qui laisse passer les morceaux d'une grosseur inférieure à celle du

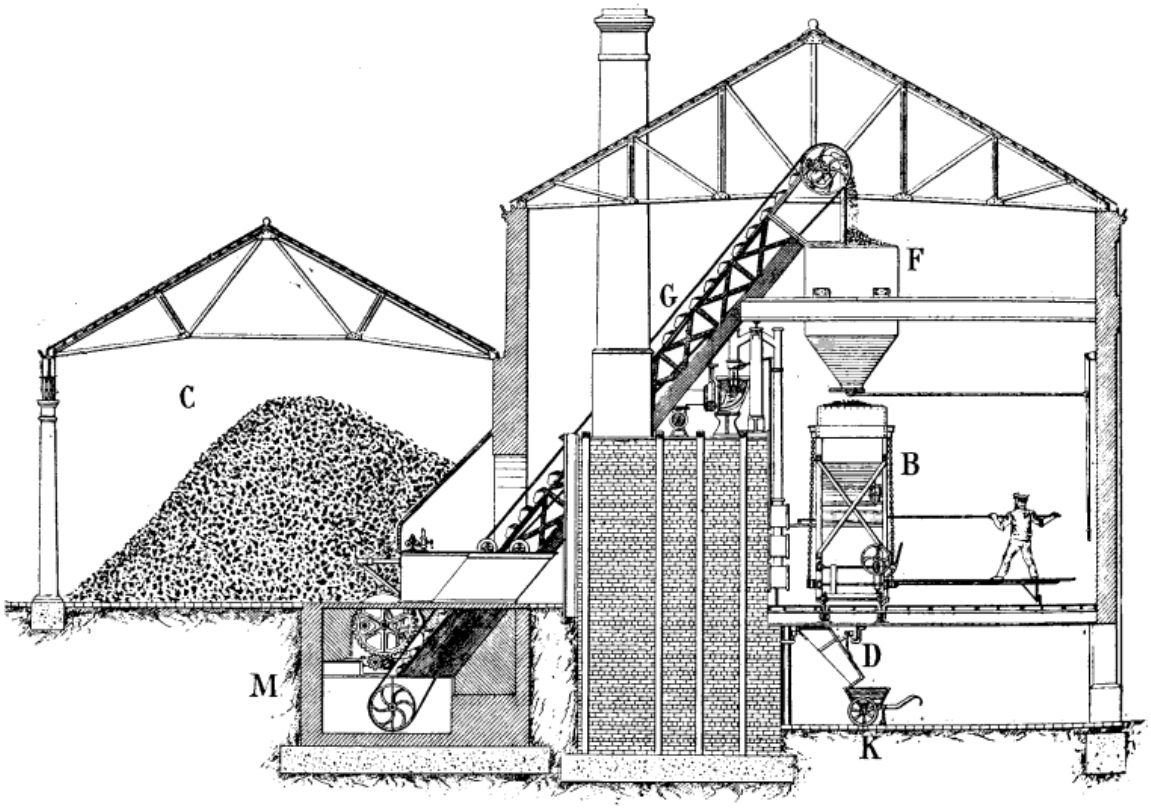


Fig. 1. — Coupe du magasin à charbon et de la salle des fours de *Colne*.

C, magasin; M, machine motrice et cassage du charbon; G, chaine à godets; F, trémie; B, machine West à charger les cornues; D, déchargement du coke; K, brouette à coke.

poing; les plus gros morceaux sont retenus, et ensuite dirigés par la pente vers un broyeur destiné à les réduire à la dimension convenable.

Le charbon préalablement cassé tombe dans une fosse, où un élévateur continu le prend pour l'amener à un entraîneur horizontal à spirale, qui occupe l'axe du magasin dans toute sa longueur. Cet entraîneur est formé par un tube de 350 à 400 millimètres de diamètre, dans lequel se meut autour d'un axe, à l'instar des vis d'Archimède, une spirale en fer plat. On comprend aisément que, si des ouvertures sont pratiquées de distance en distance dans la partie inférieure du

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tube, le charbon entraîné tombera successivement par chacune d'elles, au fur et à mesure du remplissage de la partie correspondante du magasin.

Avant l'introduction du charbon, on a eu le soin de fermer le fond du magasin

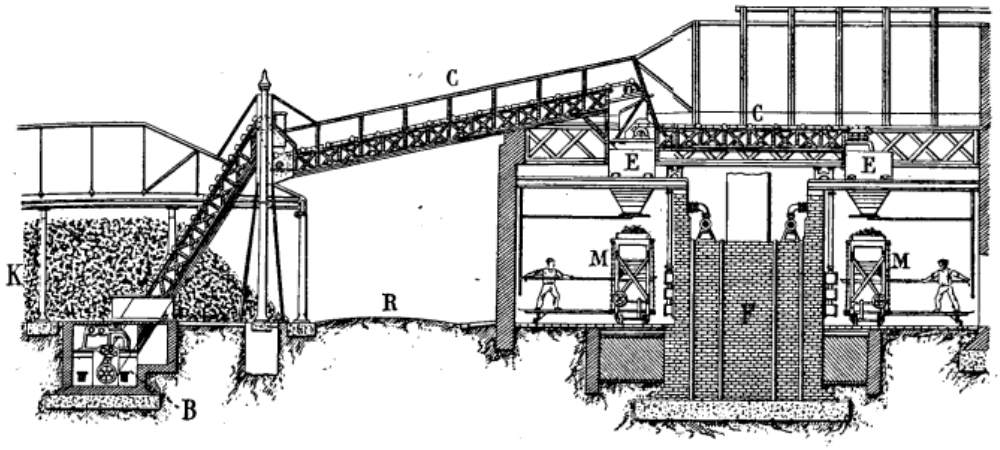


Fig. 2. — Coupe de la salle des fours de l'usine de *Cheltenham*.

K, magasin; B, cassage du charbon; C, conveyeur; E, trémie; M, macline West à charger les fours F.

un peu au-dessus de l'intersection des deux plans inclinés, par une série de traverses mobiles placées les unes contre les autres. Sous ces traverses se trouve une

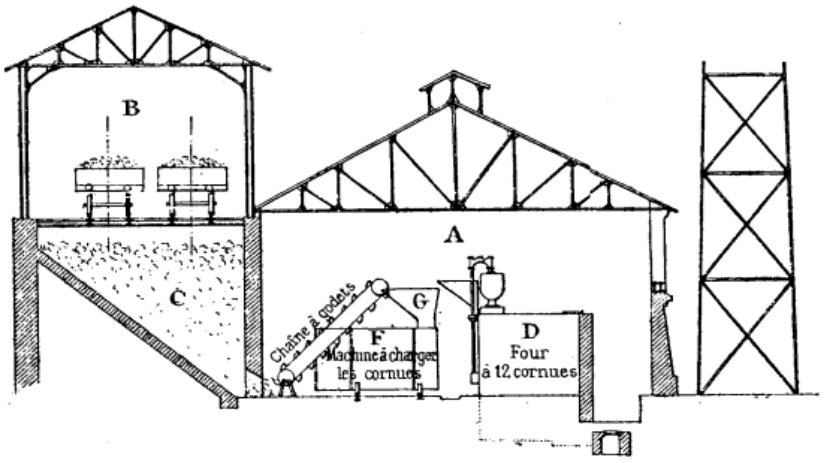


Fig. 3. — Usine *Leclaire* (projet).

galerie de hauteur suffisante pour permettre le passage d'un homme et dans laquelle se meut un entraîneur à secousses. Quand on veut utiliser le charbon du magasin, il suffit de pénétrer dans la galerie et de faire tomber une ou plusieurs traverses; le charbon descend alors dans l'entraîneur, qui enlève d'une façon continue tout ce qui peut passer par l'ouverture pratiquée.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le transporteur à secousses consiste en un canal en tôle, sans accessoires d'aucune sorte, supporté par des lames inclinées et flexibles, mises en mouvement par un excentrique ; chaque tour de manivelle imprime un mouvement de

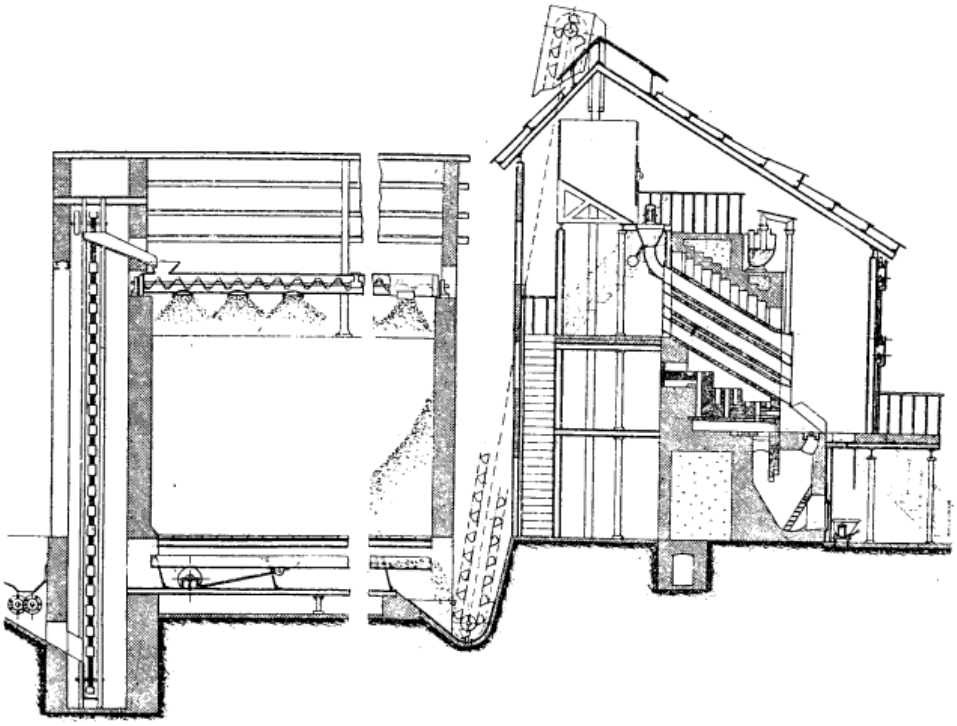


Fig. 4. — Magasin et fours à cornues inclinées *Coze*.

va-et-vient, qui lance le charbon en avant jusqu'à une fosse, où le reprend une chaîne à godets pour le service des fours.

Extinction et transport du coke. — La suppression du transport par brouettes et wagonnets du coke incandescent, entre la halle des fours et le chantier d'extinction ou le magasin, peut être réalisée au moyen de l'entraîneur-extincteur de M. de Brouwer. Cet appareil mécanique se compose : 1° d'un chenal en tôle de fer, à fond plat et étanche, d'une largeur de 60 centimètres et d'une profondeur de 10 à 12 centimètres, établi parallèlement à la façade des fours et à 30 centimètres environ en avant de la bouche des cornues, de manière que le coke y tombe sans être projeté sur le sol de la salle ; ce chenal présente une pente légère, environ 2 millimètres par mètre, du côté où doit se faire l'extinction ; 2° d'une double chaîne dont l'écartement est maintenu par des traverses en fer rond, distantes les unes des autres de 80 centimètres environ ; cette chaîne forme un circuit fermé, dont une partie traîne sur le fond du chenal, tandis que l'autre

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

partie fait retour en l'air, après avoir passé sur une poulie d'entraînement.

Quand on décharge le coke de la cornue, il tombe dans le chenal, et la chaîne à traverses l'emmène, au fur et à mesure, le long du chenal. En arrivant à l'endroit où se fait l'extinction, le chenal, sensiblement horizontal jusqu'alors, se relève suivant un plan incliné de 30° à 45°, et ses parois latérales sont surhaussées de 20 centimètres, environ, de manière à former une caisse ouverte dans laquelle se fait l'extinction du coke au moyen d'un courant d'eau. Pour empêcher le coke de flotter à la surface de l'eau et d'échapper à l'entraînement de la chaîne, il est établi au bas du plan incliné une trappe en treillis de fer, sous laquelle doit passer le coke, tandis que l'eau peut s'échapper librement. La nappe d'eau de faible épaisseur ainsi constituée suffit à l'extinction complète du coke. On conçoit que, pour assurer une extinction plus rapide et surtout plus régulière, il est utile d'introduire de l'eau dans toute la longueur du chenal ; mais la quantité nécessaire est relativement faible, et 20 litres par cornue suffisent.

On arrive avec les dispositions imaginées par M. de Brouwer, et appliquées déjà dans plusieurs usines, non seulement à éteindre et sortir facilement le coke de la halle des fours, mais aussi à le transporter au dépôt, à l'élever à la hauteur convenable, enfin à faire l'emmagasinage complet sans l'intervention de main-d'œuvre. Il y a là une manutention mécanique fort intéressante pour les usines de quelque importance, ayant de la force motrice disponible : le travail absorbé par le déplacement de la chaîne et du coke ne doit pas dépasser 1 cheval et demi, peut-être même se réduit-il à un cheval par 10 mètres de chaîne. Les dépenses d'entretien et d'usure ne semblent pas devoir être élevées : l'expérience prononcera à cet égard. Somme toute, et même à égalité de dépenses, l'entraîneur-extincteur est un appareil qui mérite l'attention des gaziers.

Chargement et déchargement mécaniques des cornues. — Depuis nombre d'années, on a cherché à réduire ou supprimer dans les usines importantes la main-d'œuvre pour le chargement ou le déchargement des cornues. Un certain nombre de dispositions mécaniques ou de machines ont été imaginées dans ce but, surtout en Angleterre et en Allemagne, avec l'espoir de réaliser des économies dans les frais de fabrication, et aussi d'être moins sous la dépendance des ouvriers. On possédait déjà, avec le chargement à la cuiller, une solution simple, puisque la cuiller permet d'employer au chargement le premier manœuvre venu ; mais la question d'économie n'en subsistait pas moins, en raison des tendances à l'élévation des salaires. A ces considérations administratives s'en joignaient d'autres beaucoup moins justes, relatives à l'amélioration des conditions du travail et au bien-être des ouvriers. Nous ne savons pas exactement comment les choses se passent à l'étranger ; mais, en France, nous n'hésitons pas à dire que les ouvriers de l'industrie du gaz, y compris les chauffeurs, sont convena-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

blement et même bien payés, et n'ont pas à fournir une somme d'efforts supérieure à celle que donnent les ouvriers des mines, de la métallurgie, etc.

Sans insister davantage sur les principes, il faut reconnaître que, dans les grandes usines de l'étranger, on est disposé à introduire de plus en plus les appareils de chargement et de déchargement mécaniques des cornues. De là, nécessité d'organiser pour ces appareils une distribution de force motrice, et c'est à l'eau sous pression ou à l'air comprimé qu'on a recours, la vapeur et la transmission par câbles ne paraissant pas toujours avoir donné satisfaction aux inventeurs. La machine à charger et à décharger doit porter les organes nécessaires à son déplacement devant la façade des fours, à l'élévation de la charge variable suivant la hauteur de chaque rang de cornues, à l'introduction de la charge dans la cornue et à l'extraction du coke : elle constitue donc un appareil assez compliqué, dont la construction doit être très robuste pour résister aux influences de la chaleur et du milieu. Aussi a-t-il fallu multiplier et prolonger les études et les essais, avant d'arriver aux dispositions définitives actuellement adoptées en Angleterre et en Allemagne.

Nous ne parlerons ici que des installations où toutes les opérations s'exécutent mécaniquement, et nous laisserons de côté celles où l'on demande à la force motrice une partie seulement du travail, en laissant à l'ouvrier le soin de terminer, soit en poussant à fond et retournant la cuiller de chargement, soit en retirant le crochet à déluter.

Machines de West (*Angleterre*). — Les machines construites par M. John West, ancien directeur des usines à gaz de Manchester, sont mues par l'air comprimé, sous pression de 4 à 5 kilogrammes, que distribue une canalisation spéciale, au moyen de prises pour des tuyaux flexibles.

Le chargement s'effectue par une cuiller ayant toute la largeur de la cornue et versant, en deux fois, d'abord à gauche, puis à droite, la ration de charbon.

La machine est portée sur une plate-forme qui se déplace devant les fours, et se compose d'un cadre métallique à l'intérieur duquel sont logés les cylindres moteurs à air comprimé avec leur mécanisme et les leviers de manœuvre, tandis qu'à la partie supérieure est une trémie renfermant la quantité de charbon nécessaire à trois ou quatre fours. La cuiller remplie en ouvrant le tiroir de la trémie, est poussée dans la cornue, déversée à gauche, et ramenée à sa place initiale pour recommencer l'opération à droite; quatre leviers, placés dans la main du mécanicien, commandent ces manœuvres. La cuiller et son mécanisme sont mobiles dans le sens vertical, pour pouvoir atteindre les diverses rangées de cornues.

Le déchargement s'opère avec un crochet de même forme, mais plus robuste que les crochets à main. Il ne doit pas seulement entrer et sortir, il faut lui donner en outre les mouvements d'oscillation nécessaires pour ramener tout le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

coke sur la sole de la cornue. Ce résultat est obtenu mécaniquement, et le travail s'exécute beaucoup plus vite et au moins aussi bien qu'à la main. Pour protéger les organes de la machine les plus exposés au rayonnement de la cornue, on les arrose constamment avec un mince filet d'eau.

Machines Arrol-Foulis (*Angleterre*). — Les machines créées par M. Foulis, ingénieur des usines à gaz de Glasgow, avec la collaboration de la maison Arrol, de Glasgow, sont mues par l'eau sous pression, distribuée par une canalisation en fer avec prises et tuyaux flexibles.

Le chargement s'opère par l'introduction successive de fractions égales de la charge qui sont refoulées jusqu'au fond de la cornue; inversement, le déchargement s'effectue par l'extraction successive de tranches de coke depuis la bouche jusqu'au fond de la cornue. La machine, munie de la trémie de chargement pour le charbon, et montée sur un chariot, comporte deux cylindres horizontaux avec pistons actionnés par l'eau, et un cylindre vertical avec piston également actionné par l'eau. Les deux premiers, amenés en face de la cornue ouverte, y introduisent et en retirent le crochet à coke terminé à son extrémité par une griffe puissante; en répétant l'opération plusieurs fois et faisant chaque fois pénétrer davantage le crochet, on extrait complètement le coke en moins d'une minute. La cornue vidée, on fait couler de la trémie sur une plate-forme de 25 à 30 kilos de charbon, que les pistons poussent dans la cornue; en répétant l'opération, chaque quantité nouvelle refoule celle qui la précède vers le fond de la cornue; le chargement de 175 à 200 kilos ne demanderait pas une minute. Le piston hydraulique vertical permet de varier la hauteur des pistons hydrauliques horizontaux, suivant la rangée des cornues à atteindre.

Machines Borchardt (*Allemagne*). — Ce constructeur a adopté jusqu'à présent la transmission de force par câbles pour ses machines à charger et à décharger les cornues; on utilise un moteur établi en dehors de la halle des fours.

Le chargement se fait à la cuiller; mais celle-ci, suspendue à un rail, va se charger au magasin à charbon. L'introduction, le déchargement et la sortie de la cuiller s'exécutent mécaniquement, à l'aide de trois leviers de manœuvre, et le remplissage de la cornue a lieu d'un seul coup.

Pour le déchargement du coke, la nouveauté consiste dans l'emploi d'une cuiller qui est glissée entre la sole de la cornue et le coke, et retirée pleine; c'est de tout point l'inverse du chargement; mais il convient de se demander si la cuiller résiste longtemps à ce régime, ou s'il ne faut pas lui donner une épaisseur exceptionnelle qui ne facilite pas sa pénétration. Le coke est conduit ensuite dans la cuiller jusqu'au chantier d'extinction.

Machine à charger de Runge (*Allemagne*). — Dans ces machines, la cuiller n'a pas de fond circulaire; elle se compose de deux grands côtés ou joues, dont l'écartement est maintenu par des traverses; elle est ouverte à l'extrémité avant

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et fermée par une plaque pleine à l'extrémité arrière qui est reliée à la machine. Elle repose sur un chariot dont le plancher retient le charbon, et qui est actionné par une roue dentée et une crémaillère, tandis que la queue de la cuiller est commandée par une chaîne sans fin. Pour le chargement, le chariot, portant la cuiller pleine de charbon, est amené jusqu'à la bouche de la cornue où il s'arrête: la chaîne sans fin agissant sur la queue de la cuiller fait entrer celle-ci dans la cornue, et ensuite la retire par un simple renversement de marche. Le charbon tombe sur la sole, et il est refoulé à une distance convenable de la bouche par un tampon dont on règle la position dans la cuiller.

Machine à charger de Kammerling (Allemagne). — Cette machine rappelle, au moins en principe, celle qui a été imaginée par M. Garcenot, et essayée, en 1888, à l'usine à gaz de Belleville, à Paris.

La cuiller est à section rectangulaire, ayant largeur égale et longueur un peu supérieure à celle de la cornue, les parois latérales sont pleines, et le fond ou tablier est formé de lames métalliques fixées à deux chaînes sans fin courant de chaque côté à l'extérieur des parois. Cette cuiller remplie de charbon est amenée devant la cornue, et par le rapprochement du chariot qui la porte, elle est poussée jusqu'au fond; alors on retire la cuiller doucement, en même temps qu'on donne aux chaînes sans fin un mouvement d'avancement qui amène successivement les diverses parties du tablier métallique à déposer leur charbon sur la sole de la cornue.

Nous avons essayé de donner une idée des dispositions appliquées ou étudiées actuellement pour les machines à charger et à décharger les cornues. Un examen approfondi demanderait des explications interminables et de nombreux dessins, sans d'ailleurs qu'on puisse se prononcer définitivement sur la valeur pratique et les mérites relatifs des divers appareils (1).

Il reste à parler des fours à cornues inclinées pour en avoir fini avec les perfectionnements apportés au matériel de fabrication du gaz.

Fours à cornues inclinées. — Ce système de fours, présenté, en 1885, à Bordeaux, au Congrès de la Société technique de l'industrie du gaz, a été beaucoup étudié dans ces dernières années en Angleterre et en Allemagne.

En se reportant au dessin (fig. 4), on voit que le charbon fourni par le magasin est élevé au moyen d'une chaîne à godets jusqu'au réservoir d'alimentation. C'est là que viennent le prendre les trémies de chargement des cornues: trois trémies, dont les hauteurs respectives correspondent aux trois étages de cornues, peuvent assurer le service de six à neuf fours ou d'une soixantaine de cornues. A Vienne (Autriche), on a organisé au-dessus des fours un magasin

(1) On peut consulter à ce sujet un travail de M. Guéguen, paru dans le *Journal de l'Éclairage au Gaz*, et que nous avons nous-même mis à profit.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

continu, constamment approvisionné par une vis d'Archimède, et les trémies de chargement peuvent être alimentées en un point quelconque. D'une manière ou d'une autre, le chargement se fait par l'action de la pesanteur: le charbon tombe et se dépose sur la sole de la cornue dont l'inclinaison a été déterminée de manière à assurer une bonne répartition sur toute la longueur.

Quant au déchargement de la cornue, il suffit d'introduire une pince plate et de soulever légèrement le bas de la masse de coke, pour qu'elle glisse tout d'une pièce dans la brouette à coke, l'étouffoir ou l'entraîneur-extincteur, suivant le mode de transport employé.

A la suite de cet exposé, une question se présente naturellement: y a-t-il ou non avantage à substituer aux anciennes habitudes de travail les procédés mécaniques de chargement et déchargement des cornues, les fours à cornues inclinées, les uns et les autres avec un système d'entraîneur pour le coke? Sans donner une réponse catégorique, car il y a autant de cas distincts à examiner que d'usines, il est permis de présenter des observations générales en laissant au lecteur le soin d'en tenir le compte qu'il lui plaira.

La plupart des constructeurs, lorsqu'ils veulent faire prendre un appareil nouveau, s'acharnent à démontrer que son introduction se traduira par une économie et n'hésitent pas à aligner des chiffres à l'appui de leur thèse. Le client n'est pas insensible, en général, à cet argument; mais on en exagère l'importance au point d'oublier presque les avantages inséparables des procédés mécaniques. Les différents appareils dont nous avons parlé, sans avoir reçu la consécration définitive d'une longue pratique, ont été suffisamment employés les uns en Angleterre, les autres en Allemagne, d'autres en Angleterre et en Allemagne, pour qu'on puisse s'assurer *de visu* de leurs conditions de fonctionnement : avant de les appliquer, on aura une foule d'exemples pour s'instruire, et la décision à prendre dépendra à la fois des idées personnelles du chef de service, de l'organisation de l'usine à transformer et enfin, en France, du nombre d'années à courir jusqu'à l'expiration de la concession.

Il n'est pas douteux que les nouvelles méthodes destinées à réduire ou supprimer la main-d'œuvre de fabrication affranchissent l'ouvrier de la partie la plus pénible de son travail, mais réclament de lui plus d'intelligence; qu'elles donnent à l'usine le moyen de diminuer son personnel et d'exercer un contrôle plus complet de toutes les opérations, mais exigent des dépenses de premier établissement, d'exploitation et d'entretien peut-être très élevées.

L'avantage au point de vue de l'ouvrier est certain; au point de vue de l'usine, sans nous en rapporter aux chiffres cités pour des usines étrangères et souvent fort incomplets, nous serions porté à admettre que la question d'économie est secondaire, et en voici la raison.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

D'après les dépositions faites devant la Commission quinquennale de 1890 par les représentants de deux grandes compagnies de gaz, nous reproduisons dans le tableau suivant les dépenses de fabrication sur lesquelles peut influer l'emploi des dispositions mécaniques.

NATURE DES DÉPENSES PAR MÈTRE CUBE.	I.	II.
	Francs.	Francs.
Chauffage des fours.	0,0154	0,00677
Main-d'œuvre de distillation..	0,0140	0,00634
Frais accessoires..	0,0051	0,00138
Entretien des fours..	0,0068	0,00353
Entretiens divers..		0,00225
Ensemble.	0,0413	0,02027

Les économies sur le chauffage et l'entretien des fours seront insignifiantes : elles peuvent uniquement provenir de ce que le travail mécanique étant plus expéditif, la perte de chaleur sera moindre pendant le chargement et le déchargement des cornues. La seule réduction appréciable doit donc porter sur une dépense comprise entre 0 fr. 0077 et 0 fr. 0191 par mètre cube, et il ne nous paraît pas facile de trouver là matière à de gros bénéfices, surtout si les circonstances obligent à un amortissement rapide des frais de premier établissement.

Nous savons qu'on fait dire aux chiffres ce qu'on veut : aussi ne présentons-nous les nôtres que comme une indication, et non une preuve. Les procédés mécaniques donnent le moyen d'obtenir, avec un personnel moins nombreux et plus instruit, plus de régularité et plus de contrôle : il n'y a pas à leur chercher de meilleure recommandation.

En terminant cette revue des perfectionnements susceptibles d'être apportés au matériel de la fabrication du gaz, il convient de dire quelques mots de l'enrichissement du gaz et de la naphtaline.

En Angleterre, en Allemagne et aux États-Unis, on se préoccupe d'enrichir le gaz, c'est-à-dire d'augmenter le pouvoir éclairant ordinaire du gaz de houille, tandis qu'en France cette question nous laisse indifférents. D'après la plupart des traités de concession, les usines françaises sont tenues de fournir un gaz tel qu'une consommation horaire de 105 litres donne, dans un bec étalon Beugel, l'éclat d'une lampe Carcel brûlant par heure 42 grammes d'huile épurée de colza. Ce titre de 105 litres s'obtient facilement avec la houille de bonne qualité, en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ajoutant au besoin 1 à 2 p. 100 de cannel ou de boghead. A l'étranger, on exige souvent du gaz d'un pouvoir éclairant supérieur au nôtre, et, comme les houilles à gaz ordinaires ne le donnent pas, on a cherché à suppléer à leur insuffisance.

Les becs à incandescence dispenseraient bien d'enrichir le gaz puisqu'ils rendent, à égalité de consommation, de quatre à cinq fois plus de lumière que les becs ronds ordinaires, mais ils ont l'inconvénient d'économiser le gaz, et, lorsque celui-ci est vendu à bas prix, comme en Angleterre, on paraît préférer une augmentation des dépenses de matières premières à une réduction trop sensible de la consommation.

On peut enrichir le gaz suivant quatre méthodes différentes :

Par son mélange avec du gaz de cannel ou de boghead;

Par l'addition de vapeurs d'hydrocarbures, benzols, essences de pétrole;

Par l'addition de gaz d'huile, provenant de la distillation d'huile de schiste, de résidus de pétrole;

Par mélange avec du gaz à l'eau carburé.

Aux États-Unis, on se sert exclusivement de gaz à l'eau carburé, dont la fabrication est facilitée par le bon marché des essences et huiles brutes de pétrole; en Angleterre, il n'y a pas, pour le moment, de préférence marquée en faveur de l'une ou l'autre de ces méthodes, et, suivant les villes, on emploie le gaz de cannel, ou les essences de pétrole, ou le gaz d'huile, ou même le gaz à l'eau carburé au moyen d'huiles brutes ou de résidus de pétrole, dont il a été fait récemment quelques installations importantes; en Allemagne, c'est le benzol qui l'emporte.

Nous n'avons qu'à regarder faire nos voisins sans les imiter. Avec l'éclairage à incandescence par le gaz, une amélioration du pouvoir éclairant de quelques dixièmes de carcel est absolument illusoire, et notre gaz, au titre de 105 litres, répond à toutes les exigences, comme il est facile de s'en convaincre, pour l'éclairage public aussi bien que privé.

Débarrasser le gaz de sa naphtaline est un des problèmes que l'industrie du gaz n'a pas encore résolus, quoique le Conseil supérieur des Mines ait formulé un avis contraire, il y a une vingtaine d'années, sans indiquer d'ailleurs comment on devrait procéder.

La naphtaline prend naissance dans la cornue, passe à l'état de vapeurs dans le gaz, reste en très grande partie dans le goudron chaud du barillet et du collecteur, et est retenue un peu partout dans les canalisations et les appareils en raison de différences de température, ce qui n'empêche pas que le gaz en contient toujours une quantité suffisante pour donner lieu à toutes sortes d'ennuis dans les canalisations et branchements de ville. La supprimer complètement est impossible quand on opère sur des dizaines et des centaines de milliers de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mètres cubes par jour, et il faudrait la supprimer complètement pour être à l'abri de ses méfaits. Lorsque les vapeurs se condensent par refroidissement ou même par simple changement brusque de température, elle ne produit pas seulement une obstruction partielle par le foisonnement de ses cristaux; elle offre un point d'appui à la vapeur d'eau contenue dans le gaz et contribue largement à la formation de glaçons dans les conduites, pour peu que le froid soit vif et prolongé.

Pour combattre la naphtaline dans les canalisations, M. Bueb a imaginé d'introduire dans le gaz des vapeurs d'alcool, et a construit dans ce but un appareil très simple, que plus de vingt villes allemandes ont mis en service l'hiver dernier. L'alcool dissout la naphtaline et la met dans l'impossibilité de nuire : c'est du moins ce que l'expérience autorise à croire. La dépense d'alcool à 95° serait de 1 gramme par mètre cube de gaz pour des températures non inférieures à — 10° centigrades; si le froid était plus intense, il faudrait augmenter la quantité d'alcool d'un tiers ou de moitié, mais il est extrêmement rare que, dans notre pays, à la profondeur de 1 mètre, la température du sol descende au-dessous de — 10°.

A défaut de la suppression radicale de la naphtaline, il faut savoir se contenter de ce moyen de prévention; il faut surtout ne pas attendre au dernier moment pour l'essayer.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS CHIMIQUES

LE GAZOGÈNE *Mond* ET SES APPLICATIONS D'APRÈS M. **A. Humphrey** (1).

Ce gazogène emploie des charbons bitumineux bon marché, dont il recouvre 40 kilos de sulfate d'ammoniaque par tonne, en produisant un gaz excellent pour les moteurs; il fonctionne à une température assez basse pour ne pas décomposer l'ammoniaque ni agglomérer le charbon; il ne se produit pas de mâchefer. Cette basse température se maintient grâce à l'injection, avec l'air, d'un poids de vapeur surchauffée égal au double de celui du charbon brûlé. La majeure partie de cette vapeur traverse le gazogène sans se décomposer, mais, pendant sa condensation, l'on utilise sa chaleur

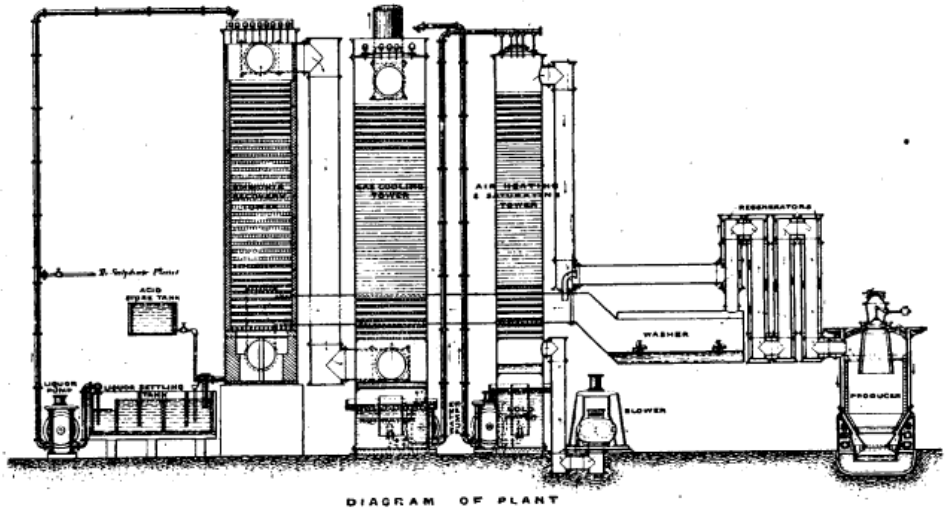


Fig. 1. — Gazogène *Mond*. Ensemble de l'installation de Northwich.

latente pour produire une nouvelle quantité de vapeur. Le gaz ammoniacal passe dans un absorbeur qui en recueille 70 p. 100 de l'azote contenu dans le charbon; la dépense de main-d'œuvre est très faible; il ne se produit pas de goudrons ni d'encrassement.

L'installation des usines de MM. Mond Brunner et C° à Northwich est représentée schématiquement par la figure 1. Le charbon versé directement des wagons de chemin de fer dans un grand bac, est distribué dans des trémies au-dessus des cloches de chargement des gazogènes à fermeture automatique. Le gazogène est en fer garni de briques réfractaires comme l'indique la figure 2. Ce charbon frais y pénètre par une longue cloche en fonte, où il subit une distillation partielle dont les goudrons se transforment en gaz permanent en traversant de haut en bas la zone chaude du gazo-

(1) *Institution of Civil Engineers*, London, 16 mars 1897.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

gène, au milieu duquel le charbon arrive ainsi débarrassé de ses goudrons. Les barraux de la grille tronconique sont appuyés et accrochés sur deux anneaux en fonte, et ne supportent qu'une partie du poids du combustible, dont l'autre repose sur le cône des cendres, qui baigne dans l'eau du cendrier. L'enveloppe de tôle du gazogène est double et forme une chemise traversée de haut en bas par le mélange d'air et de vapeur qui s'y échauffe et alimente le gazogène.

Du gazogène, les gaz passent au régénérateur ou échangeur de températures constitué par une série de doubles tubes verticaux, dont l'espace annulaire est traversé par le mélange d'air et de vapeur allant au gazogène et qui s'échauffe en refroidissant les gaz qui traversent les tubes centraux de l'échangeur suivant les flèches de la figure 1. De là, les gaz passent au laveur (*washer*) pourvu de balais tournants qui en dispersent l'eau en une pluie fine qui se vaporise en abaissant leur température à 90°, mais sans les saturer de vapeur, de façon que, lorsqu'ils arrivent à la tour d'acide, ils n'affaiblissent pas la liqueur acide par un dépôt de vapeur condensée. Le gaz traverse cette tour de bas en haut, en sens contraire d'une cascade de liqueur acide largement étalée par des chicanes en brique : cette liqueur ne renferme que 47 p. 100 d'acide sulfurique libre, le reste s'y trouve à l'état de sulfate d'ammoniaque. Sa circulation est commandée par une pompe en bronze et sa teneur entretenue par une substitution méthodique d'acide sulfurique dans le réservoir d'eau froide au bas de la tour et où puise la pompe de circulation.

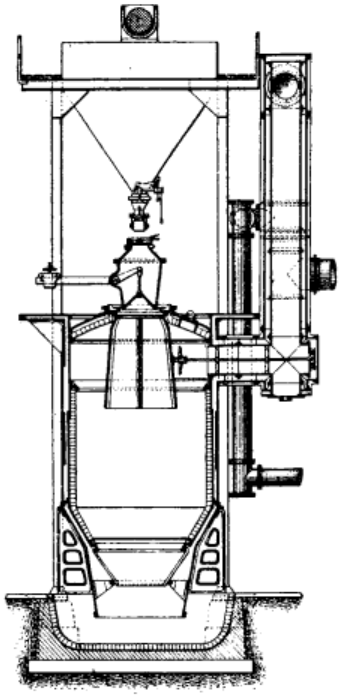


Fig. 2. — Gazogène *Mond*.

Le gaz ainsi dépouillé de son ammoniaque passe, du haut de la tour acide, au bas de la tour refroidissante, de $3^{m},60$ de diamètre, remplie de morceaux de bois, étalant sur une grande surface le courant d'eau froide qui descend cette tour et condense toute la vapeur dont le gaz est presque saturé à l'entrée de la tour. De cette tour, le gaz refroidi et lavé passe soit aux moteurs, soit aux foyers de l'usine, qui en consomme 720 000 mètres cubes par jour. L'eau qui sort chaude de la tour de refroidissement est pompée au haut d'une tour, où elle échauffe l'air envoyé au gazogène. Ses pompes, qui alimentent d'eau froide la tour de condensation et d'eau chaude celle du réchauffement de l'air, sont accouplées de manière à avoir toujours chacune le même débit, A. Northwitch, deux paires de ces tours suffisent pour desservir tous les gazogènes.

L'excédent de liqueur ammoniacale passe de la tour acide à un bac d'où, après avoir été neutralisée, on la vaporise dans des chaudières à serpentins en plomb, avec circulation de vapeur à $2^{kg},50$, jusqu'à cristallisation de la majeure partie du sulfate, essoré puis empaqueté pour la vente.

Le premier gazogène Mond, mis en marche en septembre 1893, a fonctionné sans réparation, même au garnissage, jusqu'en août 1896.

Essais aux usines de Winnington. — Ces essais ont été exécutés par M. Humphrey avec des consommations de 62, 82 et 94 tonnes de charbon par jour, celle de 82 tonnes

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

correspondant à la marche normale. Le charbon de Nottingham coûtait 7 fr. 50 la tonne et renfermait : eau, 7,3 p. 100, azote, 1,29; carbone, 67,88; soufre, 1,30; cendres, 7,57; matières volatiles à 100°, non compris le carbone, 14,66. La liqueur ammoniacale était maintenue à 35° Twaidle, correspondant à une teneur de 34 p. 100 de sulfate d'ammoniaque en poids, de sorte qu'il fallait vaporiser 2500 kilogrammes d'eau par tonne de sulfate cristallisé : on dépensait pour cela, d'après les essais, 5600 kilogrammes de vapeur. D'après ces essais, dont les résultats sont détaillés au tableau p. 1359, chaque tonne de charbon passée au gazogène exigeait 2500 kilogrammes de vapeur et 3000 kilogrammes d'air soufflés au travers de la grille à 250°; de cette vapeur, 1 tonne est fournie par les régénérateurs et 1 tonne et demie par l'échappement des machines à vapeur de l'usine. Il se décompose plus de 500 kilogrammes de vapeur au passage dans le gazogène, en produisant, par tonne de charbon, 4500 kilogrammes ou 48 000 mètres cubes de gaz à la pression et à la température atmosphériques : la puissance calorifique de ce gaz est égale aux 81 p. 100 de celle du charbon générateur, et il vaporisait, dans une chaudière Babcox Wilcox, sept fois le poids de ce charbon. Brûlé dans un moteur à gaz, il développe, par tonne de charbon, 2 166 chevaux-heures indiqués, au taux de $0^{k},456$ par cheval-heure, avec un rendement thermique de 23,8 p. 100. La dépense de vapeur est de $0^{t},242$ par tonne de charbon gazéifié. Le rendement du régénérateur tubulaire est de 81,9 p. 100, et celui de la régénération par l'eau de circulation de 72,07 p. 100 (tableau IV). Les avantages économiques de ce gaz sont chiffrés aux tableaux V et VI. La température de combustion atteint, avec de l'air et du gaz froids, 1150°, ou 76 p. 100 de la température théorique de 1 606°; avec les régénérateurs des fours de métallurgie, on a constaté des températures de 1 525°.

APPLICATIONS

On peut admettre que, pour le chauffage au gaz, $1^{t},1$ à $1^{t},2$ de menus brûlés au gazogène équivalent à 1 tonne de menus brûlés avec soin sur les grilles; mais si l'on tient compte de la facilité de régler exactement la combustion dans les foyers à gaz, cette perte s'annule largement en pratique. En outre, le chauffage au gaz procure une notable diminution de main-d'œuvre et aussi dans l'entretien des appareils évaporatoires, dont la durée s'est ainsi trouvée quadruplée aux usines Mond.

Le tableau VIII donne les résultats de l'application du gaz Mond au chauffage d'une chaudière à tubes d'eau Babcox Wilcox, dont on avait (fig. 3) remplacé la grille par une voûte en briques perforées de $1^{m},20$ de côté, placée au-dessus du tuyau de 380 millimètres qui lui amène le gaz. L'espace sous la grille sert de chambre de combustion; les trous de la voûte raccourcissent la flamme et complètent la combustion.

Le gaz Mond convient aussi, comme l'a montré M. Darby, pour la fabrication des meilleurs aciers au reverbère.

Des essais exécutés en 1894, avec un moteur Otto Crossley de 25 chevaux, ont donné une dépense de $0^{kg},450$ de menus bitumineux par cheval-heure indiqué, avec des rendements thermique de 23,8 p. 100 et organique de 71,4 p. 100 seulement, en raison de la compression très élevée ($7^{kg},5$) et de ce que le moteur ne faisait pas toute sa force. Les gaz d'échappement renfermaient 0,6 p. 100 CO et 1,7 p. 100 d'hydrogène, perte due principalement au fonctionnement défectueux du régulateur. Actuellement, cette machine actionne (fig. 4) une dynamo de 300 ampères 104 volts pour l'éclairage de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'usine. Le gaz lui arrive par deux épurateurs à sciure de bois de 1m,80 de diamètre, dont on renouvelle tous les ans la couche de sciure de 0m,20 d'épaisseur. Cet éclairage de 17000 bougies coûte 4 centimes par 1000 watt-heures.

L'installation de gazogènes Mond à récupération pour une puissance de 10000 chevaux coûterait 500000 francs; celle des moteurs à gaz, tableaux, dynamos, bâtiments, pour un éclairage correspondant, de 7000 chevaux électriques, coûterait 3 millions, et la dépense annuelle totale de marche nuit et jour ne dépassant pas 880000 francs, y compris un intérêt de 8 p. 100 du capital d'établissement, ce qui ramenait le kilowatt-heure à 1c,84 et le cheval-heure électrique à 1c,37. Si, au lieu de l'employer à faire de l'éclairage, on distribuait ce gaz à différents moteurs d'une usine, le cheval-heure indiqué reviendrait à 0c,86. En outre, on peut, en disposant les moteurs à gaz auprès des gazogènes, utiliser à la récupération la chaleur de leur échappement et de leur eau de refroidissement, équivalant à 70 p. 100 environ de celle du gaz qu'ils emploient.

Enfin, l'on pourrait établir dans le South Yorkshire ou le Midland d'immenses usines à gaz pour alimenter Lon-

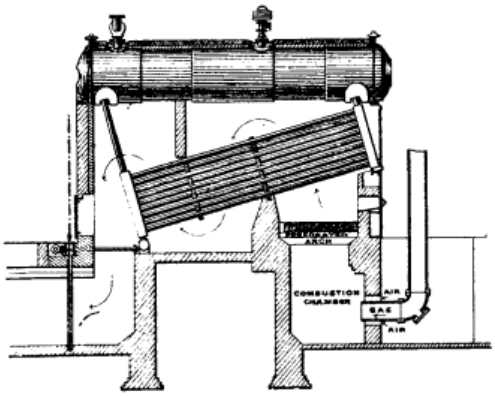
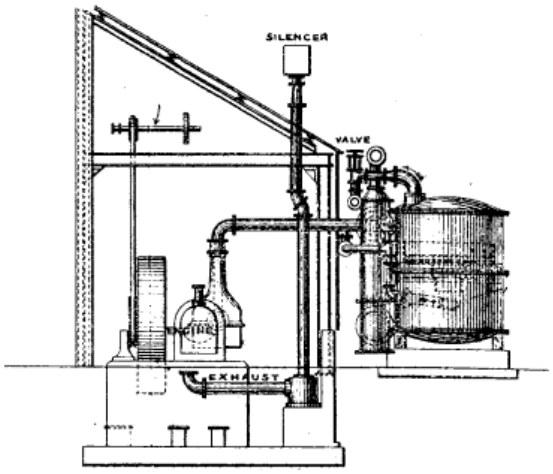


Fig. 3. — Gazogène *Mond*. Application au chauffage d'une chaudière *Babcox Vilcox*.



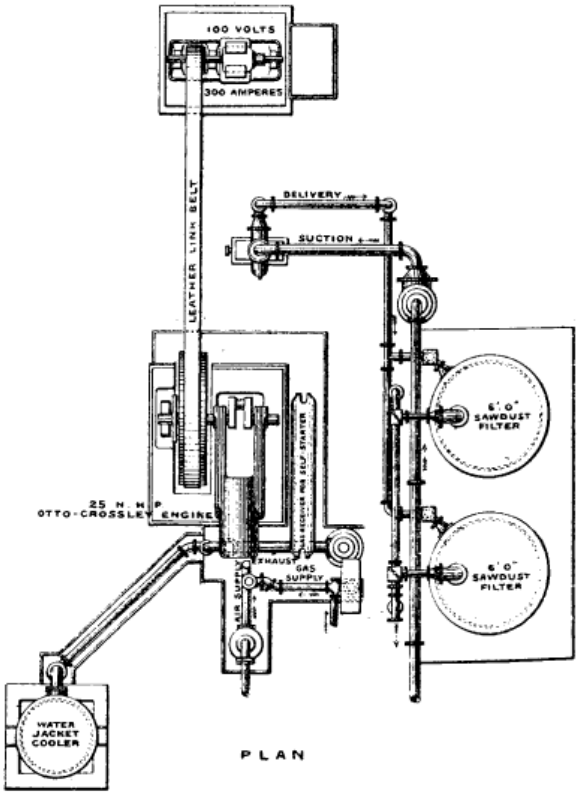


Fig. 4 et 5. — Gazogène *Mond*. Application à un moteur à gaz.

dres de chaleur et de force motrice à des prix avantageux et dans les conditions les plus confortables, notamment pour la suppression de la fumée. G. R.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU I. — ESSAI D'UN GAZOGÈNE MOND A RÉCUPÉRATION.

Durée de l'essai en marche normale..	3 jours.		Poids du mètre cube de gaz sec à 0°.	1^k,048	
Analyse du charbon en poids :			Poids du carbone renfermé dans 1 mètre cube de gaz saturé à 15°.	0^k,145	
Humidité à 100°.	7,3	p. 100	Chaque kil. de combustible gazéifié donne	4^{m3},596 de gaz saturé à 15°	
Azote.	1,29	—		4^{m3},518 — sec —	
Carbone total.	67,88	—		4^{m3},283 — — à 0°	
Soufre	1,30	—	Puissance calorifique du mètre cube de gaz sec à 0°	1 367 cal.	
Cendres.	7,57	—	Puissance calorifique en fonction de celle du combustible volatilisé.	81,02	p. 100
Matières volatiles à 100°, non compris le carbone	14,66	—	Eau de circulation dans les tours pour une consommation de 82 t. de charbon par jour :		
Analyse des cendres du gazogène (moyenne) :			Eau pompée par minute.	1^{m3},590	
Cendres sèches en poids.	85	—	Eau pompée par minute et par tonne de charbon.	19^l,4	
Carbone.	15	—	Puissance indiquée absorbée par les pompes et ventilateurs, par tonne de charbon volatilisée par jour. .	1^{ch},38	
Perte de carbone du combustible en cendres	1,33	—	Rendement en ammoniac :		
Carbone transformé en gaz.	66,55	—	Poids d'ammoniac (AzH_3) par unité de poids du combustible gazéifié	1,09	p. 100
Puissance calorifique du kil. de combustible en calories	7 225 cal.		Poids du sulfate d'ammoniac. . .	4,36	—
Composition moyenne du gaz saturé à 15° en volumes :			Combustible nécessaire pour produire une tonne de sulfate. . .	23 tonnes.	
Acide carbonique	16	p. 100			
Oxyde de carbone.	10	—			
Hydrogène	26	—			
Gaz des marais CH^4.	2,5	—			
Vapeur d'eau	1,7	—			
Azote.	43,8	—			
Poids du mèt. cube de gaz saturé à 15°.	0^k,991				

TABLEAU II. — DÉPENSE DE VAPEUR PAR TONNE DE COMBUSTIBLE GAZÉIFIÉ.

Poids de vapeur d'échappement ajouté à l'air insufflé	1 583 kil.	Vapeur totale dépensée par tonne de combustible gazéifié pour la fabrication du sulfate, au taux de 5^k,6 par tonne de sulfate.	224 kil.
Poids de combustible nécessaire pour produire cette vapeur	195 —	Dépense équivalente de combustible.	28 —
Calories renfermées dans cette vapeur à 85° et provenant d'eau à 15°. . .	976 600	Dépense totale de vapeur au gazogène et à l'absorbeur	1 710 —
Calories cédées à l'air par cette vapeur.	9 016		
Calories totales ajoutées au mélange.	985 616		

DÉPENSE SUPPLÉMENTAIRE DE CHARBON PAR TONNE DE COMBUSTIBLE VAPORISÉ.

Dépense supplémentaire totale aux gazogènes.	214 kil.	
Dépense supplémentaire totale à la fabrication du sulfate	28 —	
Dépense supplémentaire totale aux gazogènes et au sulfate.	242 —	ou 24,2 p. 100 de combustible gazéifié.

TABLEAU III. — THERMOMÉTRIE D'UN GAZOGÈNE MOND A RÉCUPÉRATION.

Gazogène, par tonne de combustible gazéifié :		Poids de vapeur admise.	2 598 kil.
Température de l'air et de la vapeur à l'entrée.	250°	— — décomposée . . .	673^k,20
Température du gaz et de la vapeur à la sortie	450°	— gaz sec produit.	4 490 kil.
Poids d'air admis.	3 165 kil.	— vapeur sortant	1 999 —
		— — provenant de l'humidité du charbon	74^k,16

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Chaleur de formation de l'acide carbonique produit	3 063 457 cal.
Chaleur de formation de l'oxyde de carbone	572 592 —
Total	3 636 049 cal.

Ou 49,53 p. 100 de celle du combustible.

Chaleur dépensée à porter 2 598 kil. de vapeur de 250° à 450°	246 800 cal.
Chaleur dépensée à transformer 74 kil. d'eau à 15° en vapeur à 450°	58 238 —
Chaleur dépensée à décomposer 673 kil. de vapeur à 450°	2 503 560 —
Chaleur dépensée à porter l'azote de l'air de 250° à 450°	118 400 —
Total	2 926 998 cal.

Ou 39,87 p. 100 de celle du combustible : pertes, 9,66 p. 100 } 49,53 p. 100

Régénérateur tubulaire :

Température de la vapeur et de l'air, entrée	85°
Temp. de la vapeur et de l'air, sortie	250°
Poids de l'air admis	3 165 kil.
— de vapeur admise	2 598 —
Température du gaz et de la vapeur, entrée	450°
Temp. du gaz et de la vapeur, sortie	280°
Poids de gaz admis	4 490 kil.
— de vapeur admise	1 999 —
Chaleur dépensée à porter le gaz de 450° à 280°	238 500 cal.
Chaleur dépensée à porter la vapeur de 450 à 280°	161 400 —
Total	399 900 cal.

égale à 5,448 p. 100 de la chaleur du combustible.

Chaleur absorbée par l'air porté de 85° à 250°	124 110 cal.
Chaleur absorbée par la vapeur portée de 85° à 250°	203 600 —
Total	327 610 cal.

égale à 4,46 p. 100 de la chaleur du combustible.

Rendement du régénérateur. . . 81.90 p. 100

Laveur mécanique :

Température du gaz et de la vapeur, entrée	280°
Température du gaz et de la vapeur, sortie	90°
Poids de gaz, entrée	4 490 kil.
— de vapeur, entrée	1 999 —
— — sortie	2 741 —
Poids de vapeur ajoutée par le laveur	742 1
Chaleur dépensée à refroidir le gaz de 280° à 90°	266 700 cal.
Chaleur dépensée à refroidir la vapeur de 280° à 90°	180 400 —
Total	447 100 cal.

ou 6,09 p. 100 de la chaleur du combustible.

Tour acide :

Température du gaz et de la vapeur, entrée	86°
Température du gaz et de la vapeur, sortie	82°
Liqueur acide portée de 79° à 82°.	
Chaleur cédée à refroidir le gaz	5 616 cal.
— — la vapeur	5 208 —
Perte totale	10 824 cal.

Nota. — Le gaz n'est jamais saturé dans le tour acide.

Tour de refroidissement :

Température du gaz et de la vapeur, entrée	82°
Température du gaz et de la vapeur, sortie	66°
Poids de gaz, entrée	4 490 kil.
— de vapeur, entrée	2 741 —
— — sortie	1 195 —
— — condensée	1 546 —
Température de l'eau, entrée	50°
— — sortie	80°
Chaleur dépensée à refroidir de 82° à 66° le gaz	22 450 cal.
Chaleur dépensée à refroidir de 82° à 66° la vapeur	20 830 —
Chaleur dépensée à condenser 1 546 kil. de vapeur à 66° en eau à 66°	833 300 —
Total	876 580 cal.

ou 11,94 p. 100 de la chaleur du combustible.

La température élevée de la saison empêchait de refroidir suffisamment le gaz; à 15°, par exemple, avec un gain de 767 655 calories ou de 10,46 p. 100 de la chaleur du combustible.

Chaleur employée à chauffer l'eau de circulation	838 080 cal.

ou 95,6 p. 100 de la chaleur du combustible.

Tour à réchauffer l'air :

Température de l'air, entrée	33°
— de la vapeur, sortie	73°
— de l'eau, entrée	80°
— — sortie	55°
Poids de l'air entré et sorti	3 165 kil.
Poids de vapeur hygrométrique dans l'air	11 —
Poids de vapeur sortie	1 015 —
Chaleur *absorbée* pour le chauffage de l'air de 33° à 73°	30 040 cal.
Chaleur absorbée pour la formation de la vapeur à 73°	601 895 —
Total	631 935 cal.

ou de 8.61 p. 100 de la chaleur du combustible.

Chaleur *cédée* par l'eau de circulation de 80° à 55°	648 400 cal.
Rendement de la tour	90,40 p. 100
Rendement total de la régénération par eau de circulation	72,07 —

1) Au lieu de 829 kil. si toute la chaleur dépensée avait été utilisée.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU IV. — BALANCE THERMIQUE DU GAZOGÈNE MOND.

Chaleur totale d'une tonne de charbon.	100 cal.	Chaleur de combustion du gaz produit.	81,02 cal.
Chaleur dépensée en vapeur d'échappement	13,43 —	Chaleur recouvrée au régénérateur tubulaire	5,45 —
Chaleur dépensée en travail des machines et pompes	0,29 —	Chaleur recouvrée dans la tour à air.	8,61 —
Chaleur dépensée en vapeur condensée.	1,37 —	Chaleur restant dans le gaz au-dessus de 15°	10,46 —
Total	115,09 cal.	Perte	9,55 —
		Balance	115,09 cal.

TABLEAU V. — PRIX DU FONCTIONNEMENT DU GAZOGÈNE MOND A RÉCUPÉRATION DE WINNINGTON.

Combustible à 7 fr. 70 la tonne.	
Prix de vente du sulfate d'ammoniaque (août 1896) à l'usine, net.	208 francs la tonne.
Pour produire 1 tonne de sulfate d'ammoniaque, il faut dépenser :	
23 tonnes de charbon au gazogène et, en tout, 28t,56, soit.	220 francs de charbon.
Salaires, au gazogène	15 30
— au sulfate, administration	1 95
— — ouvriers	24 55
Réparations, renouvellements	22 80
Gaz pour l'éclairage	4 85
Graissage	1 95
Acide sulfurique, 0t,95	30 60
Total pour 23 tonnes de charbon au gazogène	322 francs
Prix de vente du sulfate d'ammoniaque produit	208 —
Prix net du gaz produit par 23 tonnes de charbon	114 —
— — par mètre cube à 15°	0 cent. 12
— — par cheval-heure indiqué au moteur à gaz.	0 cent. 27

TABLEAU VI. — COMPOSITION ET PUISSANCE CALORIFIQUE DE DIFFÉRENTS GAZ.

	Gaz Mond avec charbon bitumineux.	Gazogène Siemens.	Dawson Anthracite.	Lencauchez Anthracite.	Solvay Four à coke.	Gaz naturel de Pittsburg.	Gaz d'éclairage.
	—	—	—	—	—	—	—
Hydrogène	24,8	8,6	18,73	20	56,9	22	48
Gaz des marais CH^4	2,3	2,4	0,31		22,6	67	39,5
Gaz $C_n H_{2n}$	0	0	0,31	4 (?)	3	6	3,8
Oxyde de carbone CO	13,2	24,4	25,07	21	8,7	0,6	7,5
Azote	46,8	59,4	46,98	49,5	5,8	3	0,5
Acide carbonique	12,9	5,2	6,57	5	3	0,6	0
Volume total	100	100	100	100	100	100	100
Gaz combustibles (total)	40,3	35,4	44,42	45	91,2	95,6	98,8
Théoriquement : Air nécessaire pour la combustion	112,4	101,4	113,2	154	410	806	581
Puissance calorifique par mètre cube (1).	1374	1195	1432	1845	4544	7932	6096

(1) Avec produits refroidis à 18°.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU VII. — RENDEMENT DE DIFFÉRENTS GAZOGÈNES.

	Puissance calorifique du gaz.		
	par mètre cube.	par kil. de carbone renfermé dans le gaz.	Rendement du gazogène.
Mond	1 367	8 627	0,810
Gazogène ordinaire	894	6 210	0,562
— modifié par Jenkin	1 311	7 750	0,712
Gazogène d'Odelsjerna (Akerman	1 549	8 110	0,754
Exemples cités par von Juptner	1 154	7 060	0,565
Gazogène Dawson, anthracite	1 321	7 540	
— — —	1 272	6 590	0,689
Wilson, menus	1 261	7 730	
— charbon de Durham	1 238	7 140	
— — —	1 314	7 420	0,702

TABLEAU VIII. — APPLICATION DU CHAUFFAGE AU GAZ MOND A UNE CHAUDIÈRE BABCOX-WILCOX.

	Avec du bon charbon menu.	Avec du gaz Mond.
Dôme de vapeur, diamètre	$6^{m},95$	$6^{m},95$
— — longueur	915^{m}	$1^{m},22$
Tubes à eau, nombre	63	81
— — diamètre	100^{mm}	100^{mm}
— — longueur	$5^{m},45$	$5^{m},45$
Surface de grille	$2^{m2},45$	$3^{m2},10$
— de chauffe totale	13^{m2}	17^{m2}
Charbon brûlé par m. car. de grille et par heure	136^{k}	
Vaporisation à 100° par kil. de charbon	7,49	7,46
Température des gaz au sortir des carnaux	315°	213°
Composition moyenne Co^2	15 p. 100	16,3
Portes fermées, Co	0,8 —	3,1
O	3 —	0

NOUVELLES EXPÉRIENCES SUR LA LIQUÉFACTION DU FLUOR.

NOTE DE **MM. H. Moissan** ET **J. Dewar.**

Nous avons eu l'honneur de présenter à l'Académie nos premières expériences sur la liquéfaction du fluor en mai 1897 (1). Nous indiquerons (2) dans cette note quelques expériences nouvelles sur ce sujet.

Liquéfaction du fluor. — Nos derniers essais de liquéfaction ont été poursuivis au moyen d'un appareil semblable à celui que nous avons décrit précédemment, c'est-à-dire formé d'un réservoir de verre soudé à un tube de platine et en contenant un autre plus petit à l'intérieur; seulement chacun de ces tubes de platine portait un robinet à vis, de telle sorte qu'il était facile, à un moment donné, d'éviter la communication soit avec l'air atmosphérique, soit avec le courant de fluor. Ce petit appareil était disposé dans un récipient de verre à double paroi, de forme cylindrique, et contenant l'air liquide. Ce récipient était en communication avec une pompe à vide d'une part, et avec un manomètre d'autre part.

1 *Comptes rendus de l'Académie des Sciences.* 11 octobre 1897.

2) *Bulletin* de juin 1897, p. 831..

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans une série d'essais préliminaires, on avait déterminé exactement les températures d'ébullition de l'oxygène liquide aux pressions indiquées par le tube manométrique.

Dans nos expériences précédentes, nous avions établi que le fluor ne se liquéfiait pas à la température d'ébullition de l'oxygène, à la pression atmosphérique.

Nous avons reconnu aujourd'hui que, en reproduisant la même expérience avec de l'air liquide récemment préparé, le fluor se liquéfiait aussitôt que ce liquide entrait en ébullition à la pression ordinaire.

Nous avons répété notre ancienne expérience, avec l'oxygène liquide comme réfrigérant, et en faisant le vide, nous avons constaté que la liquéfaction du fluor se produisait par l'évaporation de cet élément sous une diminution de pression de $0^m,325$ de mercure,

Nous pouvons déduire de ces deux expériences que la température d'ébullition du fluor est très voisine de — 187°.

Essais de solidification. — Lorsque la petite ampoule de verre a été remplie aux trois quarts de fluor liquide, nous avons fermé les deux robinets à vis, et nous avons produit l'ébullition rapide de l'air liquide qui servait de substance réfrigérante sous une diminution de pression de $0^m,725$. Dsns ces conditions, on atteint la température de — 210°. Le fluor n'a pas présenté trace de solidification; il a conservé une mobilité très grande.

Pour compléter cette expérience, il eût fallu produire l'ébullition rapide du fluor liquide ainsi obtenu; nous espérons y arriver dans des recherches ultérieures.

Lorsque l'on a répété plusieurs fois cet essai, il est arrivé un léger accident à l'un de nos petits appareils contenant le fluor : la vis ayant été faussée, l'air atmosphérique est rentré jusque dans l'ampoule de verre. Cet air s'est immédiatement liquéfié, et en peu d'instants, nous avons obtenu deux couches liquides superposées : la couche supérieure, incolore, était formée d'air liquide, et la couche inférieure, d'un jaune pâle, était du fluor.

Dans une autre expérience, afin d'être bien certain d'éviter toute rentrée d'air, le fluor a été amené, à l'état liquide, dans un tube de verre, puis l'extrémité du tube a été ensuite scellée à la lampe. Ce tube scellé, contenant le fluor liquide, maintenu longtemps à la température de — 210° (ébullition rapide d'une grande quantité d'air atmosphérique liquide), n'a pas donné trace de corps solide.

Densité du fluor liquide. — Pour déterminer la densité du fluor liquide, nous avons mis en contact avec ce corps un certain nombre de substances dont les densités étaient exactement connues. En choisissant des parcelles de matières dont les densités sont assez voisines les unes des autres, il est facile de voir celles qui surnagent ou qui tombent dans le liquide. Cette méthode détournée, connue depuis longtemps, du reste, était la plus commode pour ces expériences délicates. Nous avons tout d'abord commencé par nous assurer que le fluor liquide n'agissait pas sur les substances employées. Pour cela, nous avons placé un cristal de sulfocyanure d'ammonium (densité : 1,31) dans un tube de ver entouré d'air liquide en pleine ébullition. On a fait arriver ensuite un courant de gaz fluor, au fond du tube, au moyen d'un ajutage de platine.

Le fluor s'est liquéfié rapidement et le sulfocyanure d'ammonium n'a pas été attaqué. On a répété la même expérience avec un fragment d'ébonite ($D = 1,15$), de caoutchouc ($D = 0,99$), de bois ($D = 0,96$), d'ambre ($D = 1,14$) et d'oxalate de méthyle ($D = 1,15$). Il est important, dans ces expériences, que les diverses substances que nous venons d'indiquer soient maintenues un certain temps à la température de — 200°.

Dans un de nos essais, un fragment de caoutchouc ayant été insuffisamment refroidi, a pris feu à la surface liquide et a brûlé complètement avec un vif éclat, sans produire aucun dépôt de carbone (1).

Voici comment l'expérience a été conduite. Dans un tube de verre, fermé à l'une de ses extrémités et dont la partie inférieure a été légèrement étirée, on a placé des fragments des

(1) Le morceau de caoutchouc se déplace à la surface du fluor liquide comme un morceau de sodium sur l'eau en produisant une lumière d'une grande intensité.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cinq substances indiquées ci-dessus. Le tube a été plongé ensuite au tiers de sa hauteur dans l'air liquide en pleine ébullition. Lorsque le tout a été porté à une température voisine de — 200° on a fait arriver lentement le courant de fluor gazeux. Ce dernier n'a pas tardé à se liquéfier, et l'on a vu le bois, le caoutchouc et l'ébonite nager nettement à la surface du liquide jaune pâle. Au contraire, l'oxalate de méthyle est resté constamment au fond, tandis que l'ambre montait et descendait au milieu du liquide, paraissant avoir la même densité que lui. L'appareil a été agité plusieurs fois, on a augmenté la quantité de fluor liquide, les résultats ont toujours été les mêmes.

Nous pouvons conclure de cette expérience que la densité du fluor liquide est de 1,14.

Un autre point qui nous semble intéressant est le suivant :

Le petit fragment d'ambre qui nageait au milieu du fluor ne se distinguait plus qu'avec beaucoup de difficultés, ce qui semble indiquer pour le fluor liquide un indice de réfraction très voisin de celui des corps solides.

Dans une autre expérience, nous avons liquéfié du fluor dans un tube de verre gradué au préalable. On a alors scellé le tube qui avait été pesé avant l'expérience et on l'a abandonné à lui-même dans un vase rempli d'air liquide à la pression ordinaire. Une heure et demie après, le tube plongeant encore de $0^m,01$ dans l'air liquéfié, le fluor n'avait pas changé d'aspect. Mais, peu de temps après que l'air liquide se fut évaporé, une violente détonation s'est produite; le tube scellé et le récipient à double paroi qui le contenait ont été brisés et réduits en poussière. Ce tube scellé nous a démontré que le fluor liquide fournissait, de — 187° à — 210°, une diminution de volume de 1/14.

Spectre d'absorption. — On a examiné, au spectroscope, différents échantillons de fluor liquide, sur une épaisseur d'environ $0^m,01$, soit au moyen de tubes scellés, soit au moyen de notre petit appareil à condensation. Nous n'avons jamais observé de bandes d'absorption.

Magnétisme. — Le fluor liquide, placé entre les pôles d'un électro-aimant puissant, ne présente aucun phénomène magnétique. Ces expériences ont été d'autant plus nettes que nous les avons faites comparativement avec de l'oxygène liquide, ainsi que les précédentes. Elles ont été répétées plusieurs fois.

Capillarité. — La constante capillaire du fluor est plus faible que celle de l'oxygène liquide. Un tube capillaire, plongé comparativement dans le fluor, dans l'oxygène, dans l'alcool et dans l'eau, nous a donné les chiffres suivants :

Hauteur du fluor liquide	$3^{mm},5$
— de l'oxygène liquide	$5^{mm},0$
— de l'alcool	$13^{mm},0$
— de l'eau	$22^{mm},0$

Action de quelques substances sur le fluor liquide.

Hydrogène. — Du fluor liquide, maintenu dans un tube en verre, a été fortement refroidi par de l'air liquide amené à l'ébullition sous une faible pression. On a fait arriver alors à la surface du liquide jaune, au moyen d'un ajutage de platine, un courant lent de gaz hydrogène. Il y a eu combinaison immédiate avec production d'une flamme qui a illuminé le tube. L'expérience a été répétée en faisant tremper l'ajutage de platine au milieu du fluor liquide. A cette température de — 210°, la combinaison complète se produit encore, avec un grand dégagement de chaleur et de lumière.

Dans un autre essai l'appareil à hydrogène était terminé par un tube de verre effilé, trempant dans le fluor liquide. Lorsque la quantité de ce dernier corps a été suffisante, on a fait arriver lentement le courant d'hydrogène. La combinaison s'est produite instantanément et avec violence.

Essence de térébenthine. — L'essence de térébenthine congelée et refroidie à — 210° est attaquée par le fluor liquide.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pour réaliser cette expérience, on a placé une petite quantité d'essence de térébenthine au fond d'un tube de verre entouré d'air liquide en pleine ébullition. Aussitôt qu'une petite quantité de fluor s'est liquéfiée à la surface du carbure, la combinaison se produit avec un grand dégagement de lumière, explosion et dépôt de charbon.

Après chaque explosion, le courant de gaz fluor continuant à arriver lentement, une nouvelle quantité de fluor liquide se produisait et les détonations se succédaient à des intervalles de six à sept minutes. Finalement, après un intervalle un peu plus long, de neuf minutes, la quantité de fluor liquéfiée a été suffisante pour produire, au moment de la réaction, l'explosion violente de l'appareil (1).

Oxygène. — L'action de l'oxygène liquide a été étudiée avec beaucoup de soins parce que nous avions remarqué, dès nos premières recherches, qu'en faisant passer un courant de fluor dans l'oxygène liquide on obtenait un corps détonant.

Si l'on fait arriver dans un tube de verre le courant de fluor à la surface de l'oxygène liquide, le fluor se dissout en toutes proportions, en donnant une coloration jaune, formant une teinte dégradée de la partie supérieure du liquide à la partie inférieure. Le fond du tube est à peine coloré. Si au contraire, on fait arriver le fluor gazeux au fond de l'oxygène liquide, la couche jaune se produit à la partie inférieure et se diffuse lentement dans le liquide supérieur.

Ce phénomène tient à ce que les densités du fluor et de l'oxygène liquide sont très voisines.

Lorsque l'on a obtenu un semblable mélange d'oxygène et de fluor liquides, si on laisse la température s'élever lentement, l'oxygène s'évapore le premier. Le liquide se concentre de plus en plus en fluor, puis ce dernier entre en ébullition à son tour. En effet, au début de cette ébullition, le gaz qui se dégage rallume une allumette ne présentant plus qu'un point en ignition et ne porte pas le noir de fumée ou le silicium à l'incandescence. Au contraire le gaz qui se dégage à la fin de l'expérience enflamme instantanément ces deux corps. Lorsque l'ampoule de verre est complètement vide et lorsque sa température continue à s'élever, on perçoit tout à coup un dégagement brusque de chaleur et le verre se dépolit intérieurement. Cette élévation de température provient de l'attaque du ver par le fluor gazeux qui se trouvait à son contact. Il ne s'est produit, dans cette expérience, en employant de l'oxygène bien sec, aucun précipité. Si, au contraire. nous prenons de l'oxygène qui soit resté plusieurs heures au contact de l'air, le corps détonant, dont nous avons parlé dans notre précédente communication, se produit avec une grande facilité.

Dans un de nos essais, où nous avons cherché à produire une notable quantité de ce composé, nous avons eu une explosion assez forte qui a brisé le vase de verre dans lequel se faisait l'expérience.

En somme, le corps, qui s'est produit par l'action du fluor sur l'oxygène humide, semble être un hydrate de fluor décomposable, avec détonation, par une simple élévation de température.

Eau. — On a congelé et refroidi à — 210° une petite quantité d'eau au fond d'un tube de verre. Le fluor liquide a formé à la surface de la glace une couche mobile qui n'a pas réagi et qui s'est évaporée ensuite par une simple élévation de température. Dès que l'appareil s'est échauffé, le fluor gazeux restant a attaqué la glace avec énergie et l'on a perçu une odeur très forte d'ozone.

Mercure. — On a solidifié, au fond d'un tube de verre, un globule de mercure dont la surface était très brillante. Le fluor liquide a entouré ensuite le corps simple sans lui faire perdre son aspect et son poli. En laissant la température remonter jusqu'à — 187°, le fluor est entré en ébullition, le liquide a complètement disparu et l'attaque du métal par le gaz fluor ne s'est produite que quand l'appareil est revenu à une température voisine de celle du laboratoire.

(1) Dans plusieurs de nos expériences, nous avons laissé tomber par mégarde du fluor liquide sur le parquet; le bois s'est enflammé aussitôt.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Conclusions. — Le gaz fluor se liquéfie avec facilité à la température d'ébullition de l'air atmosphérique. Le point d'ébullition du fluor liquide est de — 187°. Il n'est pas soluble en toutes proportions dans l'oxygène et dans l'air liquide. Il n'est pas solidifié à — 210°. Sa densité est de 1,14, sa capillarité est moindre que celle de l'oxygène liquide; il n'a pas de spectre d'absorption; il n'est point magnétique.

Enfin à — 210°. il n'a pas d'action sur l'oxygène sec, l'eau et le mercure, mais il réagit encore, avec incandescence, sur l'hydrogène et l'essence de térébenthine.

SUR LA SÉPARATION ÉLECTROLYTIQUE DU NICKEL ET DU COBALT D'AVEC LE FER. APPLICATION AU DOSAGE DU NICKEL DANS LES ACIERS, PAR **M. O. Ducru** (1)

I. — La séparation rigoureuse du nickel et du cobalt d'avec de grandes quantités de fer présente des difficultés assez notables, et le grand nombre de méthodes publiées jusqu'à ce jour montre qu'aucune solution n'est réellement satisfaisante.

La principale difficulté vient de ce que le composé ferrique (hydrate, acétate basique, etc., etc.) entraîne toujours une proportion considérable des autres métaux en présence (Ni, Co, Mn, Cu, etc.); pour obtenir une séparation rigoureuse, on est dès lors amené à multiplier les précipitations, qui, en outre du temps qu'elles exigent, conduisent à des volumes de liquides tout à fait incommodes.

II. — Depuis quelques années, grâce à leurs propriétés spéciales, les aciers au nickel ont pris dans l'industrie une place importante. Une méthode rapide et précise pour la détermination du nickel dans ces alliages présente donc un certain intérêt. Dans sa magistrale étude sur les *Méthodes d'analyse des fers, des fontes et des aciers*, rédigée à la demande de la Commission des méthodes d'essai des matériaux de construction, M. A. Carnot donne, pour cette détermination, la préférence à la méthode de Rothe. Cette méthode, imaginée également en France par M. Hanriot, repose, comme on le sait, sur la séparation au moyen de l'éther du chlorure ferrique en solution acide. Dernièrement, M. Pinuera a modifié ce mode de séparation et emploie, à basse température, de l'éther saturé d'acide chlorhydrique (2).

III. — Il est facile d'arriver au même résultat au moyen de l'électrolyse, en s'appuyant sur la remarque suivante : si l'on précipite par l'ammoniaque en excès une solution ferrique contenant par exemple du nickel, une partie de ce métal reste en dissolution, tandis qu'une proportion notable est entraînée par l'hydrate ferrique (3). Toutefois, si l'on soumet à l'électrolyse la liqueur ammoniacale tenant en suspension le précipité, on peut obtenir sur la cathode le dépôt intégral du nickel. La séparation n'est pas absolument rigoureuse, car presque toujours une très petite quantité de fer se dépose également sur la cathode; mais dans des conditions convenables, cette quantité est à peu près constante : elle oscille aux environs de $0^{gr},001$ ou $0^{gr},002$, alors que le fer en présence peut atteindre $0^{gr},400$ ou $0^{gr},500$. Pour des expériences précises, il est donc nécessaire de faire une correction au poids du métal déposé, ce qui se fait très facilement par dissolution dans l'acide chlorhydrique, et après peroxydation, précipitation par l'ammoniaque.

IV. — L'emploi de la solution nitrique, qui, dans des conditions analogues, a permis à M. Riche (4) de séparer le cuivre du fer, présente certains inconvénients. Il en est de même de la solution chlorhydrique. On obtient de bons résultats en opérant sur la solution sulfurique, additionnée de sulfate d'ammoniaque. Voici le mode opératoire :

La solution contenant le nickel et le fer au maximum, additionnée, s'il y a lieu, d'un léger

(1) *Bulletin de la Société chimique de Paris*, 5 octobre 1897, p. 881.

(2) M. E. Pinuera, *Comptes rendus*, 1897, t. CXXIV, p. 124.

(3) Cette proposition s'élevait à 27 p. 100 pour le nickel, à 48 p. 100 pour le cobalt, dans les expériences rapportées par Baumhauer *Arch. néerlandaises*, 1870, t. VI : elle peut, dans certains cas, être encore plus considérable.

(4) *Ann. Chim. Phys.*, 5e série, tome XIII, p. 328; 1878.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

excès d'acide sulfurique, est évaporée à sec. On reprend par le moins d'eau possible, on ajoute 5 à 10 grammes de sulfate d'ammoniaque et l'on chauffe jusqu'à l'obtention d'une liqueur limpide. Cette liqueur est versée, en agitant, dans le creuset de l'appareil de M. Riche, dans lequel on a placé 60 à 70 centimètres cubes d'ammoniaque concentrée. On procède alors à l'électrolyse.

On emploie comme source d'électricité deux ou trois accumulateurs montés en tension, de manière à régler entre 1ª,5 et 2ª,5 environ l'intensité du courant de début (1). Dans ces conditions, en moins de quatre heures, le nickel est entièrement déposé.

V. — La méthode a été contrôlée au moyen de solutions titrées de fer et de nickel; voici quelques-uns des résultats obtenus :

	Fer.	Ni ajouté.	Métal déposé.	Correction (fer).	Ni retrouvé.	Différence.
	—	—	—	—	—	—
	mgr.	mgr.	mgr.	mgr.	mgr.	mgr.
N° 1.	404,2	29,8	30,8	1,0	29,8	0,0
— 2.	269,5	74,6	75,9	1,3	74,6	0.0
— 3.	269,5	149,2	150,1	0,8	149,3	+ 0,1

Le même procédé s'applique également au cobalt.

	Fer.	Co ajouté.	Métal déposé.	Correction (fer).	Co retrouvé.	Différence
	—	—	—	—	—	—
	mgr.	mgr.	mgr.	mgr.	mgr.	mgr.
N° 4.	401,2	62,5	63,4	1,9	61,5	— 1,0

VI. — *Dosage du nickel dans les aciers.* — On attaque 0ᵍʳ,250 à 0ᵍʳ,300 par l'eau régale, dans une capsule de porcelaine. L'attaque terminée, on ajoute 1 centimètre cube d'acide sulfurique et on évapore à production de fumées blanches. On continue ensuite comme ci-dessus. Voici les résultats obtenus dans l'analyse d'une série d'aciers dont la teneur en nickel variait de 1 à 50 p. 100 :

	Teneur approximative p. 100.	Prise d'essai.	Métal déposé.	Teneur approchée p. 100.	Correction.	Teneur corrigée p. 100.	Teneur vraie p. 100.
		mgr.	mgr.		mgr.		
N° 5.	1	256,5	3,1	1,21	0,35	1,07	1,00
— 6.	10	434,0	44,1	10,16	0,70	10,00	10,00
— 7.	20	297,5	59,7	20,10	1,10	19,75	20.00
— 8.	25	295,9	76,6	25,95	0,50	25,75	25,45
— 9.	50	230,7	114,8	49,80	0,35	49,40	49,57

Les résultats inscrits dans la colonne *teneur vraie* ont été obtenus par une série de précipitations par l'ammoniaque en grand excès jusqu'à ce que les solutions ne donnent plus la réaction du nickel par le sulfocarbonate de potassium; on opérait sur 1 gramme de métal. Il faut quatre ou cinq précipitations pour obtenir une séparation complète. Les solutions ammoniacales étaient réunies, évaporées et précipitées à l'ébullition par la soude caustique; le nickel était ensuite dosé électriquement par la méthode de Fresenius et Bergmann.

L'examen du tableau montre que, dans la pratique industrielle, il sera le plus souvent inutile de faire la correction; on obtiendra une approximation suffisante en comptant comme nickel le poids total du métal déposé; les résultats ainsi obtenus, inscrits dans la colonne *teneur approchée* sont exacts à moins de 0,5 p. 100 près (2).

(1) Soit 25 à 45 milliampères environ par centimètre carré pour la partie utile de la cathode, en supposant, comme première approximation, la densité du courant uniforme..

(2) Le cobalt, s'il en existe, est ainsi compté comme nickel, suivant l'usage industriel; la petite

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La détermination du nickel dans un acier à teneur quelconque peut ainsi s'effectuer en quelques heures.

VII. — L'expérience montre qu'il est inutile de séparer le silicium et le carbone; les petites quantités de manganèse (1) et de phosphore que renferment les aciers, non plus que la présence du chrome (2), n'empêchent pas l'emploi de la méthode, mais on retrouve à peu près constamment sur la cathode des traces de manganèse avec celles de fer. Pour obtenir une correction exacte, on précipite à la fois les deux métaux, en ajoutant, comme l'a indiqué M. A. Carnot, un peu d'eau oxygénée à la solution du métal déposé, sursaturant par l'ammoniaque et portant à l'ébullition. Comme les coefficients de transformation $\frac{Fe}{Fe^2O^3} = 0{,}700$ et $\frac{Mn}{Mn^3O^4} = 0{,}721$ sont assez voisins, on ne commet pas d'erreur appréciable en appliquant l'un quelconque d'entre eux à un poids d'oxydes d'environ $0^{gr},002$. C'est ainsi qu'ont été obtenus les nombres de la colonne *correction*.

VIII. — Il est naturel de penser que les minimes quantités de fer retrouvées sur la cathode sont dues à la réduction à son contact de l'hydrate ferrique en hydrate ferreux, soluble dans l'ammoniaque. Cependant on n'obtient aucun dépôt en électrolysant, dans les conditions indiquées, de l'hydrate ferrique seul. De plus, des électrolyses poursuivies pendant quatre heures ou seize heures ont donné les mêmes résultats.

D'autre part, si l'on additionne la solution ferrique de quantités notables de manganèse ou d'acide phosphorique, la proportion de fer déposé augmente considérablement et la méthode cesse d'être applicable. Il était donc permis d'incriminer les traces de manganèse que contiennent presque toujours les solutions ferriques : le manganèse changeant avec facilité d'état d'oxydation, principalement au voisinage des électrodes, aurait pu ramener à l'état ferreux un peu d'hydrate ferrique. Pour trancher la question, une solution ferrique a été préparée en décomposant par l'acide sulfurique du ferrocyanure de potassium purifié par cristallisation et précipitant le fer à l'état de sulfure : cette solution était parfaitement exempte de manganèse et d'acide phosphorique. C'est avec elle qu'ont été exécutées les expériences 1°, 2°, 3°, 4° ci-dessus, qui toutes ont donné un peu de fer.

Il est donc probable que la présence de traces de fer sur la cathode est due à une action secondaire de l'électrolyse, action qu'il sera peut-être possible par la suite d'élucider et d'éviter complètement.

IX. — Il y a lieu de remarquer que, quoiqu'en très minime proportion, le fer déposé sur la cathode se trouve à deux états différents : en dissolvant le métal déposé sur la cathode par l'acide chlorhydrique étendu et chaud, on obtient une solution qui renferme des traces de fer. D'autre part, il subsiste un très faible résidu noir qui ne s'attaque pas par l'acide chlorhydrique, même concentré, mais qui se dissout à l'ébullition, lorsqu'on ajoute un peu d'acide azotique. La solution dans l'eau régale de ce résidu noir donne les réactions des sels ferriques. La faible quantité que j'ai pu en obtenir ($0^{mgr},4$ au maximum) ne m'a pas permis d'en pousser plus loin l'étude.

J'ai enfin constaté qu'il suffit d'une très faible proportion d'acide chromique dans une solution ammoniacale de nickel pour empêcher le dépôt électrolytique du métal, qu'il y ait ou non du fer en présence. Je me propose de revenir ultérieurement sur ce point.

quantité de cuivre 1 à 2 millièmes) que renferment généralement les aciers au nickel est sans influence.

1. L'acier indiqué sous le n° 6 a donné : Mn. 0,52; Ph. traces.

2. L'acier porté sous le n° 7 contenait 2,80 p. 100 de chrome.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

SUR LES IMPURETÉS DES CUIVRES BRUTS. — NOTE DE **M. Schlagdenhauffen.**

1. En laissant séjourner de la limaille de cuivre (cuivre du Chili et cuivre anglais de première fusion) dans de l'eau, pendant plusieurs jours, traitant ensuite cette eau filtrée et légèrement acidifiée par un courant d'hydrogène sulfuré, j'ai été surpris d'obtenir un précipité jaune. L'opération faite au bain-marie m'a fourni un précipité jaune orange beaucoup plus abondant que le premier.

Si, après épuisement complet à l'eau, on traite les mêmes échantillons soit par de la potasse ou de l'acide chlorhydrique faible, on obtient, dans les deux cas, après filtration, acidification de la liqueur alcaline et traitement par l'hydrogène sulfuré, un précipité plus considérable de sulfure d'arsenic et de sulfure d'antimoine. Cette expérience bien simple prouve donc que les cuivres commerciaux renferment l'arsenic et l'antimoine sous forme d'acide arsénieux et d'oxyde d'antimoine.

2. Ce fait acquis, j'ai chauffé modérément dans un tube à analyse organique, en y faisant passer un courant d'acide carbonique, une autre partie de limaille et constaté, à la partie supérieure du tube, une sublimation d'aiguilles, d'octaèdres et de prismes orthorhombiques très brillants. Ces cristaux se dissolvent entièrement dans un mélange d'acide nitrique et d'acide chlorhydrique, et leur solution aqueuse, convenablement traitée par la mixture magnésienne, fournit un précipité abondant d'arséniate ammoniaco-magnésien. La liqueur filtrée, débarrassée de l'excès d'ammoniaque et légèrement acidifiée, donne alors un précipité orange par l'hydrogène sulfuré.

Cette expérience vient donc corroborer la première. Toutefois je ne m'avancerai pas au point de dire que ce n'est que sous la forme d'acide arsénieux et d'oxyde d'antimoine que ces impuretés sont contenues dans les cuivres bruts, puisque des expériences nombreuses prouvent qu'il n'en est pas ainsi.

3. Avec des échantillons d'autres provenances, j'ai obtenu des réactions non moins intéressantes que les premières. C'est ainsi que le traitement par l'acide azotique du produit sublimé dans un de mes tubes m'a fourni, à l'analyse, tous les caractères de l'acide sélénieux (précipité rouge par l'acide sulfureux et production d'un anneau rouge par la sublimation du résidu sec en présence du chlorure ammonique; les deux dépôts étaient solubles dans le sulfure de carbone).

C'est pour la première fois que, à ma connaissance du moins, cette impureté est signalée dans les cuivres bruts.

J'ajouterai enfin qu'un dernier échantillon, chauffé dans le tube à analyse, a fourni un sublimé sous forme de cristaux cubiques parfaitement nets. Il a été facile de démontrer dans la solution aqueuse, après dissolution dans l'acide azotique, la présence simultanée d'acide sulfurique et de plomb. Ces cristaux ne sont donc autres que du sulfure de plomb.

Ces faits n'étant signalés dans aucun traité d'analyse ou de métallurgie, je me propose de poursuivre ces réactions en faisant usage d'échantillons plus nombreux et d'origines variées.

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 18 octobre 1897.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

AGRICULTURE

RECHERCHES SUR LES QUANTITÉS DE MATIÈRES FERTILISANTES NÉCESSAIRES A LA CULTURE INTENSIVE DE LA POMME DE TERRE, PAR **M. Aimé Girard**, *membre du Conseil* (1).

Les données que la science agricole possède au sujet des quantités de matières fertilisantes nécessaires au développement de la pomme de terre sont, en face des progrès modernes de la culture, devenues insuffisantes. C'est principalement sur les recherches faites par Boussingault à Bechelbronn, il y a soixante ans, que ces données reposent; mais les récoltes d'aujourd'hui ne sont plus les récoltes d'autrefois; les exigences des variétés nouvelles à grand rendement et à grande richesse ne nous sont pas connues et c'est chose certaine, *a priori*, qu'entre les unes et les autres, à ce point de vue, comme au point de vue de la teneur en matières utiles, doivent exister des différences.

En présence du grand développement qu'a pris, depuis quelques années, la culture intensive de la pomme de terre, et pour éclairer les agriculteurs sur la question si importante des engrais que cette culture réclame, j'ai considéré comme utile de reprendre, dans son entier, la question de la détermination des quantités de matières fertilisantes enlevées au sol par la pomme de terre.

Pour que cette étude fût complète, j'ai pensé qu'elle devait comprendre deux parties distinctes, d'un côté la détermination des quantités de matières fertilisantes fixées par les tubercules récoltés, d'un autre une détermination toute semblable sur les touffes que développe la végétation aérienne de la plante.

De ces deux questions, la première est aisée à résoudre; il n'en est pas de même de la seconde, celle-ci présente des difficultés sur lesquelles je dois d'abord insister.

Une première fois, en 1892, j'ai entrepris cette étude. Choisissant, dans mes cultures, une dizaine de variétés, j'ai soumis à l'analyse, pour chacune d'elles, d'un côté, les tubercules, d'un autre, les touffes entières.

Cette manière de faire, — je l'ai reconnu depuis, — était défectueuse, pour deux raisons.

En premier lieu, c'est une faute que de mettre au compte des matières fertilisantes exportées, et en bloc, celles que contiennent les feuilles et celles que contiennent les tiges; en fin de campagne, en effet, si l'arrachage est retardé jusqu'au moment où la maturité des tubercules est complète, les tiges restent seules debout, toutes les feuilles desséchées sont tombées sur le sol et lui ont restitué les matières fertilisantes qu'elles avaient absorbées au cours de la végétation.

De là, pour obtenir le bilan exact de l'assimilation par la plante des matières fertilisant s, la nécessité de soumettre à la pesée d'abord, à l'analyse ensuite, d'un côté les tubercules, d'un autre les tiges effeuillées, d'un autre enfin, les feuilles elles-mêmes.

(1) *Comptes Rendus de la Société nationale d'Agriculture de France*, juin 1897.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En second lieu, c'est une question délicate que de savoir à quel moment de la végétation il convient de placer ces pesées et ces analyses.

A première vue, il semble qu'il faille le faire au moment où la végétation atteint son maximum et avant que le feuillage commence à se flétrir; c'est vers la fin d'août, en général, que ce moment se rencontre pour les variétés demi-tardives et tardives.

Des doutes, cependant, me sont venus à ce propos, et je me suis demandé si l'étude des tiges et des feuilles, faite à ce moment, ne conduirait pas à exagérer le poids des matières fertilisantes exportées. A partir de ce moment, en effet, les tubercules, je l'ai constaté par l'expérience directe, continuent à s'enrichir, non seulement en fécule, mais encore en matières minérales, et, par suite, j'ai été conduit à me demander si, dans cette circonstance, les feuilles et les tiges ne se dépouillent pas d'une partie des matières fertilisantes qu'elles avaient précédemment immobilisées pour les délivrer aux tubercules; si, en un mot, la teneur des tiges et des feuilles mortes en azote, en acide phosphorique et en potasse n'est pas, à poids égal de substance sèche, moindre que celle des tiges et des feuilles fraîches, cet amoindrissement étant, bien entendu, indépendant de celui qui peut résulter de l'intervention de la pluie.

C'est en 1893 que j'ai cherché à résoudre cette question délicate. L'été de cette année se prêtait singulièrement à la solution. On sait combien la sécheresse a été grande alors; à la ferme de la Faisanderie, à Joinville-le-Pont, depuis la fin d'août jusqu'au moment de la dessiccation complète des touffes, il n'est pas tombé une goutte d'eau, et, par suite, je n'ai pas eu à me préoccuper de l'influence que le lavage des feuilles mourantes par la pluie aurait pu exercer.

Dans de semblables conditions, la question se ramène à comparer entre elles, au point de vue de leur composition, d'un côté les feuilles et les tiges vertes au moment de leur développement maximum, d'un autre, les feuilles et les tiges alors que, mortes et desséchées, elles constituent le résidu de la végétation.

Pour faire cette comparaison, c'était chose indispensable que de récolter ces dernières aussitôt leur dépérissement, de façon à les soustraire à l'action des agents atmosphériques qui en auraient pu modifier la composition.

Dans ce but, j'ai, à la fin d'août et sur quatre variétés, opéré de la manière suivante :

Pour chacune de ces variétés, trois pieds ont été choisis parmi les plus vigoureux de la pièce et les touffes coupées au ras du sol; puis les feuilles et les tiges de chaque touffe ont été séparées à la main, pesées et enfin soumises séparément à l'analyse chimique.

Dans la même pièce et au voisinage de ces trois pieds, trois autres ont été choisis ensuite, parmi les plus vigoureux également, aussi semblables que possible aux premiers, et chacun d'eux a été marqué d'un piquet et numéroté. A chacun des douze pieds ainsi marqués, un petit sac de toile, soigneusement étiqueté, a été individuellement affecté, et tous, à partir de ce moment, ont été l'objet d'une surveillance attentive. Deux ou trois fois par semaine, suivant les circonstances, les uns et les autres étaient visités, l'état des feuilles attentivement vérifié, et de chaque pied, immédiatement, on détachait, pour les loger dans le sac correspondant, les feuilles dont la dessiccation annonçait le dépérissement.

La cueillette des feuilles a été ainsi continuée jusqu'à ce que, toutes ayant péri, les tiges mortes restassent seules absolument nues au-dessus des tubercules. Ces tiges sèches ont été alors coupées au ras du sol comme l'avaient été précédemment les touffes fraîches.

J'ai eu ainsi, entre les mains, les feuilles et les tiges, d'un côté des touffes en pleine végétation, d'un autre, des touffes mortes.

Les unes et les autres ont été alors séchées à 100° puis soumises à l'analyse dans le but de déterminer leur teneur en azote, en acide phosphorique et en potasse.

Sur les procédés à l'aide desquels cette analyse a été exécutée, il est inutile d'insister; je me contenterai d'indiquer qu'après avoir séché feuilles et tiges à 100°, de façon à établir la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

comparaison sur des produits amenés préalablement au même état, la teneur en azote a été déterminée par le procédé Kjeldahl, l'acide phosphorique dosé à l'état de phosphate ammoniaco-magnésien, la potasse enfin à l'état de chloroplatinate de potassium.

En opérant ainsi sur quatre variétés différentes, j'ai obtenu, pour 100 grammes de matière séchée à 100°, les proportions suivantes des trois éléments fertilisants :

		Feuilles récoltées.		Tiges récoltées.	
		vertes.	mortes.	vertes.	mortes.
Athènes.	Azote	3,83	4,15	2,83	2,38
	Acide phosphorique	0,72	0,54	0,38	0,08
	Potasse	3,30	2,46	2,89	2,82
Gelbe rose.	Azote	3,27	2,66	2,63	1,26
	Acide phosphorique	0,33	0,30	0,31	0,05
	Potasse	3,70	2,42	5,26	3,38
Charolaise.	Azote	3,45	3,17	2,03	2,69
	Acide phosphorique	0,79	0,53	0,53	0,25
	Potasse	5,15	3,36	8,64	6,76
Institut de Beauvais.	Azote	2,99	2,71	2,41	1,96
	Acide phosphorique	0,49	0,34	0,28	0,10
	Potasse	3,99	2,99	5,45	4,15

En étudiant les nombres qui précèdent, il est aisé de reconnaître, qu'au dépérissement de la touffe, correspond la disparition d'une partie des éléments fertilisants logés dans le tissu des feuilles et des tiges; sur les 24 résultats que ces nombres traduisent, deux fois seulement, une fois pour l'azote, une fois pour la potasse, des exceptions se sont produites, et c'est, à coup sûr, à quelque accident d'échantillonnage ou d'analyse que ces exceptions doivent être attribuées; la concordance des 22 autres résultats autorise à considérer le phénomène comme constant.

Peu importante le plus souvent pour l'azote et l'acide phosphorique, en ce qui regarde les feuilles, peu importante également pour l'azote en ce qui regarde les tiges, la diminution devient considérable, au contraire, pour la potasse en ce qui regarde les feuilles et les tiges; en certaines circonstances, elle dépasse le tiers des proportions constatées dans les touffes fraîches; elle dépasse la moitié, en ce qui concerne l'acide phosphorique primitivement contenu dans les tiges.

Dans les circonstances ordinaires, le remarquable phénomène que je viens de faire connaître pourrait être expliqué par l'action des pluies, mais, comme je l'ai fait remarquer déjà, les conditions météorologiques de 1893 obligent à écarter cette explication; pendant la durée entière de l'observation et de la récolte des feuilles, il n'est pas tombé à Joinville une seule goutte d'eau.

Il faut donc recourir à une autre hypothèse et admettre, qu'à la fin de la végétation, une partie des matières fertilisantes contenues dans les tiges et dans les feuilles émigre vers les tubercules en même temps que les hydrates de carbone générateurs de fécule.

De là, la nécessité absolue de réserver spécialement à l'analyse les feuilles et les tiges récoltées au moment de leur dépérissement; à l'analyse des feuilles et des tiges fraîches correspondraient, en effet, des dosages trop élevés.

C'est en 1894, qu'éclairé par les recherches précédentes, j'ai entrepris la détermination des quantités de matières fertilisantes consommées tant par la végétation souterraine que par la végétation aérienne de la pomme de terre et par conséquent le poids de ces matières exporté par les produits de la culture. Cette détermination, afin de lui donner autant de généralité que possible, a porté sur huit variétés, les unes hâtives comme l'Institut de Beauvais, la Gelbe

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rose et la Charolaise, les autres demi-tardives ou tardives comme la Red Skinned, l'Idaho, la Chardon, la Richter's Imperator et la Géante bleue.

Étude des tubercules. — Cultivées par moi, à la ferme de la Faisanderie, à Joinville-le-Pont, pendant dix années consécutives, les variétés que je viens de nommer ont, pour les dix récoltes correspondantes, fourni, d'une année à l'autre, des rendements souvent très différents. Conduites à toute époque d'après la même méthode, recevant les mêmes labours, les mêmes engrais, etc., mais placées sous la dépendance des condilions météorologiques de l'année, les cultures ont montré des variations qui, quelquefois, se sont élevées du simple au double.

Parmi ces rendements, ce sont, évidemment, les rendements maxima que j'ai dû choisir pour fixer les quantités maxima également, de matières fertilisantes exportées par la récolte des tubercules; les rendements moyens, en effet, n'eussent pas fait connaître la limite des exigences de la pomme de terre.

J'indique ci-dessous quels ont été, à la ferme de la Faisanderie, ces rendements maxima, en quelle année ils ont été obtenus et quelle a été, pour la campagne citée, la teneur en fécule des tubercules récoltés :

Richter's Imperator.	35,000 kil.	à 20,5	p. 100	en 1895.
Géante bleue.	35,000 —	à 11,85	—	en 1892.
Red Skinned.	31,400 —	à 17 »	—	en 1887.
Idaho..	35,700 —	à 17,3	—	en 1890.
Institut de Beauvais..	26,600 —	à 13,7	—	en 1893.
Charolaise..	28,400 —	à 15,1	—	en 1893.
Chardon..	31,200 —	à 13 »	—	en 1887.
Gelbe rose.	29,100 —	à 16 »	—	en 1888.

Ce sont là de grands rendements en poids auxquels ne correspond pas toujours, malheusement, une richesse proportionnelle en matières sèches; de là la nécessité de tenir compte de l'hydratation des tubercules et de faire porter l'estimation des matières fertilisantes consommées par ceux-ci sur la matière préalablement desséchée à l'absolu.

Découpés en cossettes, les tubercules de ces huit variétés ont été, avec précaution, séchés à 100° et leur teneur en eau ainsi déterminée.

En tenant compte de l'espacement adopté pour la plantation (0m,60 sur 0m,50), et qui correspond au nombre de 33,000 poquets environ à l'hectare, j'ai pu alors déterminer le poids de tubercules secs récolté à chaque poquet et récolté également sur un hectare de terrain; ces poids sont indiqués dans le tableau suivant :

	Poids de tubercules frais au poquet.	Eau p. 100.	Poids de tubercules secs. au poquet.	Poids de tubercules secs. à l'hectare.
	—	—	—	—
	kil.		kil.	
Richter's Imperator.	1,060	79,1	0,221	7 296
Géante bleue..	1,060	80,8	0,203	6 699
Red Skinned	0,951	80,3	0,187	6 171
Idaho.	1,082	79,6	0,221	7 296
Institut de Beauvais.	0,806	83,5	0,133	4 389
Charolaise..	0,860	79,1	0,180	5 940
Chardon..	0,945	80,9	0,187	6 171
Gelbe rose..	0,881	78,9	0,186	6 138

Aux cossettes desséchées à 100° de ces huit variétés, on a appliqué alors la méthode d'analyse précédemment indiquée et, dans les tubercule de chacunes d'elles, on a constaté

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la présence, *par kilogramme de tubercules secs*, des quantités ci-dessous des matières fertilisantes :

	Azote.	Acide phosph.	Potasse.
	—	—	—
	gr.	gr.	gr.
Richter's Imperator	15,40	3,82	25,19
Géante bleue	15,96	3,97	30,46
Red Skinned	18,48	3.52	31,68
Idaho	16,24	3,80	26,72
Institut de Beauvais	21,84	4,46	33,61
Charolaise	18,48	3,58	27,83
Chardon	17,36	5,54	32,83
Gelbe rose	19,88	3.85	28,22

C'est, on le voit, dans les limites peu étendues que varie, en général, le pourcentage de matières fertilisantes constaté par l'analyse dans les cossettes desséchées des huit variétés de pommes de terre sur lesquelles j'ai fait porter cette étude; cependant, lorsqu'on applique ce pourcentage aux poids de tubercules récoltés à l'hectare, on voit apparaître, chez ces huit variétés, des exigences notablement différentes; à la récolte totale correspondent alors, par hectare, les chiffres de consommation suivants :

	Azote.	Acide phosph.	Potasse.
	—	—	—
	kil.	kil.	kil.
Richter's Imperator	112,3	27.87	183.8
Géante bleue	106.9	26,59	204.0
Red Skinned	114,0	21,72	195,5
Idaho	118,5	27,72	194.9
Institut de Beauvais	95,8	19,57	147,5
Charolaise	109,8	21,26	165,3
Chardon	107,1	24.30	202,6
Gelbe rose	122.»	23.63	173.2

Ce sont là des quantités considérables qui, dès à présent, conduisent à ranger la pomme de terre parmi les plantes les plus exigeantes en azote et en potasse. Sur l'importance de ces quantités, je n'insisterai pas cependant pour le moment; c'est seulement lorsque, de même, les quantités de matières fertilisantes contenues dans les feuilles et dans les tiges auront été déterminées, qu'en examinant la question dans son ensemble, il conviendra de s'y arrêter.

Étude des touffes. — La première difficulté rencontrée au cours de cette étude devait être la détermination du poids représentant le développement maximum de la touffe, et la répartition du poids de cette touffe entre les feuilles et les tiges dont elle est formée.

C'eût été s'exposer à des erreurs graves que d'adopter, d'une manière générale, et pour toutes les variétés, le poids constaté pour la touffe au cours d'une campagne unique. Les conditions météorologiques exercent, en effet, sur les unes et sur les autres, une influence quelquefois très différente, et l'on voit, pour une même campagne, la végétation de certaines variétés atteindre un développement considérable, alors que d'autres variétés, à côté de celles-ci, restent inférieures à ce qu'elles fussent devenues sous l'influence de conditions différentes.

Aussi, préoccupé comme j'ai dû l'être en entreprenant ces recherches, de reconnaître les quantités maxima de matières fertilisantes que la pomme de terre peut, dans les circonstances qui la favorisent le plus, immobiliser dans ses diverses parties, ai-je dû, pour fixer le poids maximum de la touffe des huit variétés étudiées, envisager à la fois les résultats constatés à la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

suite de plusieurs campagnes (1892, 1893, 1894 et 1895). Laissant de côté alors les pieds de dimensions exceptionnelles, que l'on rencontre quelquefois dans les cultures soignées, j'ai fait porter mon choix en dehors de ceux-ci sur les touffes le plus régulièrement développées et dont la végétation était la plus belle.

Les pesées, d'ailleurs, ont toujours eu lieu sur un nombre de touffes assez grand pour qu'il fût possible de considérer la moyenne de ces pesées comme représentant la normale du maximum.

En opérant ainsi, j'ai été conduit à adopter, comme poids maximum d'une touffe, pour chacune des huit variétés étudiées, les nombres ci-dessous, nombres qui ensuite ont été appliqués aux 33 000 poquets que comporte un hectare à l'espacement de $0^m,60$ sur $0^m,50$.

	Poids des touffes.	
	par pied.	par hectare.
	kil.	kil.
Richter's Imperator	1,10	36,300
Géante bleue	0,800	26,400
Red Skinned	0,750	24,750
Idaho	0,745	24,585
Institut de Beauvais	0,723	23,859
Charolaise	0,714	23,562
Chardon	0,680	22,440
Gelbe rose	0,650	21,450

Après avoir ainsi déterminé le poids maximum des touffes développées pour chacune de ces huit variétés, je me suis attaché à reconnaître les proportions relatives des feuilles et des tiges fraîches dont chacune d'elles était composée; pour la plupart des variétés, ces proportions se sont traduites par des chiffres très voisins les uns des autres, pour quelques-unes cependant, elles ont présenté des différences trop marquées pour qu'on les puisse négliger.

En outre, et pour pouvoir, ensuite, avec plus de précision, établir la composition des diverses parties de la touffe, j'ai, pour chacune des variétés, déterminé l'état d'hydratation des tiges et des feuilles.

Les proportions relatives des tiges et des feuilles par rapport à 100 de touffe, vérifiées à plusieurs reprises, ainsi que l'état d'hydratation des unes et des autres, correspondent aux chiffres ci-dessous :

	Feuilles.		Tiges.	
	Poids p. 100 de touffe.	Eau p. 100 de feuilles.	Poids p. 100 de touffe.	Eau p. 100 de tiges.
Richter's Imperator	40	85,40	60	89,37
Géante bleue	34	76,00	66	89,64
Red Skinned	38	83,60	62	80,19
Idaho	43	81,32	57	90,82
Institut de Beauvais	39	79,36	61	90,47
Charolaise	45	85,6	55	91,16
Chardon	40	82,65	60	93,58 (1)
Gelbe rose	38	78,31	62	89,57

(1) La grande hydratation des tiges de la variété Chardon, qui paraît anormale, s'est vérifiée pour trois campagnes différentes (1892-1894-1896).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Rapportées aux poids de touffes précédemment fixés, les proportions ci-dessus conduisent à admettre les proportions suivantes, en poids, des feuilles et des tiges formant les touffes vertes de chaque variété :

	Par touffe.		A l'hectare.	
	feuilles.	tiges.	feuilles.	tiges.
	—	—	—	—
	kil.	kil.	kil.	kil.
Richter's Imperator	0,440	0,660	11 520	21 780
Géante bleue	0,272	0,528	8 976	17 424
Red Skinned	0,285	0,165	9 105	15 345
Idaho	0,320	0,425	10 560	11 025
Institut de Beauvais	0,282	0,441	9 306	11 553
Charolaise	0,321	0,393	10 593	12 969
Chardon	0,272	0,408	8 976	13 161
Gelbe rose	0,247	0,403	8 151	13 299

Tels sont les poids de feuilles et de tiges vertes que développe, à chaque poquet et sur chaque hectare cultivé, la végétation de chacune des huit variétés dont j'ai entrepris de déterminer la capacité de consommation vis-à-vis des matières fertilisantes.

Ces poids de tiges et de feuilles sont beaucoup plus considérables qu'on ne l'avait cru jusqu'ici; en outre, ils sont très différents d'une variété à l'autre; c'est ainsi, par exemple, qu'on voit le poids des feuilles et des tiges de la Gelbe rose inférieur d'un bon tiers au poids des feuilles et des tiges de la Richter's Imperator.

Pour établir, cependant, le compte des quantités de matières fertilisantes empruntées au sol par ces huit variétés, il ne m'a pas semblé prudent de prendre, comme point de comparaison, les poids de feuilles et de tiges vertes qui viennent d'être déterminés pour chacune d'elles; des conditions météorologiques spéciales à chaque campagne, en effet, peuvent déterminer dans l'état d'hydratation des unes et des autres des différences notables, et c'est sur le poids des feuilles et des tiges séchées à 100° qu'il convient de faire reposer la détermination des quantités d'azote, d'acide phosphorique et de potasse absorbées par les touffes de la pomme de terre.

Si, d'ailleurs, on attribue aux feuilles et aux tiges vertes l'état d'hydratation moyen ci-dessus indiqué, on retombe, pour le poids du produit sec, sur des chiffres sensiblement égaux à ceux qu'a fournis en 1894 la pesée directe des feuilles et des tiges qui, après avoir été récoltées au jour le jour sur les touffes qui commençaient à faner, ont été ensuite séchées à 100°.

On est ainsi conduit à considérer les touffes des huit variétés mises en expérience comme formées d'une quantité de feuilles et de tiges qui, après dessiccation à 100°, représentent les poids suivants au poquet et à l'hectare :

	Par poquet		A l'hectare	
	feuilles.	tiges.	feuilles.	tiges.
	—	—	—	—
	gr.	gr.	kil.	kil.
Richter's Imperator	64	70	2 112	2 310
Géante bleue	65	55	2 145	1 815
Red Skinned	47	46	1 551	1 518
Idaho	50	39	1 650	1 287
Institut de Beauvais	58	42	1 914	1 386
Charolaise	46	35	1 518	1 155
Chardon	47	26 [1]	1 551	0 858 [1]
Gelbe rose	53	42	1 749	1 386

1. C'est à la grande hydratation des tiges de la variété Chardon qu'est due la faiblesse de ce chiffre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

C'est sur les feuilles et sur les tiges récoltées comme je l'ai précédemment indiqué, au fur et à mesure de leur dépérissement et après les avoir, ainsi qu'il vient d'être dit, séchées à 100°, que j'ai fait porter l'analyse.

J'ai ainsi obtenu, par kilogramme de feuilles séchées à 100° et pour chacune des huit variétés étudiées les poids suivants d'azote, d'acide phosphorique et de potasse :

	Azote.	Acide phosph.	Potasse.
	gr.	gr.	gr.
Richter's Imperator	33.13	5,78	39,67
Géante bleue	31,26	5.78	39.67
Red Skinned	25,20	4,91	39,30
Idaho	34,53	4,91	44,14
Institut de Beauvais	34.06	5,13	33,91
Charolaise	29.86	4,55	30,05
Chardon	36,40	5,14	50,85
Gelbe rose	27,06	5.37	35,99

Appliquées aux poids de feuilles sèches développées à l'hectare, ces teneurs correspondent à une consommation de :

	Azote.	Acide phosph.	Potasse.
	kil.	kil.	kil.
Richter's Imperator	70,00	11,06	78,50
Géante bleue	67,05	12.40	85.09
Red Skinned	39,08	7.67	60,95
Idaho	56,97	8.10	72.83
Institut de Beauvais	65,19	9.82	64,90
Charolaise	45.32	6,90	45,61
Chardon	56,45	7,97	78,86
Gelbe rose	47,32	9,39	62,94

L'analyse des tiges a, dans les mêmes conditions, donné, par kilogramme de tiges séchées à 100°, les nombres ci-dessous :

	Azote.	Acide phosph.	Potasse.
	gr.	gr.	gr.
Richter's Imperator	13,10	1.54	42,94
Géante bleue	18,55	2,94	57.15
Red Skinned	19.95	2.30	54,54
Idaho	18,90	2,66	53,84
Institut de Beauvais	17,85	2,10	64,73
Charolaise	18,20	2,20	60,19
Chardon	24,15	2,58	68.46
Gelbe rose	19,25	2,58	47,70

Appliqués aux poids de tiges sèches développées à l'hectare, ces poids correspondent à une consommation moyenne de :

	Azote.	Acide phosph.	Potasse.
	kil.	kil.	kil.
Richter's Imperator	30.26	3.55	99,19
Géante bleue	33.66	5,33	103.72
Red Skinned	30,28	3.49	82.79
Idaho	24.32	3,42	69,29
Institut de Beauvais	24,74	2.91	89.71
Charolaise	21,02	2,54	69,52
Chardon	29,72	2,21	58,74
Gelbe rose	26,68	3.57	66,11

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

A l'aide des données qui précèdent, on peut alors établir le compte exact des quantités de matières fertilisantes qui, pour les huit variétés soumises à l'étude, correspondent aux récoltes maxima; ce compte est fourni par la somme des quantités d'azote, d'acide phosphorique et de potasse constatées à l'analyse dans les poids maxima également de tubercules, de feuilles et de tiges produit sur un hectare; on trouve ainsi :

Poids d'azote, d'acide phosphorique et de potasse enlevés à l'hectare par les récoltes maxima de tubercules, de feuilles et de tiges.

		Tubercules.	Feuilles.	Tiges.	Total.
		kil.	kil.	kil.	kil.
Richter's Imperator.	Azote	112.30	70,00	30,26	212
	Acide phosphorique	27,87	11,06	3,55	42
	Potasse	183.80	78,50	99,19	361
Géante bleue	Azote	106.90	67,05	33,66	208
	Acide phosphorique	26,59	12,40	5,33	44
	Potasse	204,00	85,09	103,72	393
Red Skinned	Azote	114.00	39,08	30,28	183
	Acide phosphorique	21,72	7,61	3,49	33
	Potasse	195,50	60,95	82,79	339
Idaho	Azote	118,50	56,97	24,32	200
	Acide phosphorique	27,72	8,10	3,42	39
	Potasse	194,90	72,83	69,29	337
Institut de Beauvais.	Azote	95,80	65,19	24,74	186
	Acide phosphorique	19,57	9,82	2,91	32
	Potasse	147,50	64,90	89,71	302
Charolaise	Azote	109.80	45,32	21,02	176
	Acide phosphorique	21,26	6,90	2,54	31
	Potasse	165,30	45,61	69,52	280
Chardon	Azote	107,10	56,45	20,72	184
	Acide phosphorique	34,19	7,97	2,21	44
	Potasse	202,60	78,86	58,74	340
Gelbe rose	Azote	122,00	47,32	26,68	196
	Acide phosphorique	23,63	9,39	3,57	37
	Potasse	173,20	62,94	66,11	302

De l'examen des chiffres inscrits au tableau qui précède, résulte aussitôt cette conséquence : que la présence dans le sol d'une quantité considérables de matières fertilisantes est indispensable au succès de la culture intensive de la pomme de terre.

Les exigences de la plante, cependant, n'ont rien d'incompatible avec les coutumes de la culture perfectionnée d'aujourd'hui, et c'est sur l'emploi d'engrais naturels ou complémentaires renfermant les quantités d'azote, d'acide phosphorique et de potasse constatées par les analyses ci-dessus que mes plus habiles collaborateurs ont, depuis dix ans, basé leurs opérations.

La plupart de ceux auxquels les rendements de 30000 et 35000 kilos de tubercules riches sont familiers apportent à l'hectare environ :

35 000 kilos de fumier.
200 — de nitrate de soude.
400 — de superphosphate riche.
300 — de sulfate de potasse.

ou l'équivalent en autres produits.

Or, si l'on admet que les fumiers d'exploitations bien tenues comme celles sur lesquelles ces cultures ont lieu sont riches à 0,5 p. 100 d'azote, 0,25 p. 100 d'acide phosphorique et 0.7

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

p. 100 de potasse, on trouve que l'emploi des quantités d'engrais ci-dessus indiquées correspond aux apports suivants :

	Azote.	Acide phosph.	Potasse.
	—	—	—
	kil.	kil.	kil.
Par le fumier	175	87,5	245
Par le nitrate	32	»	»
Par le superphosphate	»	60	»
Par le sulfate de potasse	»	»	108
Total	207	147,5	353

Pour mes cultures personnelles à Joinville-le-Pont, sur le terrain graveleux et, pauvre de la ferme de la Faisanderie, j'ai généralement employé comme fumure :

25 000 kilos de fumier de mouton.
250 — de nitrate de soude.
400 — de superphosphate riche.
200 — de sulfate de potasse.

Le fumier de la bergerie de Joinville, où, pendant l'hiver, les moutons sont nourris de luzerne sèche et de betteraves, renferme, d'ailleurs, 0,65 p. 100 d'acide phosphorique et 1,50 p. 100 de potasse, de telle sorte qu'à l'emploi des engrais ci-dessus correspond à l'hectare un apport de :

	Azote.	Acide phosph.	Potasse.
	—	—	—
	kil.	kil.	kil.
Par le fumier	162,5	75	375
Par le nitrate	40	»	»
Par le superphosphate	»	60	»
Par le sulfate de potasse	»	»	72
Total	202,5	135	447

Si l'on compare alors ces divers apports aux quantités moyennes de matières fertilisantes absorbées par les récoltes maxima, quantités moyennes qui, d'après le tableau précédent, s'élèvent aux chiffres suivants :

Azote	193	kilos par hectare.
Acide phosphorique	38	—
Potasse	332	—

on reconnait que ces apports suffisent aux exigences des plus belles récoltes, et pour l'acide phosphorique particulièrement, les dépassent de beaucoup.

L'achat de quantités d'engrais aussi considérables viendrait, cependant, grever la culture de frais élevés et diminuer dans une mesure importante les bénéfices si l'exportation en devait être totale.

Il n'en est rien heureusement, et si le travail est bien conduit, la culture doit récupérer la moitié environ de ces engrais.

Tout d'abord, il convient de faire remarquer, qu'à l'époque de la maturité, toutes les feuilles de la touffe se détachant des tiges, retombent sur le sol, y pourrissent et rendent par conséquent à celui-ci toute la matière fertilisante logée dans leurs tissus. C'est là, en dehors de la question d'enrichissement des tubercules, une des raisons qui doivent faire considérer l'arrachage des plantes encore vertes ou partiellement vertes comme une coutume absolument défectueuse ; les quantités d'azote et de potasse surtout, que les feuilles contiennent, sont consi-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dérables, souvent elles représentent le tiers de la consommation totale faite par la plante et leur intervention à la culture prochaine ne doit pas être négligée.

C'est, d'autre part, une coutume très fâcheuse que celle de brûler les tiges sur le champ, après l'arrachage. Sans doute, on retrouve bien aussi dans les cendres l'acide phosphorique et la potasse, mais tout l'azote est perdu. Or, la quantité de cet élément fertilisant que renferment les tiges est importante; en moyenne elle est de 27 kilos à l'hectare, ce qui, au prix de 1 fr. 50 le kilo, équivaut à une perte qui dépasse 40 francs, à l'hectare également.

Les tiges doivent donc être soigneusement recueillies et jointes aux fumiers; là elles se transforment rapidement, et les éléments fertilisants qu'elles ont exportés du champ s'y retrouvent bientôt à l'état assimilable.

A Joinville-le-Pont, M. Lachouille, régisseur de la ferme de la Faisanderie, en a fait, pendant plusieurs années, la litière des 500 moutons que comptait son troupeau, et il en a obtenu un fumier particulièrement riche.

Ce serait donc une erreur que de considérer les matières fertilisantes absorbées par les feuilles et par les tiges comme réellement perdues pour l'exploitation; naturellement pour les feuilles, artificiellement pour les tiges, elles doivent rester à la ferme, et c'est en somme aux quantités absorbées par les tubercules seuls que doit se borner l'exportation des engrais délivrés au sol.

La réduction que subissent, lorsqu'il en est ainsi, les chiffres précédents, est considérable: si l'on se rapporte au tableau que j'ai précédemment donné des quantités consommées par les diverses parties de la plante, on voit que l'exportation se limite alors aux chiffres ci-dessous.

	Azote.	Acide phosph.	Potasse.
	kil.	kil.	kil.
Richter's Imperator	112,30	27,87	183,80
Géante bleue	106,90	26,59	204,00
Red Skinned	114,00	21,72	195,50
Idaho	118,50	27,72	194,90
Institut de Beauvais	95,80	19,57	147,50
Charolaise	109,80	21,26	165,30
Chardon	107,10	34,19	202,60
Gelbe rose	122,00	23,63	173,20
Moyennes	110,80	25,31	183,20

En étudiant les chiffres qui précèdent, on est conduit à faire, au sujet des quantités de matières fertilisantes exigées par les grosses récoltes de pommes de terre, quelques observations intéressantes.

En ce qui concerne les quantités d'azote exportées par les tubercules, on reconnaît ainsi que ces quantités varient peu, quelle que soit la variété cultivée; cette quantité, sauf deux exceptions (Institut de Beauvais = 95kg, 88 et Gelbe rose = 122 kg), reste généralement comprise entre 105 et 120 kilos à l'hectare.

L'exportation de l'acide phosphorique est relativement faible; elle ne représente pas, en moyenne, plus de 25kg, 31 à l'hectare et l'on peut se demander, par suite, si les grandes quantités de phosphate employées jusqu'ici par la culture et qui, généralement, représentent 100 ou 150 kilos d'acide phosphorique, sont réellement nécessaires. Mais, à ce sujet, il faut se garder de tirer une conclusion trop hâtive. La pratique jusqu'ici a semblé justifier cet emploi, et l'on sait qu'en certaines circonstances, on voit, par suite d'une influence encore inexpliquée, la présence des superphosphates, alors même que ceux-ci ne sont pas absorbés par les plantes, entraîner une utilisation plus importante des autres éléments fertilisants.

La consommation de la potasse par la pomme de terre est au contraire considérable; les quantités qu'en exporte la récolte des tubercules sur un hectare s'élèvent en moyenne à 183 kilos. Ce chiffre suffirait à montrer combien est grande l'influence des composés potassiques sur le développement de cette plante, mais, en comparant entre eux les chiffres corres-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pondant aux huit variétés étudiées, on trouve de cette influence une démonstration décisive.

D'une manière générale, en effet, et sans tenir compte de la richesse en fécule de récoltes obtenues en des années différentes et sous des conditions météorologiques différentes aussi, on peut considérer les quatre premières variétés : Richter's Imperator, Géante bleue, Red Skinned et Idaho, comme des variétés à grande richessse ; les quatres autres : Institut de Beauvais, Charolaise, Chardon et même Gelbe rose, comme des variétés à richesse moyenne.

Or, on voit, d'après les résultats fournis par l'analyse, les premières consommer, par hectare et pour les tubercules seuls, 195 kilos de potasse en moyenne, tandis que, pour les secondes, cette consommation ne dépasse pas 172 kilos. La différence est de 23 kilos par hectare. Et si, aux quantités exportées par les tubercules, on joint celles que l'analyse fait reconnaître dans les feuilles et dans les tiges, la différence devient plus marquée encore. C'est au chiffre moyen de 357 kilos par hectare que s'élève, pour les variétés à grande richesse, le poids de potasse nécessaire à la plante entière, alors que, pour les variétés à richesse moyenne, ce poids se limite à 306 kilos ; la différence est de 51 kilos par hectare.

L'influence des composés potassiques sur la richesse en fécule des pommes de terre, au sujet de laquelle on rencontre des opinions si opposées, me semble être définitivement établie par cette observation.

En terminant cette étude, il m'a semblé intéressant de comparer les dépenses en engrais qu'exige la culture de la pomme de terre à grand rendement et à grande richesse à celles aux quelles la culture de la betterave fourragère a, dès longtemps, habitué nos cultivateurs.

Des chiffres que MM. Muntz et Ant. Ch. Girard ont adoptés dans leur *Traité des engrais*, comme représentant la moyenne des observations faites par divers expérimentateurs sur la culture de la betterave fourragère, il résulte qu'une récolte de 50 000 kilos à l'hectare exporte par ces racines :

90 kilos d'azote.
40 — d'acide phosphorique.
215 — de potasse.

alors que, ainsi que je viens de l'établir, une récolte de 35 000 kilos de pomme de terre riche, de la variété Richter's Imperator, par exemple, exporte par ses tubercules, à l'hectare :

112k,3 d'azote.
27k,9 d'acide phosphorique.
183k,8 de potasse.

Si, partant de ces données, on met en parallèle, d'un côté, une bonne récolte de 50 000 kilos de betterave fourragère, d'un autre, une bonne récolte de 30 000 kilos de pomme de terre riche, exportant par ses tubercules :

96k,2 d'azote.
23k,7 d'acide phosphorique.
157k,4 de potasse.

on voit, qu'au point de vue de la dépense en engrais, la betterave a exigé, il est vrai, 6kg,2 d'azote en moins que la pomme de terre, mais a exigé aussi 16kg,3 d'acide phosphorique et 57kg,6 de potasse en plus que celle-ci.

Si, en face de ces dépenses, on considère les prix de vente de 50 000 kilos de betteraves à 16 francs la tonne, soit 800 francs, et de 30 000 kilos de pommes de terre à 32 francs, soit 960 francs, d'où résulte une différence de 160 francs à l'hectare, on est conduit à regarder, au point de vue des dépenses en engrais, la culture intensive de la pomme de terre riche et à grand rendement comme plus rémunératrice que celle de la betterave fourragère.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CONSTRUCTIONS

LES BATIMENTS INCOMBUSTIBLES AUX ÉTATS-UNIS, D'APRÈS **M. C. T. Purdy** (1)

Le 3 mai 1897, il se déclara à Pittsburg, dans un lot de bâtiments *fireproofs*, un incendie considérable, occasionnant pour 12 500 000 francs de dégâts, et dont l'étude a fourni des renseignements précieux sur la résistance réelle de différents systèmes de constructions incombustibles.

Le *Horne Store Building* (fig. 1), construit en 1893, a six étages, sans cloisons, avec (fig. 18) une ouverture centrale de $6^{m},60 \times 15$ mètres, allant du premier au sixième étage, et entourée, à chaque étage, d'une balustrade en fer ; il renfermait quatre ascenseurs sur la muraille de droite (fig. 2) avec une grande cage au milieu faisant dans les planchers, avec les passages des ascenseurs, une ouverture totale aussi large que celle du centre. Ces ouvertures constituèrent pendant l'incendie d'excellentes cheminées provoquant un tirage très actif par les fenêtres brisées. Le bâtiment était rempli de marchandises inflammables : mercerie, etc. Les fenêtres, très larges, qui donnaient sur l'avenue Penn, n'étaient protégées par aucun grillage ni croisée, tous les planchers et les murs des côtés Est et Ouest étaient supportés par des colonnes en fer en Z (fig. 2 à 7) avec poutres de $560 \times 76 \times 76$ millimètres et poutrelles de 380 d'épaisseur rivées (fig. 8) sur les cornières des poutres. Les poutres de muraille sur Fifth St. de $500 \times 75 \times 150$, supportaient les remplissages en brique d'un étage à l'autre, et étaient complètement recouvertes de maçonnerie aux deuxième, cinquième et sixième étages ; aux troisième et quatrième étage, elles étaient exposées au feu de l'intérieur. La muraille Est (fig. 13) était aussi supportée en partie par les poutres d'un étage à l'autre, mais pas celles de façade et de fond. Les parties horizontales de la muraille de face, au niveau des planchers, reposaient sur des linteaux non reliés à l'armature d'acier, et presque toujours à côté des fenêtres, très exposés au feu ; au quatrième étage, ils étaient bien recouverts par un garnissage en terre cuite, mais retenu par des ancres en fer exposées au feu. Le plafond du sixième étage était suspendu aux fers du toit, et formé de fers à T de 40×40, écartés de 300, et garnis de tuiles de 40 millimètres d'épaisseur.

Les parements des façades étaient en briques, terre cuite, grès de l'Indiana : la corniche du toit était en cuivre sur bois.

Le garnissage était tout entier en produits réfractaires. Les voûtes des planchers, de 230 millimètres d'épaisseur, portaient (fig. 14) sur des redans disposés de manière à recouvrir entièrement les poutres, et les joints des voûtes avec les redans étaient à fleurs du haut des poutres. Les revêtements avaient 15 millimètres d'épaisseur sur les murailles, les colonnes étaient (fig. 16) recouvertes de tuiles de 50 millimètres d'épaisseur. Les lambourdes des planchers, écartées de 350 millimètres, étaient noyées dans le béton de cendres, qui recouvrait les voûtes sur une épaisseur de 100 millimètres ; le parquet était en sapin dur.

1 *American Society of civil Engineers.* Sept. 1887.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le feu prit à minuit dans le bâtiment Jenkins (fig. 1), — entièrement détruit, — et qui logeait une épicerie avec alcool, pétrole, vernis, etc.; malgré l'inflammabilité de ces matières, l'intérieur de ce bâtiment était tout en bois. Avant même que l'on eût

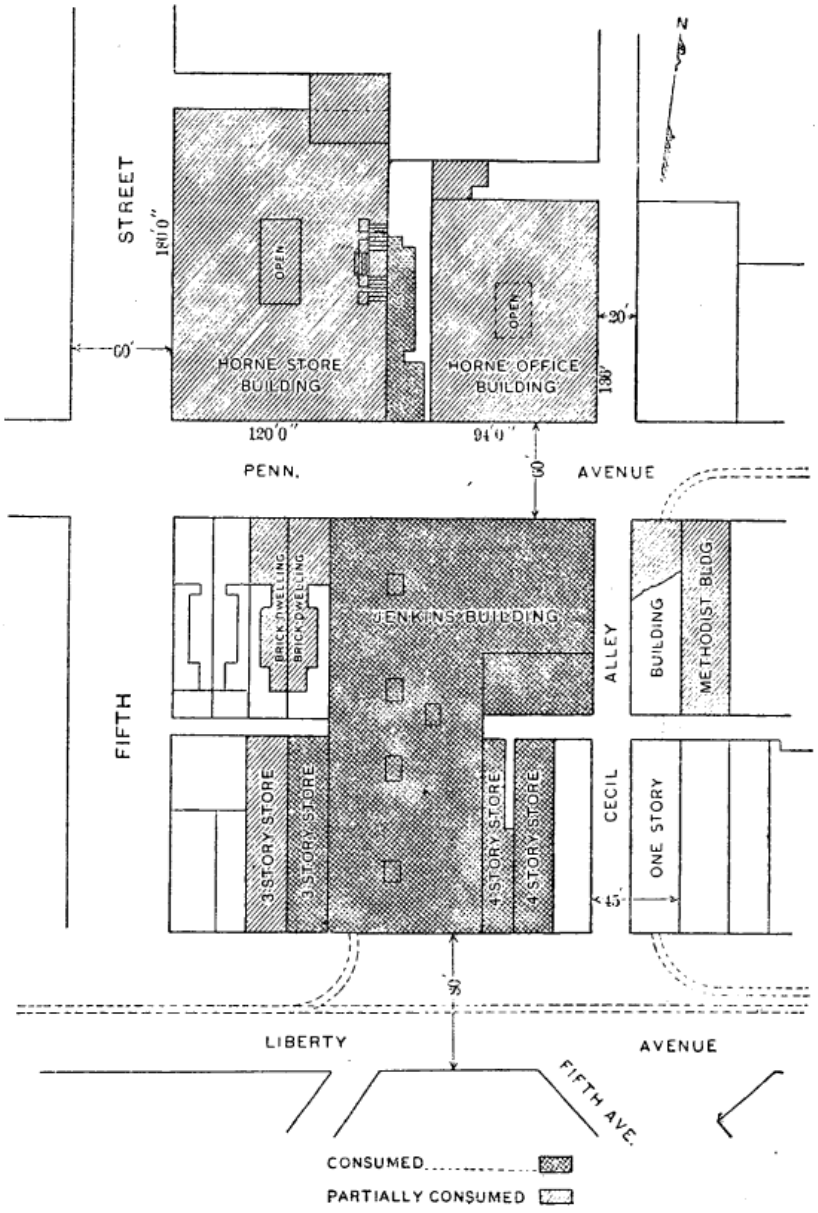


Fig. 1. — Incendie de Pittsburg. Plans des bâtiments incendiés.

pu prendre les mesures nécessaires pour protéger le bâtiment Horne, la façade du Jenkins s'écroula tout entière dans l'avenue Penn et le feu attaqua Horne avec une extrême violence, incendiant toutes les matières combustibles à portée des larges fenêtres de l'avenue Penn. En moins d'une demi-heure, toutes les marchandises du

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

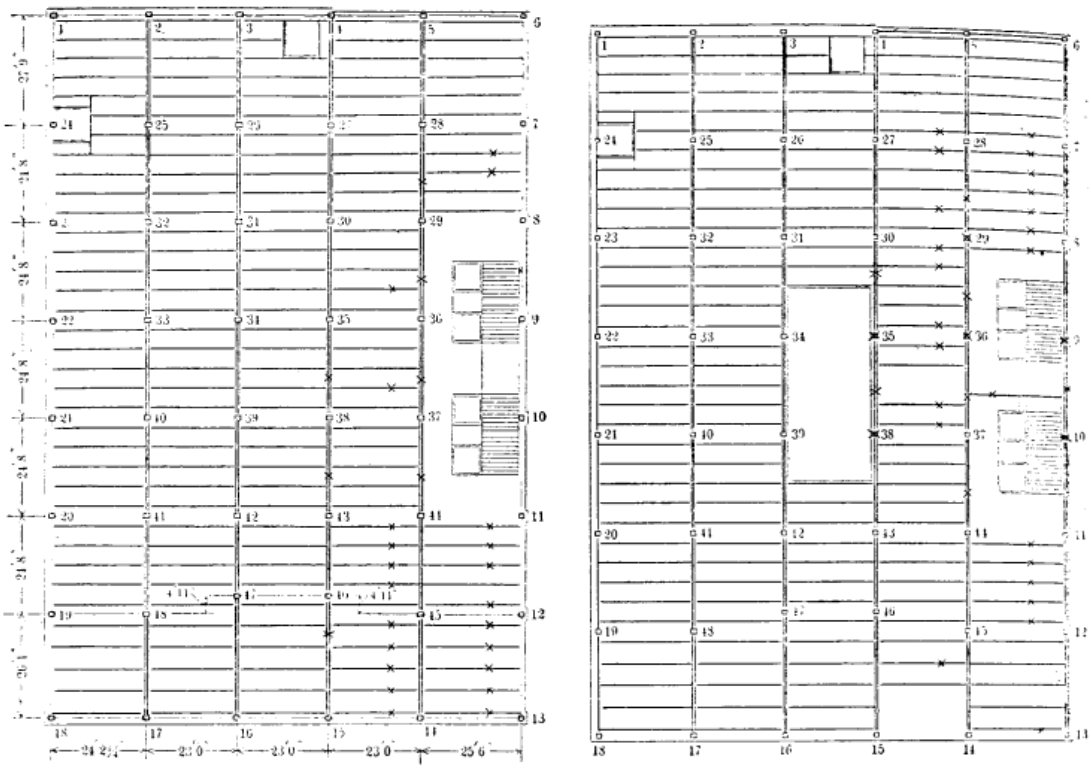


Fig. 2 et 3. — *Horne Store Building.* Plans des premier et deuxième étages. Les numéros indiquent les colonnes, et les poutrelles qu'il a fallu redresser après l'incendie et sont marquées d'une croix.

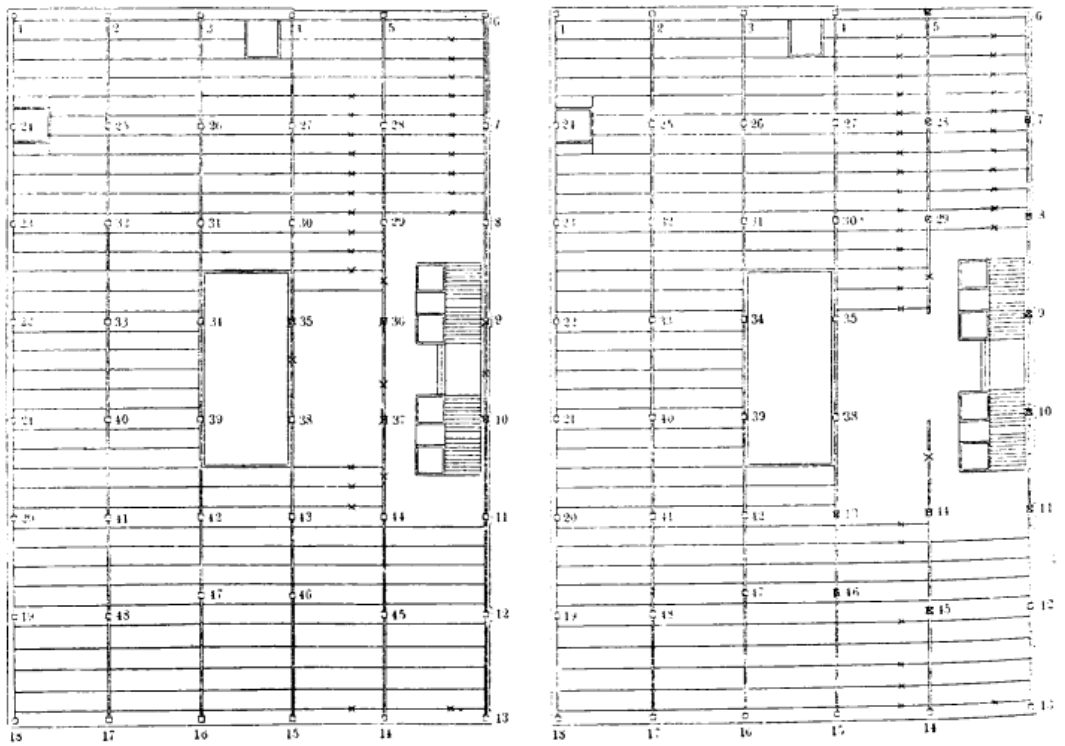


Fig. 4 et 5. — *Horne Store Building.* Plan des quatrième et cinquième étages.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Horne Store étaient entièrement consumées, il ne restait presque pas trace des parquets. Le réservoir du toit (fig. 7) tomba au premier étage, entraînant dans sa chute

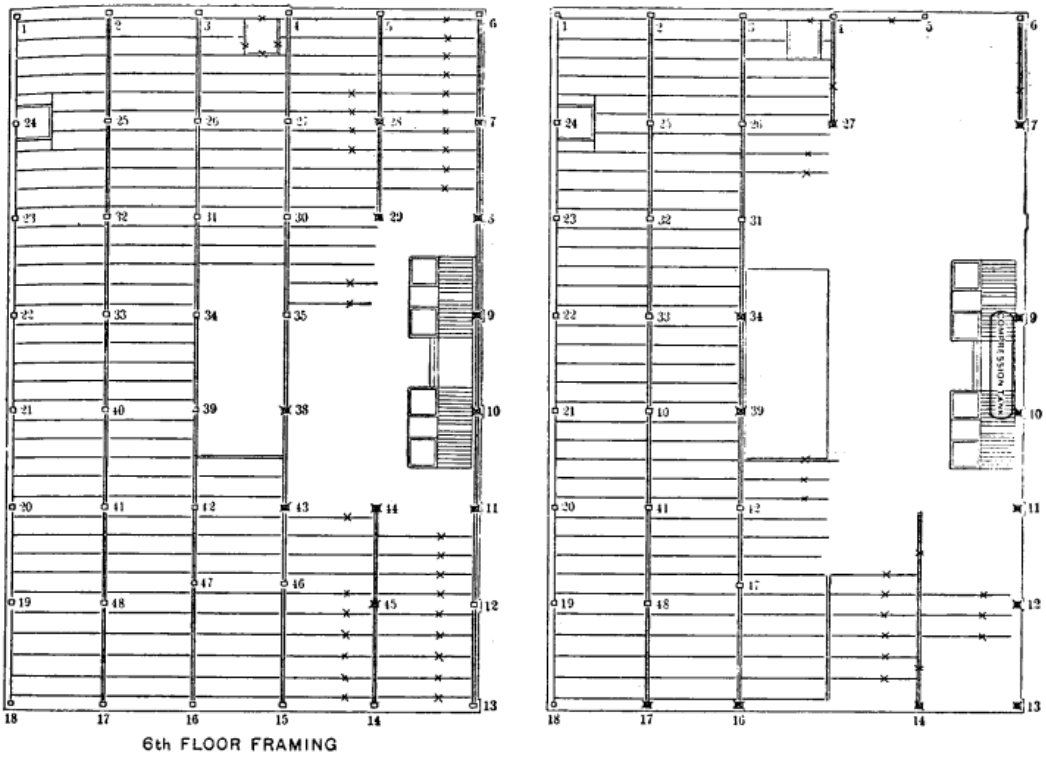


Fig. 6 et 7. — *Horne Store Building*. Plan des sixième et septième étages.

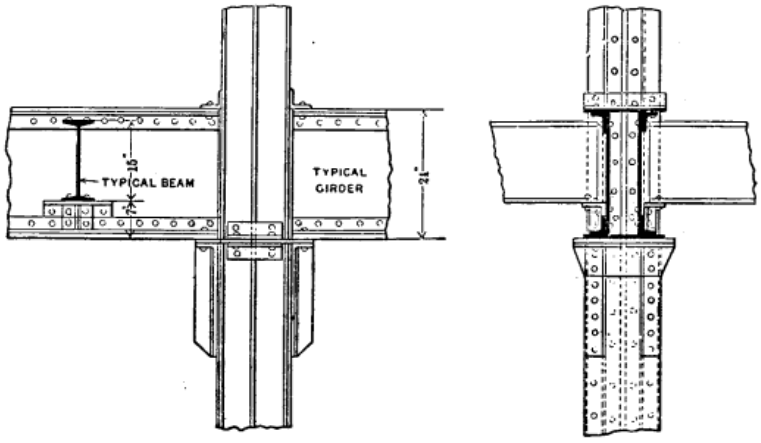


Fig. 8 et 9. — *Horne Store Building*. Types de colonne de poutres (*Girder*) et de poutrelles (*Beam*).

un grand pan de la carcasse d'acier, brisant, pliant et tordant les colonnes et les poutres voisines, et renversant la maçonnerie (fig. 18). On ne put guère arriver à noyer le Horne Store que vers 3 heures du matin, après l'incendie des marchandises. La façade

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

en briques de l'avenue Penn supporta bien le feu sans grands dégâts : néanmoins, il fallut remplacer la terre cuite et la pierre de taille fendillées et éclatées par le feu et l'eau, ce qui entraîna la démolition de toute la façade y compris la partie qui avait résisté au feu.

Il fallut aussi sacrifier quelques linteaux longs et minces, les petits fers à T du plafond du sixième étage et quelques cadres en fer des ouvertures du milieu du bâti-

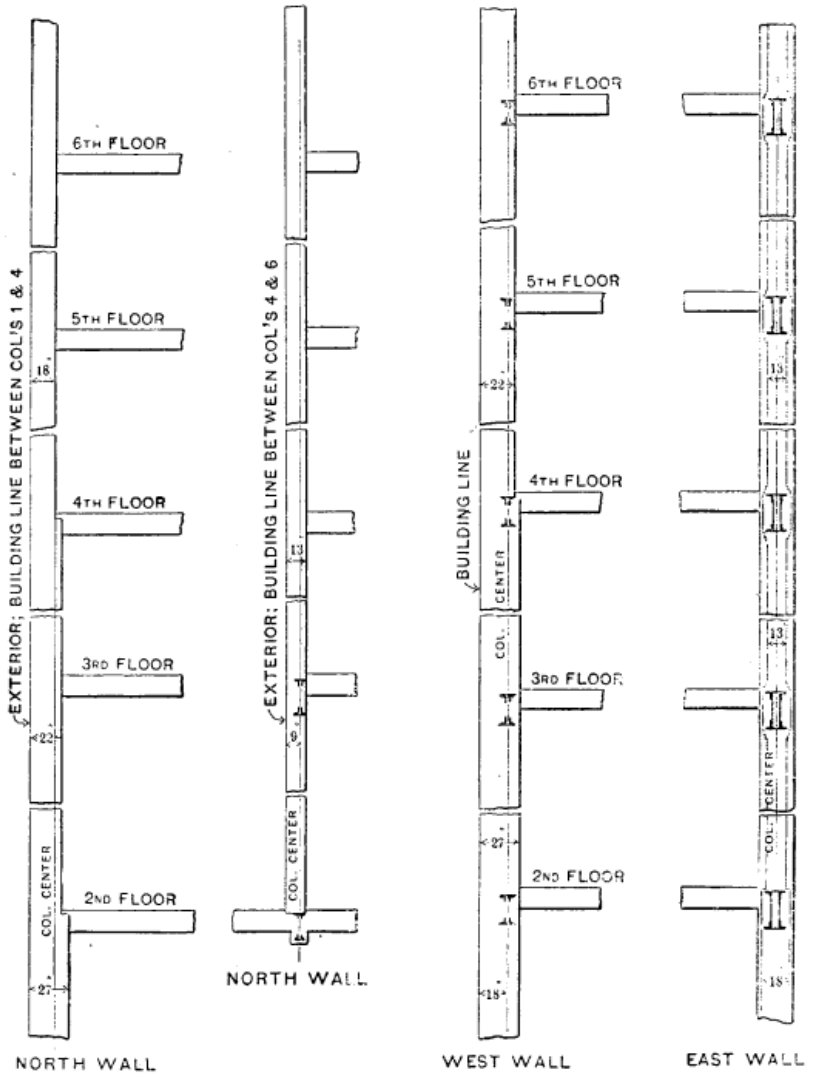


Fig. 10 à 13. — *Horne Store Building.* Disposition des murailles Nord, Ouest et Est.

ment tordus par le feu. Toutes les poutrelles marquées d'une croix sur les figures 2 à 7 durent être redressées, et celles qui manquent sur ces figures entièrement remplacées. L'armature en acier du bâtiment Horne valait environ 400 000 francs, sa détérioration fut évaluée à 92 000 francs ou de 23 p. 100 environ. D'après leur aspect après l'incendie, tous les fers, même les protégés, ont été exposés à une température très élevée : les colonnes sur lesquelles était tombé le réservoir avaient cédé comme de la cire.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le béton de cendre des voûtes fut entièrement décomposé par la chaleur. L'extrados des voûtes non détruites est resté partout intact, mais l'intrados formant plafond a été souvent détruit, ainsi que les redans. Les couvertures des colonnes sont restées intactes, mais le plâtre a été partout détruit. Il faudra remplacer tout le garnissage ignifuge, reconstruire la muraille déjetée par la chute du réservoir; la

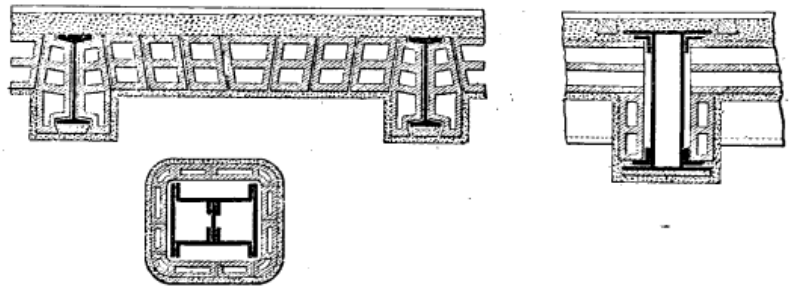


Fig. 14 à 16. — *Horne Store Building.* Détail des revêtements réfractaires.

corniche est perdue à cause de son montage sur bois. La moitié du toit non détruit par la chute du réservoir est restée presque intacte. Les persiennes des fenêtres d'arrière, en bois plaqué de fer, ont eu leur bois carbonisé et leur tôle tordue, mais

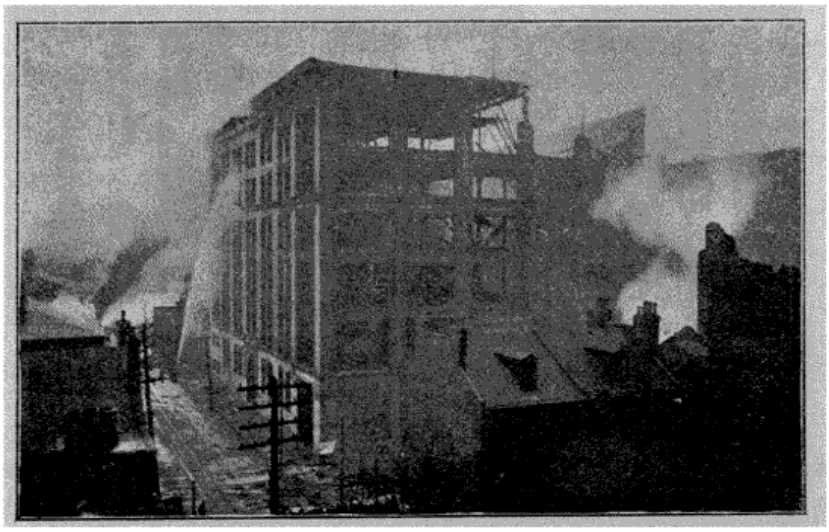


Fig. 17. — *Horne Store Building.* État général après l'incendie.

elles ont pu résister jusqu'à 3 heures et empêcher, par la fermeture de leurs fenêtres, le feu de s'étendre aux constructions voisines.

Le Horne Office Building (fig. 1) n'a que quatre étages. Le premier et le deuxième étages, ainsi que le sous-sol, sont divisés en quatre compartiments par de fortes cloisons et occupés : le compartiment Ouest, par de la droguerie, le second par des tapis, le troisième par des nouveautés, le compartiment Est, par des meubles. Le troisième étage est seul pourvu d'une ouverture centrale semblable à celle du Horne

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Store. — Dans ce dernier bâtiment, le tirage s'établit de l'extérieur à tous les étages par cette cheminée centrale, dans le Horne Office, il s'établit de l'avant à l'arrière du bâtiment. Sur le premier et le deuxième étage, les compartiments cloisonnés agirent comme des cheminées, brûlant entièrement le bois et les marchandises. La construction est en partie semblable à celle du Horne Store. Les planchers reposent sur des poutres de 380 millimètres et des colonnes en Z, avec voûtes de 230 millimètres, etc.; mais les poutres étaient en doubles fers de 500 millimètres, les murailles extérieures se supportaient d'elles-mêmes; les voûtes des planchers, transversales au lieu de longitudinales, étaient en matières poreuses au lieu de briques comprimées (fig. 21). La

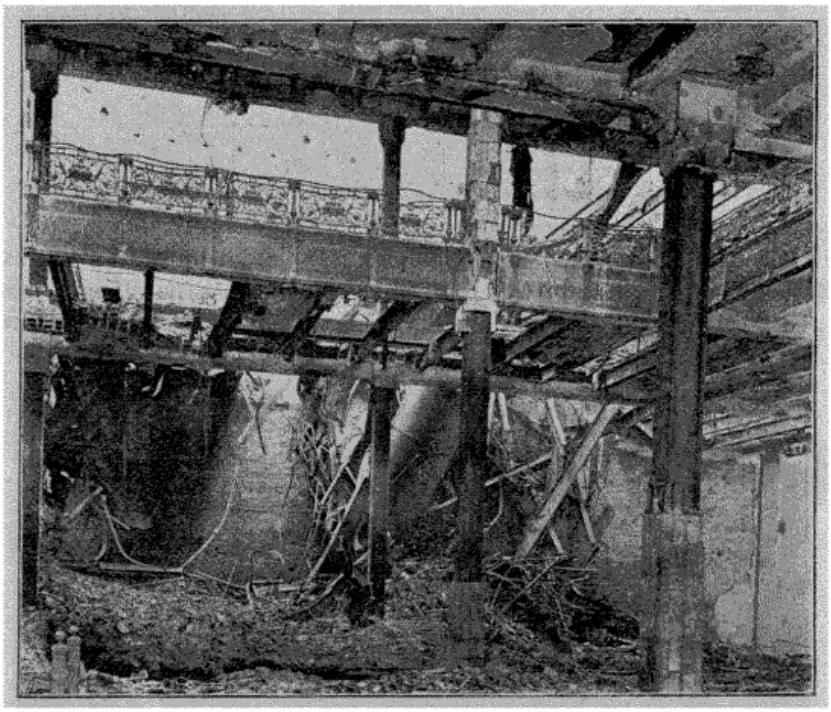


Fig. 18. — *Horne Store Building.* Premier étage, montrant les dégâts occasionnés par la chute du réservoir,

couverture des colonnes, également poreuse, avait 25 millimètres d'épaisseur; elle était pleine au lieu de creuse; toutes les cloisons (fig. 24 et 25) portaient sur le plancher par un cadre en bois. Au rez-de-chaussée, le premier étage est supporté en partie par des colonnes en fonte. Grâce aux cloisons, les troisième et quatrième étages furent moins éprouvés : on voit, en figure 26, une cloison du troisième étage qui arrêta en partie les progrès du feu sans empêcher l'incendie du bois. La carcasse d'acier est presque totalement épargnée, ainsi que les revêtements des colonnes et les voûtes des planchers, dont les dégradations restent localisées au bas de leurs redans (fig. 27). Les cloisons, résistèrent malgré la formation (fig. 28), là où se trouvait du bois, de baies s'étendant d'une colonne à l'autre. Le béton de cendre des voûtes fut presque totalement détruit. Le plafond du quatrième étage et le toit sont restés presque intacts.

Le *Methodist Building* (fig. 29), long et étroit, à huit étages, était occupé par un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

magasin de livres au rez-de-chaussée et par des bureaux dans les autres étages. Sa construction différait totalement de celle des autres bâtiments. Les murailles de

Fig. 19. — *Horne Store Building.* Premier étage. Vue montrant les dégâts du plafond.

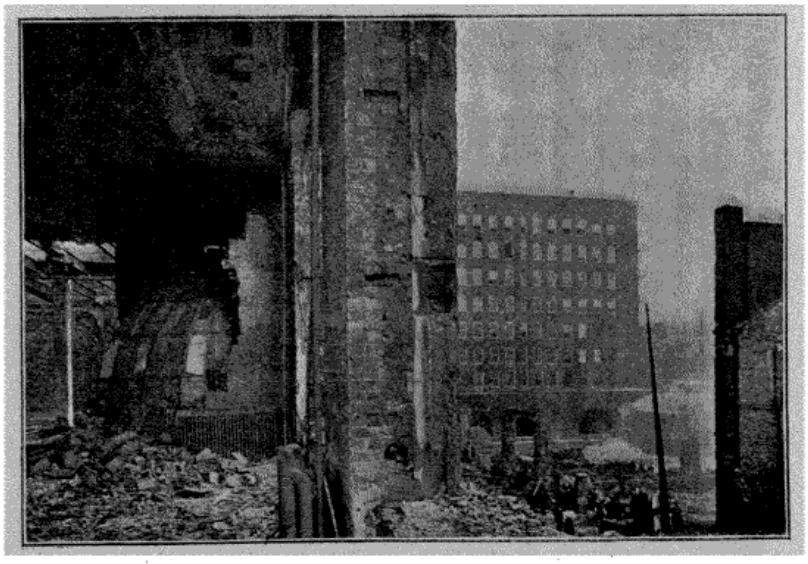


Fig. 20. — *Horne Store Building.* Dégâts des revêtements aux fenêtres.

façades étaient en briques, avec colonnes métalliques à poutres de 300 millimètres, écartées de 4m,80 et supportant toute la largeur du bâtiment (fig. 30). Les voûtes des planchers sont en ciment et laitiers de 200 millimètres d'épaisseur, renforcé par un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

treillage de fils métalliques passant sous les poutres. Les cloisons sont en planches de 50 × 100, lattées et plâtrées de part et d'autre. Le plafond du huitième étage était en bois et lattes métalliques comme les cloisons. Les fenêtres de la façade du Jenkins Building donnant sur le Cecil Alley (fig. 1) étaient garnies de volets en fer; l'arrière

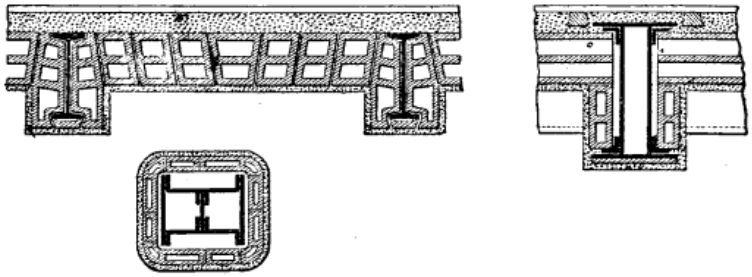


Fig. 21 à 23. — *Horne Office*. Détail des revêtements réfractaires.

de cette muraille ne s'écroula pas, mais l'avant, ce qui détermina l'incendie de la partie vis-à-vis du Methodist (fig. 1); mais cet incendie put être combattu suffisamment pour permettre aux pompiers de pénétrer dans l'intérieur même du bâtiment,

Fig. 24. — *Horne Office*. Façade.

dont les bois ne furent pas totalement brûlés. Les fers et le béton des planchers ne furent pas sérieusement endommagés (fig. 31 à 34). Les cloisons furent gravement compromises partout où pénétra le feu, et de même pour les plafonds.

La valeur du Horne Store est évaluée à 1 830 000 francs et sa dégradation totale à 1 035 000 francs, dont 93 000 francs pour la carcasse d'acier, soit 8,5 p. 100 de la perte totale, ou 23 p. 100 de la valeur de la carcasse. Des trois cent soixante-six colonnes

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des différents étages, treize furent entièrement détruites, quarante-huit avariées au

Fig. 25. — *Horne Office.* Façade.

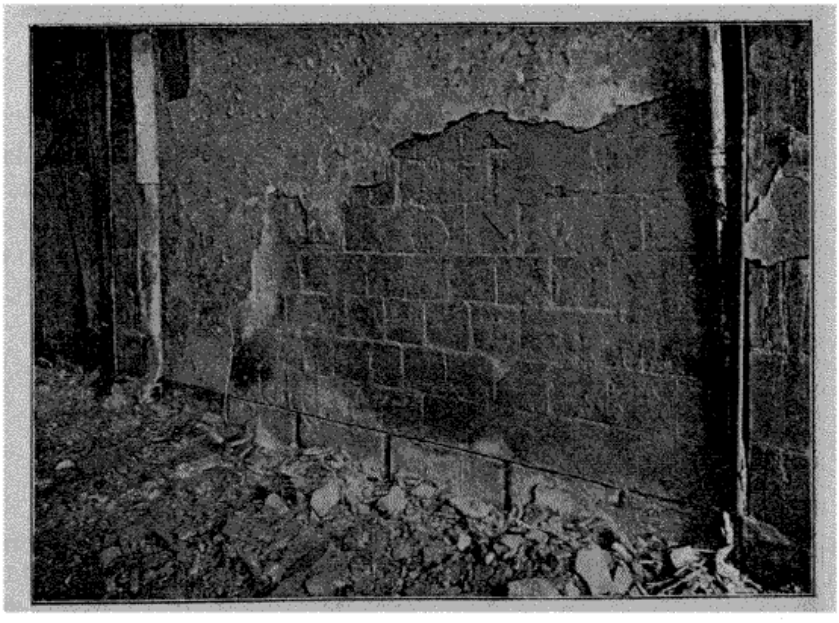


Fig. 26. — *Horne Office.* Cloison du troisième étage.

point d'exiger un redressage, quatre grosses poutres furent entièrement détruites et dix-huit avariées. Le réservoir du toit (fig. 7), de 1^{m},80 de diamètre $\times$ 7^{m},50, en tôles

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

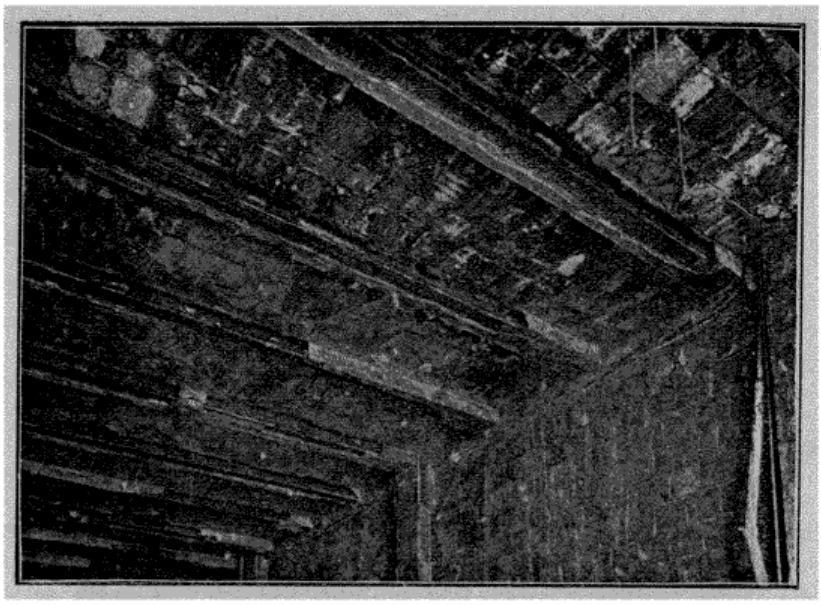


Fig. 27. — *Horne Office.* Dégâts au plafond du deuxième étage.

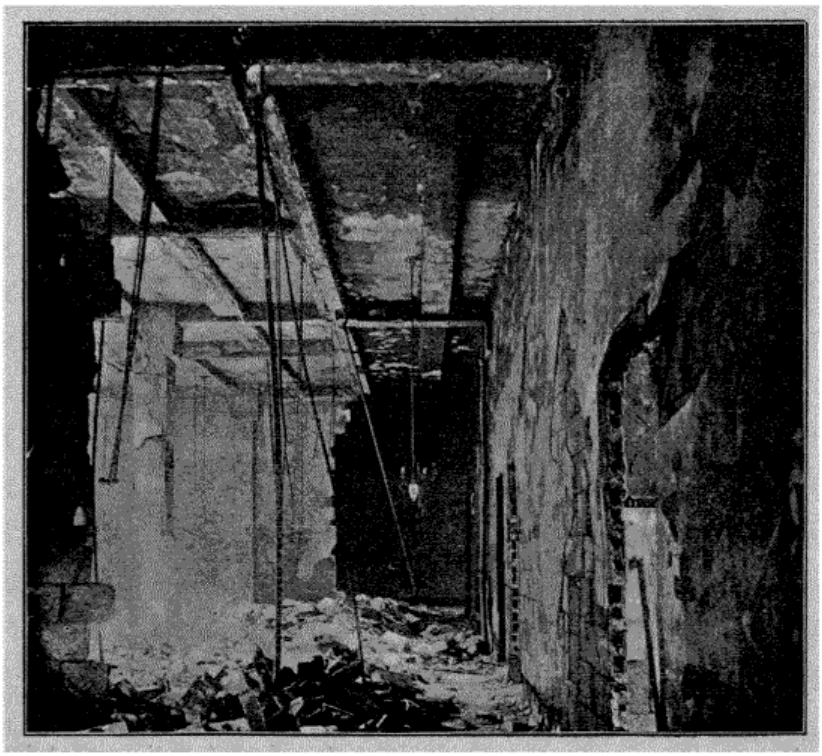


Fig. 28. — *Horne Office.* Destruction des bois des cloisons.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'acier de 7 et 13 millimètres, d'une capacité de 22 mètres cubes, renfermait probablement 11 mètres cubes et pesait environ 3000 kilogs; il était posé sur quatre poutrelles de 380 millimètres non enveloppées ni à l'abri du feu, pas plus que le toit. La chaleur y fut des plus intenses par le tirage de la cheminée centrale. Il paraît néanmoins certain qu'une bonne enveloppe incombustible aurait protégé ces poutres et

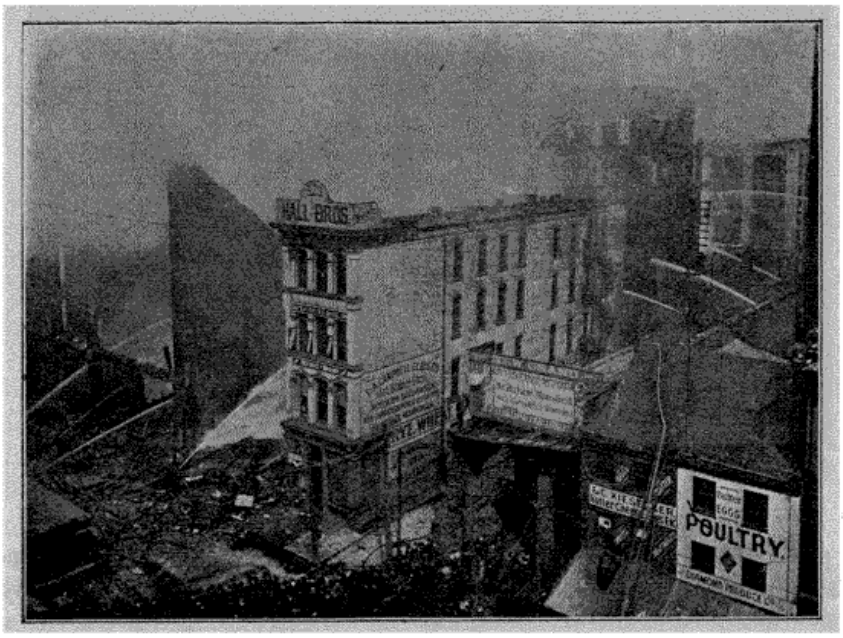


Fig. 29. — *Methodist Building*. Au fond, à droite, son feu est attaqué par les pompiers montés sur le toit de la maison à un étage (*One Story Building* [fig. 1]).

évité la chute désastreuse du réservoir, ce qui aurait réduit à 5 p. 100la dégradation de la carcasse d'acier.

On voit, d'après les figures 3 à 7, que plus de la moitié du toit fut enlevée par la chute du réservoir, ainsi que de grandes surfaces de planchers diminuant du haut vers

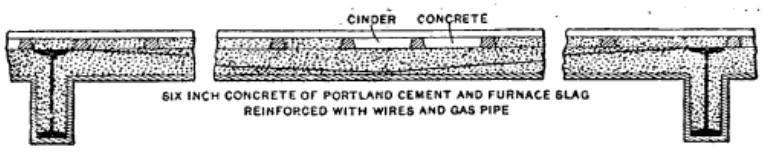


Fig. 30. — *Methodist Building*. Coupe d'un plancher.

le bas, probablement parce que les poutrelles, les poutres et les colonnes n'étaient pas reliées entre elles par des attaches proportionnelles à leur résistance, — les colonnes notamment étaient trop faibles dans le haut, en fer de 6 millimètres.

Dans l'Office Building, les bois des cloisons constituent un grave défaut, qu'il ne faut jamais tolérer dans les bâtiments fireproof; en fait, il a fallu remplacer toutes les cloisons à cause uniquement de ces bois, dont on peut parfaitement se passer, les parties poreuses des cloisons tenant les clous presque aussi bien que les bois.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Néanmoins, même sans toutes ces fautes de construction, les marchandises n'en auraient pas moins brûlé, insuffisamment protégées par le verre des fenêtres, éclaté

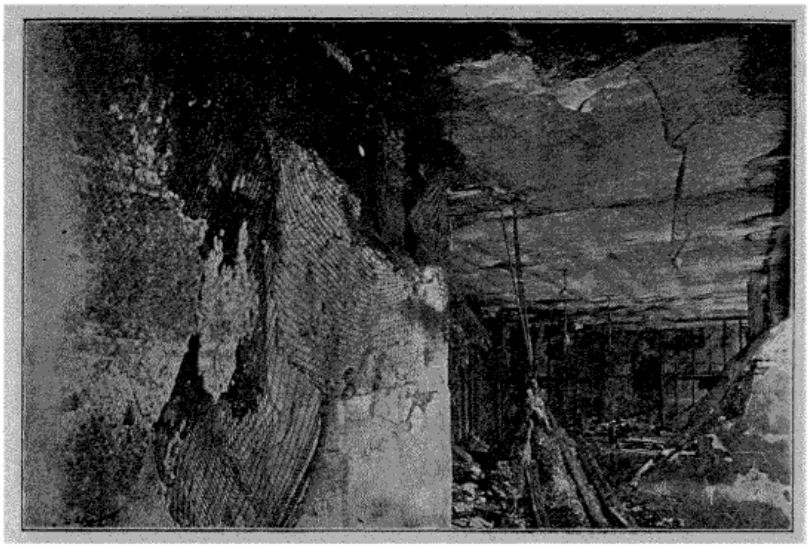


Fig. 31. — *Methodist Building*. Huitième étage.

ou fondu presque immédiatement après la chute de la muraille Jenkins. Les pompiers ne purent supporter la chaleur excessive de ce feu, à peine s'échapper avec leurs

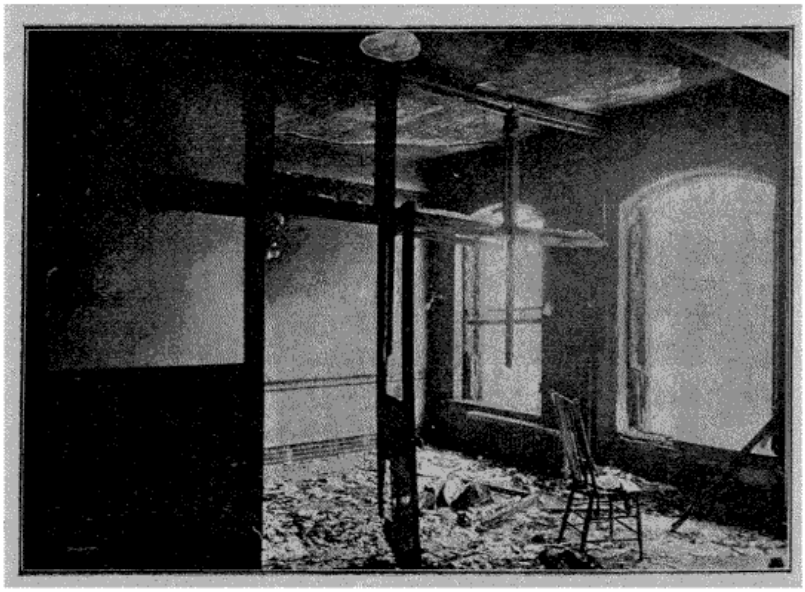


Fig. 32. — *Methodist Building*. Septième étage.

pompes; quelques-uns furent brûlés. Les murailles des bâtiments Fifth Slreet (fig. 1) en face de l'incendie, étaient si chaudes que l'eau des pompes s'y vaporisait et empê-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

chait les pompiers d'y voir clair; il n'y avait, dans ces conditions, aucune possibilité de préserver les marchandises du Horne.

Il faut donc, comme le démontre l'incendie du Horne Store, absolument protéger les

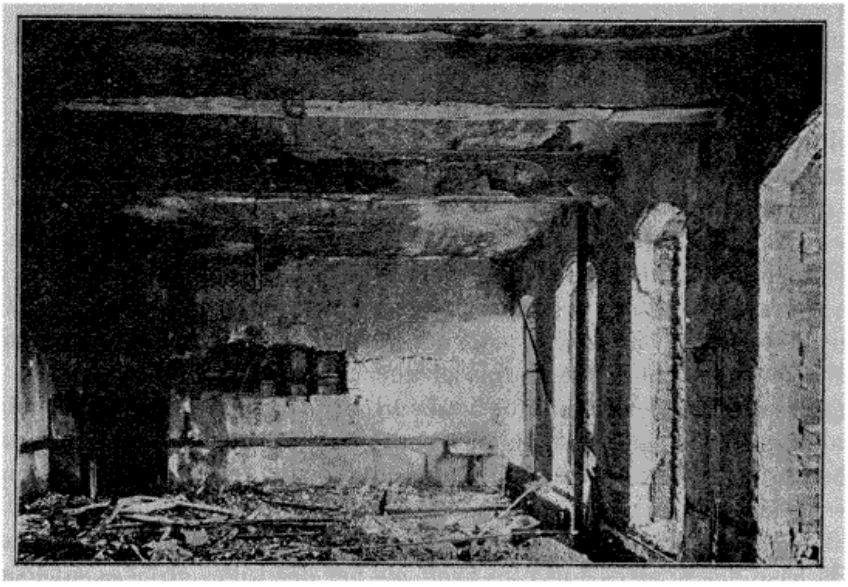


Fig. 33. — *Methodist Building.* Septième étage.

grandes fenêtres par des volets ou des rideaux métalliques ou d'amiante; les volets en fer et bois de la muraille arrière du Horne ont rendu, comme nous l'avons vu, un grand service.

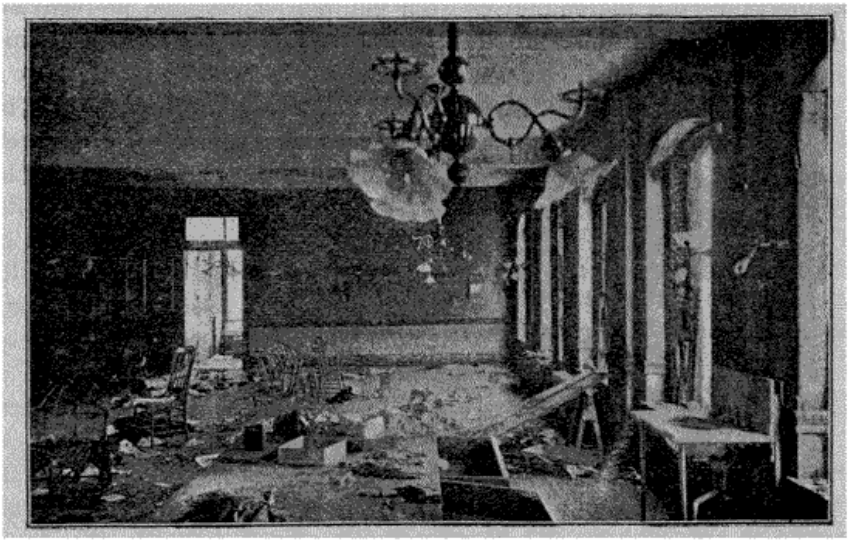


Fig. 34. — *Methodist Building* Sixième étage.

Les grandes ouvertures médianes des planchers formant cheminée devraient aussi pouvoir se fermer par des rideaux d'amiante, afin de limiter le feu à l'étage où il se déclare.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'incendie du bâtiment des méthodistes n'a, en raison de sa faible intensité, rien démontré ni pour ni contre la supériorité du béton sur la brique ou la poterie ; quant à la supériorité des matières incombustibles poreuses sur les céramiques dures, elle paraît au contraire pleinement démontrée. D'après M. Purdy, des cloisons de $0^m,10$ d'épaisseur, creuses, en un mélange poreux de sciure de bois et d'argile, des colonnes recouvertes de 75 millimètres de cette composition, ainsi que les voutes de planchers et les poutres résisteraient parfaitement à l'eau et au feu. Les céramiques, tuiles et briques dures, craquent, au contraire, ou éclatent sous l'action de l'eau des pompes, comme aux plafonds du Horne Store (fig. 19). Un bon revêtement ignifuge ne devrait, dans un incendie, ne se déprécier par l'action seule du feu que de 1 à 2 p. 100. Au Horne Store, la dépréciation fut de 50 p. 100, non compris les dégâts dus à la chute du réservoir. Au bâtiment méthodiste, elle fut de 43 p. 100 pour les cloisons, à cause de leur bois ; le revêtement des colonnes résista bien, quoique trop mince, — la couverte des poutres sous les voûtes des planchers fut (fig. 27) très éprouvée, mais pas les voûtes mêmes, dont il ne fallut remplacer que 90 mètres sur 12 000.

La rupture des poteries des voûtes tient surtout, d'après M. Purdy, aux inégalités de leurs dilatations provenant de ce qu'elles sont chauffées beaucoup plus d'un seul côté, elles se brisent aussi aux angles, qu'il faudrait arrondir. Les plafonds plats, unis, sont toujours préférables aux plafonds à caissons avec poutres saillantes, qui forment comme des poches retenant les flammes au lieu de les étaler comme les plafonds plats, et la base des poutres doit être protégée par des tuiles creuses sans saillies sur le plafond. Tous les cadres des baies doivent être en fer.

Quant au système de construction par carcasses en acier (1), la preuve de sa supériorité comme fireproof n'est plus à faire, en entendant, bien entendu, par bâtiment fireproof ou incombustible, non pas, ce qui est évidemment impossible, un édifice empêchant l'incendie des marchandises qu'il contient, mais bien pouvant supporter cet incendie sans brûler lui-même, et limiter le feu à la partie même du bâtiment où il se déclare. Ce programme peut être réalisé en faisant la façade en matériaux résistant au feu et à l'eau, — pas de terre cuite, mais de la brique, — en protégeant, à l'intérieur, les fers par des poteries poreuses et non pas dures et massives, — proscrire les bois plâtrés pour les cloisons, — disposer des rideaux incombustibles pouvant, lorsqu'un feu se déclare, le séparer du reste des paliers dans les grands magasins.

G. R.

1 *Bulletin* de novembre 1896, p. 1534.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

NOTES DE MÉCANIQUE

ENTREPÔTS FRIGORIFIQUES DES LONDON AND INDIA DOCKS, d'après **M. F. H. Donaldson** (1).

La capacité totale de l'entrepôt des *Victoria Docks* est de 26000 mètres cubes, pouvant recevoir 264744 carcasses de moutons. Les bâtiments sont (fig. 1 et 2) à deux étages de 3 mètres, de haut, avec chambres frigorifiques (*Refrigeration Chambers*) disposées de chaque côté des machines (*Engine Room*). L'une des extrémités de ces bâtiments aboutit au quai de déchargement des navires, avec plate-formes pour la recette et l'expédition des carcasses par wagons, voies reliées à tous les chemins de fer du pays, et grues pour desservir le second étage. A l'autre extrémité des bâtiments, opposée aux quais, se trouve une plate-forme pour l'expédition par camions. Le plancher du rez-de-chaussée est presque au niveau des rails, et l'on entre dans les chambres par de petites portes à $1^m,35$ au-dessus du sol, donnant sur des corridors et tambours au niveau du sol, et qui s'ouvrent sur les chambres par des portes isolées : chaque corridor dessert deux chambres. On introduit et l'on sort les carcasses par des sabords à $1^m,35$ du sol, à $0^m,45$ des plates-formes et à levée sur coulisses, de deux dimensions, l'une pour les moutons, l'autre pour les quartiers de bœuf, garnies de flanelle sur les bords et serrées par une barre à boulons. Ces trappes et les portes sont en doubles voliges séparées par un isolant en laine de laitiers. Tous les bâtiments sont sur pilotis, avec sol en 1/8 de béton surmonté d'une couche d'asphalte empêchant l'humidité, puis d'un plancher calfaté, recouvert d'une double couche de papier goudronné ; sur ce plancher, des lambourdes de 75×275 millimètres, protégées par des languettes de feutre de 6 millimètres, avec remplissage en charbon de bois et plancher parqueté de 30 millimètres d'épaisseur. Les murailles et les plafonds sont aussi construits en bois d'une manière analogue, ainsi que la toiture recouverte de tôle ondulée avec circulation d'air entre elle et l'isolant. Le charbon isolant est tassé à la densité de 180 kilogrammes par mètre cube, avec bourrage latéral en laine de laitiers, qui est exclusivement employée pour les portes, dont les secousses tasseraient trop le charbon.

La circulation de l'air froid se fait par des canaux en bois (*Trunks* fig. 2), avec trappes pour en régler la distribution.

Dans les nouvelles chambres, on a installé des embases métalliques dans lesquelles il suffit de passer des madriers verticaux de 75 millimètres de côté pour constituer des divisions permettant de séparer la viande en lots assez petits pour les besoins du commerce.

Toutes les surfaces exposées au frottement des viandes gelées sont protégées par des couvertures en bois de gaïac, qui résiste très bien.

(1) *Institution of Civil Engineers*, London, 16 février 1897.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. Donaldson a exécuté quelques expériences très intéressantes sur les isolants, au moyen de boîtes d'étain identiques plongées dans l'isolant et remplies de glace, dont on mesurait la fusion au bout d'un temps donné. Les résultats de ces essais ne sont malheureusement pas comparables, mais ils indiquent presque tous une certaine supériorité en faveur de la laine de laitiers.

On a dû, aux entrepôts des West India Docks et du West Smithfield, employer

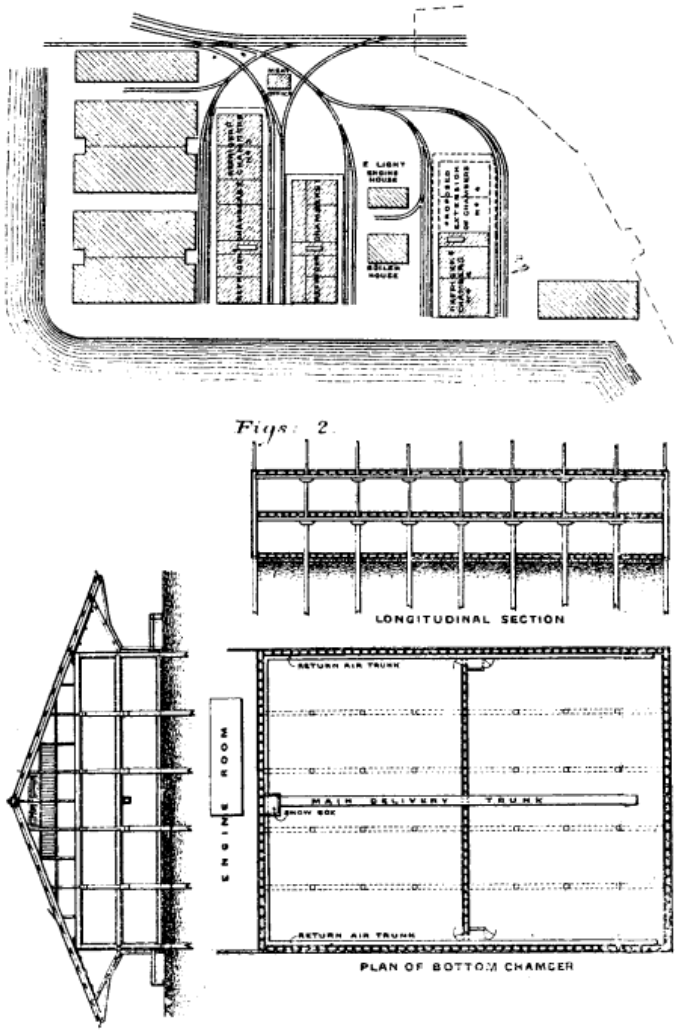


Fig. 1 et 2. — Entrepôts frigorifiques des *Victoria Docks*. Disposition générale de l'entrepôt et des chambres.

(fig. 3) la brique avec le bois. Quand l'isolant est placé près d'un mur de briques, on y a disposé dans toutes les directions, à 1m,50 l'une de l'autre, des cours de briques creuses, et maintenir par des tasseaux l'isolant à 60 ou 100 millimètres du mur, pour assurer la circulation de l'air et éviter de gâter l'isolant par les suintements.

La laine de laitiers, à l'origine plus isolante que le charbon, a été d'abord employée pour les plafonds et les cloisons, mais les vibrations ne tarderaient pas à la rendre

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

inférieure au charbon à cause de son tassement : elle ne convient que pour les plans chers bien rigides.

Les chaudières et la machinerie sont (fig. 5 à 8) placées sur le sol, dans une annexe. Les viandes, amenées à l'étage supérieur, sont dirigées sur les chambres par des plans inclinés *Meat Shoot* (fig. 5) terminés par des tables à ressorts qui en amortissent

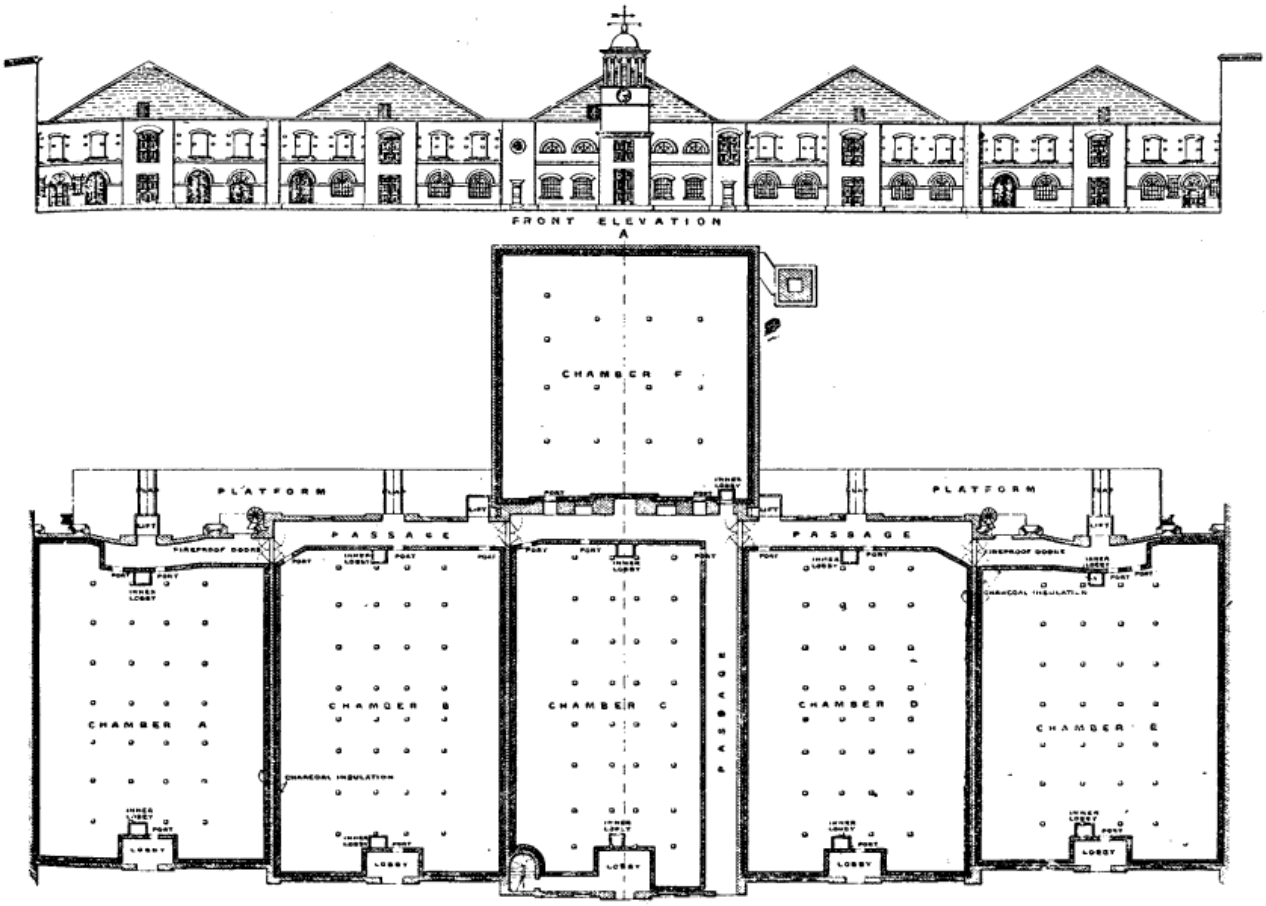


Fig. 3 et 4. — Entrepôt des *West India Docks*. Capacité 10900^{m3}. Élévation et plan. *Lobby* (tambour); *Charcoal* (charbon de bois); *Fireproof Doors* (portes incombustibles); *Lift*, monte-charges.

le choc, et les chambres sont disposées avec les mêmes isolants, séparations, etc., qu'aux Victoria Docks.

A Smithfield, le prix du terrain a forcé d'élever considérablement les bâtiments, (fig. 9). Près de la moitié du sous-sol (*Basement* fig. 13) de 3 mètres de haut, est occupé par les machines (fig. 14); le rez-de-chaussée renferme les bureaux, les boutiques et une plate-forme pour la manutention des camions, il a 4^{m},50 de haut, ce qui permet d'y prendre des carcasses de bœuf sur crochets et rails (*Meat Hooks and Rails*, fig. 10) A chaque étage se trouve une chambre séparée pour les œufs, le beurre, les fromages, etc. La ventillation des isolants est assurée le long des murailles par des cheminées d'appel d'air. Il a fallu, pour supporter le poids de ces hauts bâtiments,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

employer des colonnes en fonte, soigneusement isolées afin d'en éviter les variations brusques de température.

Machines. — On a adopté aux Victoria Docks trois paires de machines à air Haslam : deux d'une capacité de 5 000 mètres cubes par heure et une de 3600^{m3}, et aux West India Docks une machine à ammoniac de La Verge, construite aussi par Haslam, avec circulation de liquide incongelable dans les chambres. A Smithfield, on a installé une machine à acide carbonique de Hall, aussi, avec liquide incongelable. L'entrepôt con-

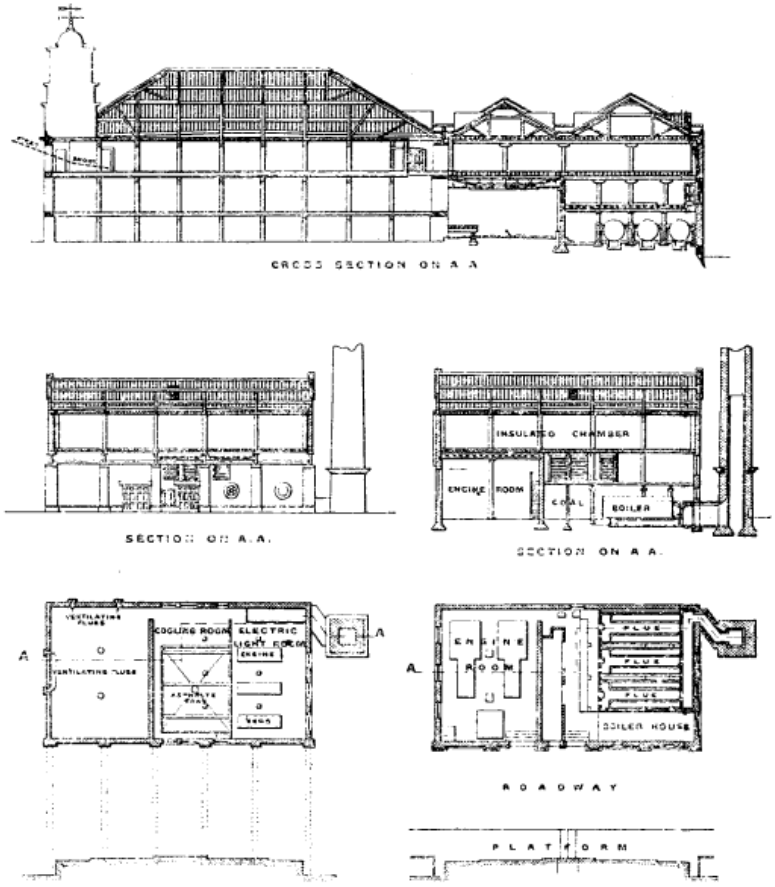


Fig. 5 à 8. — Entrepôt des *West India Docks*. Coupes A A (fig. 4 et fig. 7).

struit aux South West India Docks de 1894 est pourvu d'une paire de machines à air Haslam, semblables à celles des Victoria Docks, mais à compresseurs plus petits, de 550 × 610 de course. Avec les machines à air, il faut disposer les chambres en palier, à cause de la difficulté de refouler l'air froid à des hauteurs considérables sans augmenter notablement sa température, et ces machines exigent une dépense d'eau de refroidissement si grande qu'il faut pouvoir se la procurer presque gratuitement ; enfin, leur rendement thermique est très notablement inférieur. D'autre part, elles présentent l'avantage de renouveler l'air des chambres au grand bénéfice des viandes, principalement quand elles sont introduites déjà légèrement touchées, et elles se

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

prêtent mieux au maintien d'une répartition uniforme de la température. Avec les circulations de liquides réfrigérants dans les chambres, on court le risque d'une rupture de tuyau, — assez rare il est vrai, — mais moins à craindre qu'avec une circulation directe de l'ammoniac dans les chambres, et il se précipite sur les tuyaux du givre qu'il faut enlever périodiquement; en revanche, cette circulation de chlorure de cal-

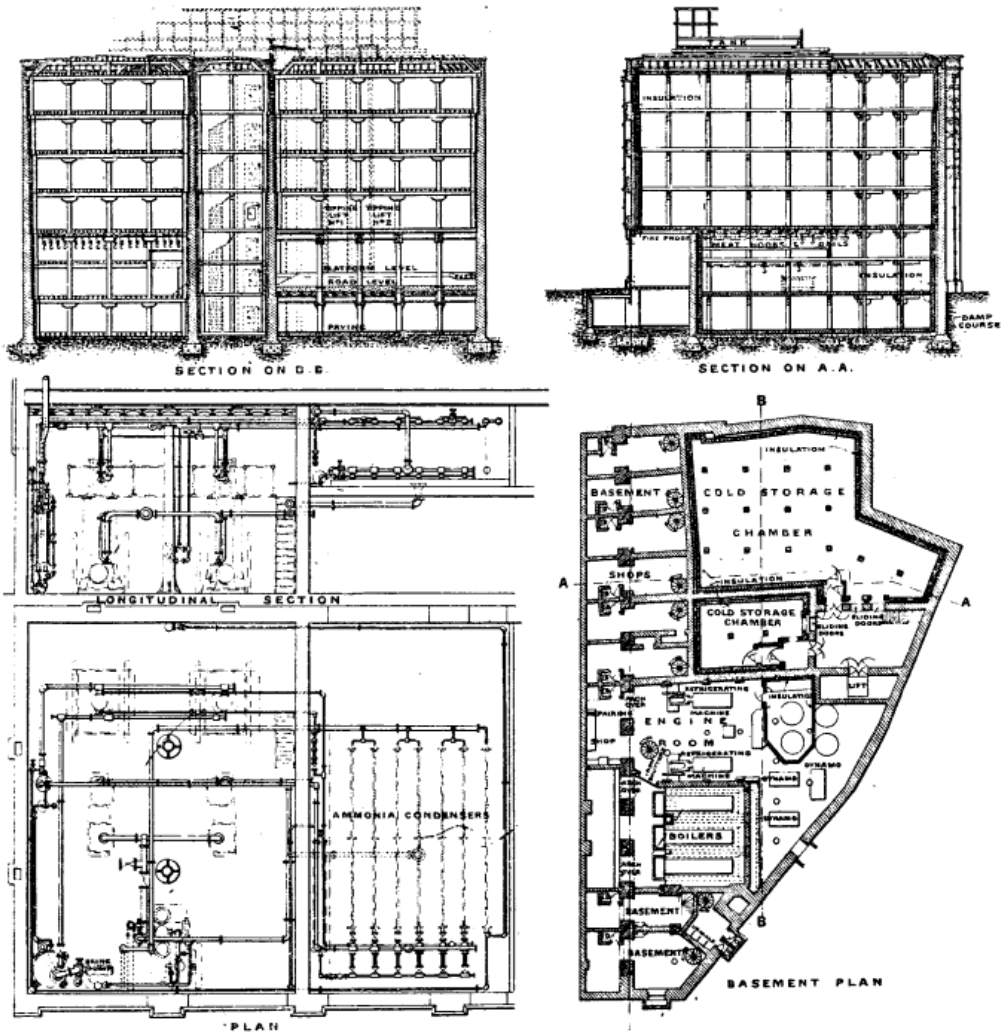


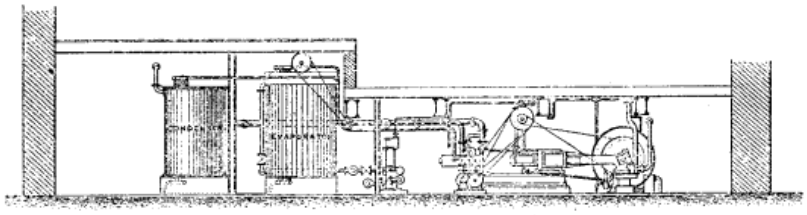
Fig. 9 à 13. — Entrepôt de *West Smithfield*. Capacité 10 800^{m3}.

cium, dont la densité ne doit pas être inférieure à 1,25, peut s'étendre indéfiniment en hauteur et absorbe un travail bien moindre que celui de la circulation de l'air. Les pertes d'ammoniac au compresseur sont très faibles.

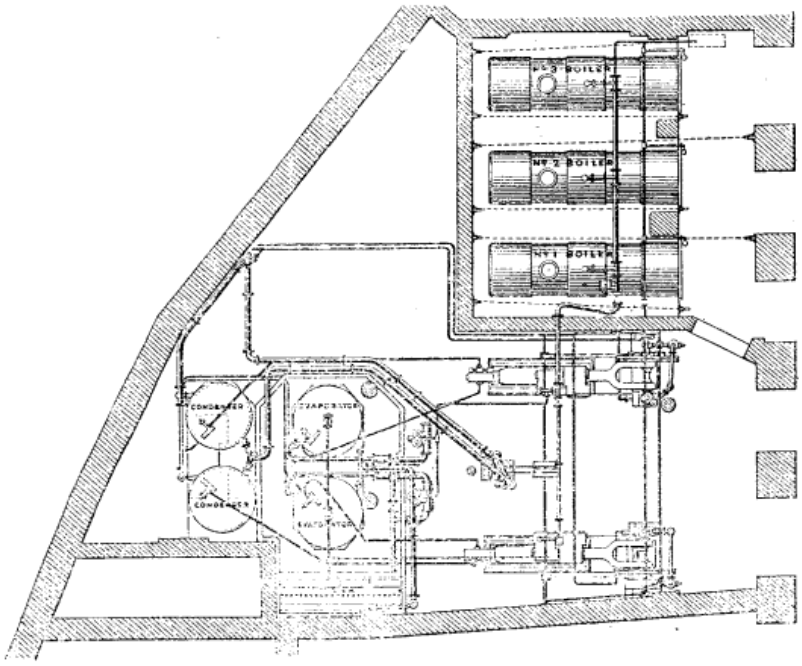
Les pressions, dans les machines à acide carbonique, atteignent 80 atmosphères, et les pertes d'acide carbonique sont considérables, mais ce gaz coûte moins cher que l'ammoniac et il peut s'en échapper une charge entière sans danger pour le personnel.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La machine à air des Victoria Docks, type de 5000 mètres cubes, est actionnée (fig. 14) par un moteur à vapeur compound, à cylindres de 500 et 800 × 915 millimètres de course, avec condenseur à surface, accouplés à 90°, commandant chacun directement un compresseur de 650 × 910 de course, à enveloppe d'eau de refroidissement, aspirant l'air des chambres, le comprimant à 3^{kg},50 dans un refroidisseur à tubes (*Cooler*)



SIDE ELEVATION.



PLAN.

Fig. 14 et 15. — Disposition des machines dans les sous-sols de l'entrepôt de *West Smithfield*.

entourés d'une circulation d'eau pompée dans le dock et passant ensuite aux enveloppes des cylindres puis au condenseur. Cet air, ainsi refroidi et comprimé, va se sécher par son passage sur des tubes (*Drying Pipes*) parcourus par l'air froid aspiré des chambres, sur lesquels son humidité se dépose et s'écoule, puis cet air va se détendre et achever de se refroidir aux deux cylindres de détente (*Expander*) de 490 × 915 de course, à détente réglée par des tiroirs, et dont le travail aide celui des cylindres moteurs: de là, l'air détendu s'échappe dans une boite à neige à une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

température de — 55° environ, puis est distribué aux chambres par des conduites en bois (*Trunks*) de 600 × 500, avec trappes disposées de manière à y maintenir une température d'environ — 7°. Les conduites de retour d'air, placées latéralement près du plafond, ont 380 millimètres de côté et sont aussi pourvues de vannes de réglage. En pleine marche, tout l'air des chambres passe par les machines en deux heures, avec une puissance indiquée totale de 287 chevaux, fournie par six chaudières Galloway, dont une de rechange.

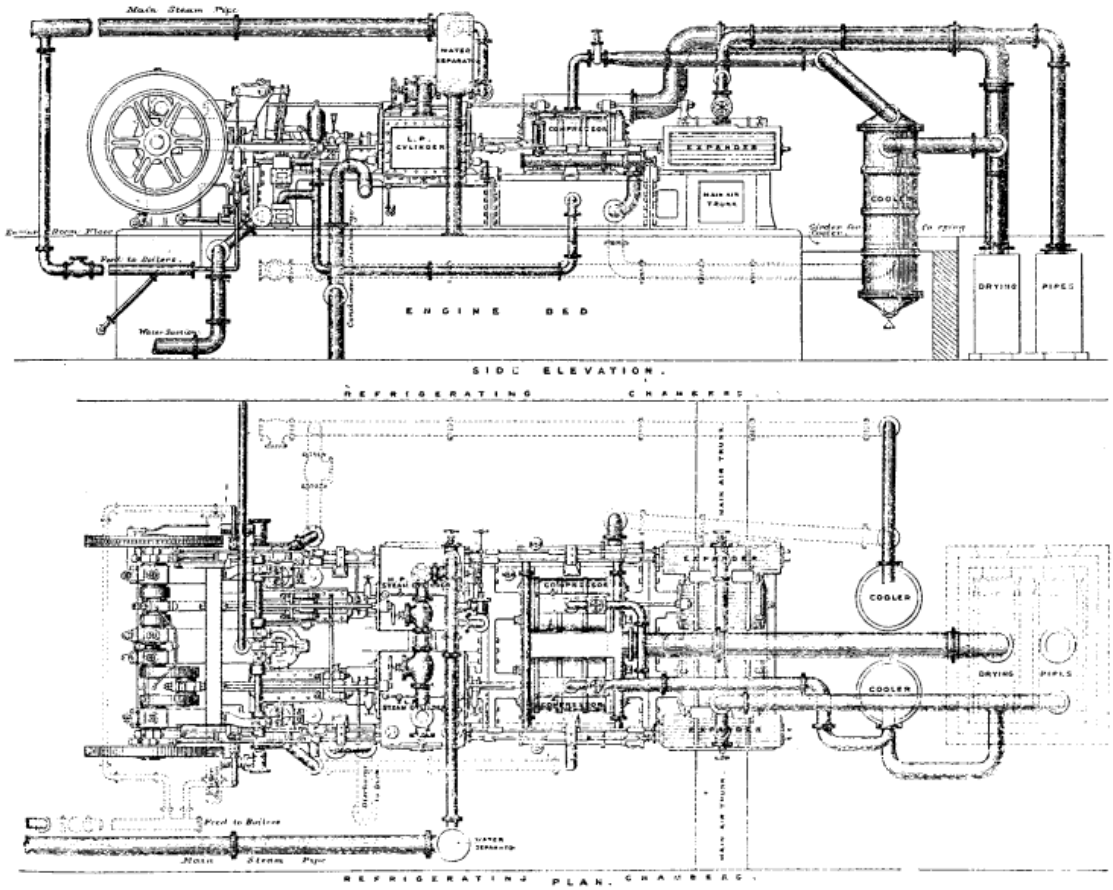


Fig. 15. — Machine frigorifique à air *Haslam* des *Victoria Docks*.

Les compresseurs de La Vergne, de 280 × 710 de course aux West India Docks, (fig. 16) sont en double : un seul suffisant pour le service, commandés par des moteurs horizontaux en tandem à condensation, avec cylindres de 280 × 468 sur 710 de course, disposés au bas du bâtis vertical des compresseurs. La pression de liquéfaction de l'ammoniac varie de $5^{kg},4$ à $9^{kg},50$ suivant la température de l'eau de refroidissement ; au sortir du compresseur, elle passe dans un séparateur d'huile, puis dans un condenseur genre Beaudelot exposé à l'air libre, et enfin dans un liquéfacteur de $4^{m},60 \times 250$ millimètres de diamètre, qui l'amène au réfrigérant à chlorure de calcium. La circulation de chlorure de calcium, effectuée par des pompes, a environ 18 kilomètres de long : puissance indiquée d'un compresseur 70 ^{chx}, 5.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les machines à acide carbonique du West Smithfield sont aussi en double (fig. 17), commandées chacune par un moteur tandem à cylindres de 250 et 430 × 530 de course, actionnant directement un compresseur de 140 × 430. Condenseur à injection

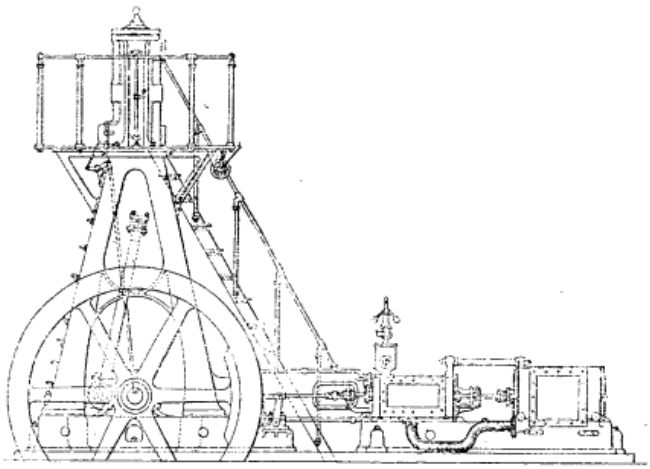
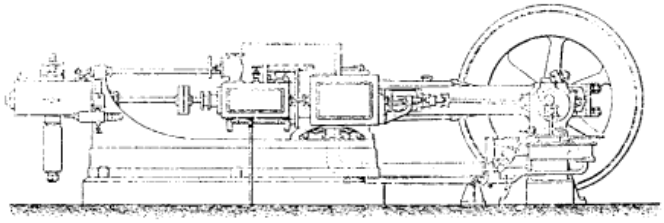


Fig 16. — Machine à ammoniaque *La Vergne* des *West India Docks*.

sous l'arbre de couche. Les compresseurs sont forés dans un bloc d'acier forgé ainsi que les sièges des soupapes (1). Du compresseur, le gaz passe au condenseur, constitué par un cylindre de $2^m,90 \times 2$ mètres de diamètre, avec serpentins entourés d'eau



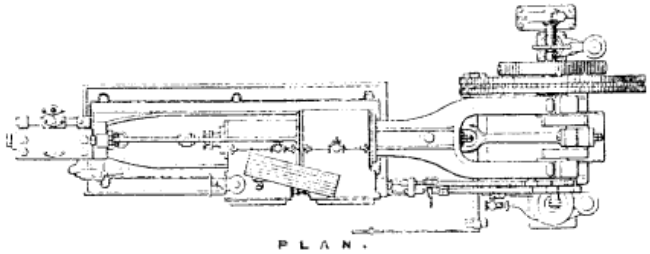


Fig. 17 et 18. — Machine à acide carbonique de *Hall*, à *West Smithfield*.

de refroidissement, puis au réfrigérant de 3 mètres × $2^m,10$ de diamètre, où il se détend en refroidissant le chlorure de calcium, dont la circulation a 22 kilomètres de long : puissance indiquée de chaque compresseur : 74 chevaux.

Aux Victoria Docks, les grues qui déservent l'étage supérieur basculent automatiquement leur charge sur les tables de manutention. Aux West India Docks, il a suffi

1) *Bulletin* de septembre 1897, p. 1258.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de quatre grues hydrauliques, l'emmagasinement des viandes se faisant presque entièrement par gravitation. A Smithfield, la hauteur des bâtiments a, au contraire, exigé l'emploi d'une machinerie de manutention considérable; il s'y trouve quatre monte-charges, dont deux du type courant et deux spécialement étudiés par l'auteur pour la recette des viandes (fig. 19). Les viandes sont amenées à la plate-forme de recette,

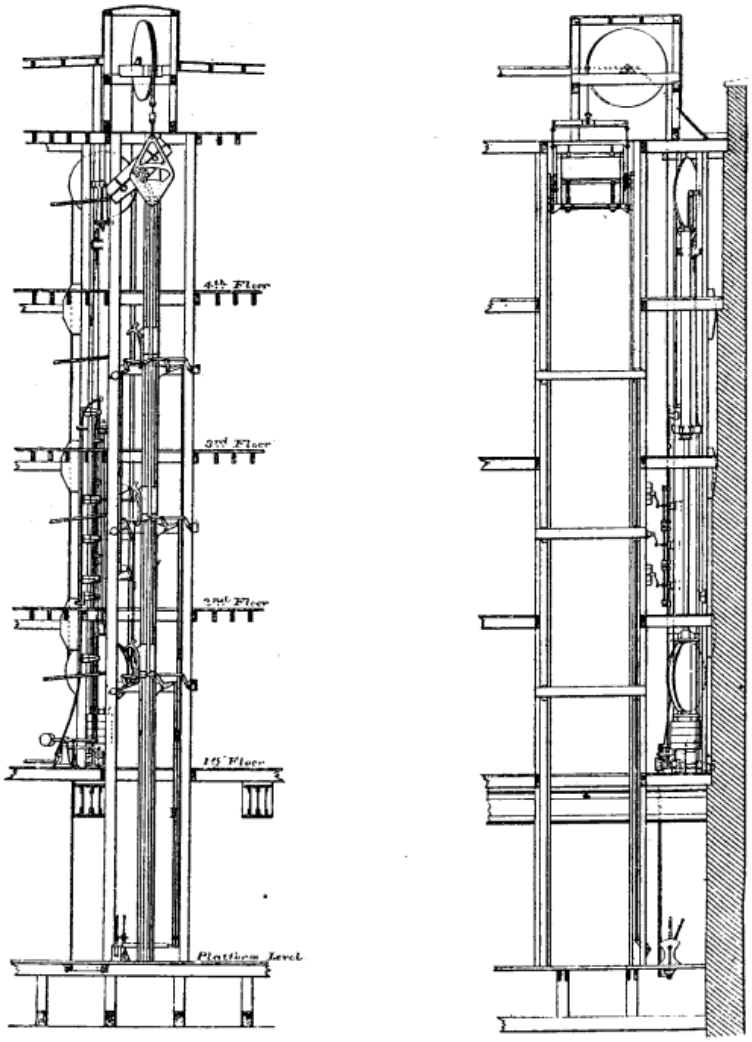


Fig. 19 et 20. — Monte-charges de *West Smithfield*.

dont l'employé connait les numéros des chambres où il faut les porter : au moyen de leviers à sa main il fait, saillir des guidages, et aux étages de ces chambres, des arrêts qui bloquent automatiquement la manœuvre de l'ascenseur. Les viandes ainsi déchargées sur une table passent par plans inclinés dans les chambres. L'installation comprend en outre, dans les combles, deux réservoirs de 90 et 40 mètres cubes, pour alimenter le condenseur du compresseur et des moteurs; ils sont pourvus de refroidisseurs à jets Korting pour la récupération de leur eau et de pompes de circulation.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On a appliqué avec succès, à Smithfield, un système de thermomètre électrique dû à M. C. E. Vernon, qui consiste essentiellement à disposer dans chaque chambre un ressort hélicoïdal thermostatique en acier et laiton, dont l'extrémité libre promène une aiguille de contact sur six touches correspondant à des températures variant de — 10° à — 3°, et qui sont reliées par autant de fils aux volets électro-magnétiques correspondants d'un tableau du bureau central. Dès que l'on presse un bouton disposé à l'extérieur d'une chambre quelconque, le volet correspondant tombe et indique ainsi la température de cette chambre.

Il est presque impossible d'obtenir, par des essais des différents systèmes employés, des résultats rigoureusement comparatifs, mais, néanmoins, sous cette réserve, on peut affirmer que le prix de revient des 100 mètres cubes d'air abaissé d'un degré varie peu d'un système à l'autre, et oscille en pratique entre 8 et 9 centimes.

Dans la discussion du mémoire de M. Donaldson, M. M. Nelson fait remarquer que la détérioration des viandes gelées, quand on les découpe, provient principalement de l'humidité atmosphérique qui s'y dépose : pour dégeler convenablement ces viandes, M. Nelson les enferme dans une chambre dont il sèche d'abord l'atmosphère en la refroidissant par une circulation d'ammoniac, sur les tuyaux de laquelle son humidité se précipite en givre, puis en portant cet air sec à 15° ou 20° par un serpentin de vapeur.

La viande ainsi dégelée ne diffère en rien, ni comme aspect ni comme goût, de la viande fraîche.

M. Harris rappelle l'entrepôt de M. Nelson's Wharf, en briques et bois, descendant à 7 mètres sous le sol, et élevé de 7m,20, avec ouvertures au plancher supérieur seulement : intérieur isolé par trois épaisseurs de voliges avec papier goudronné entre elles. 380 millimètres de sciure de bois et une seconde enveloppe semblable en bois et papier, puis les murs de briques. Volume : 27 000 mètre cubes, maintenus à — 10° en été, avec un passage de 10 000 à 20 000 carcasses de mouton par jour, et une dépense de 1 tonne de menus par jour, ce qui démontre l'avantage capital d'un bon isolement. D'après ses expériences, la fine sciure de bois dur constitue le meilleur isolant. Le rendement thermique de la machine frigorifique a, dans ce cas, peu d'importance.

M. Marcet préfère aussi comme isolant la sciure de bois, comme compresseur les types verticaux à soupapes verticales, comme circulation le liquide avec réglage indépendant pour chaque chambre, et comme gaz l'acide carbonique, principalement à bord des navires, en raison de son innocuité et de son bon marché, qui permettent de disposer sur la tuyauterie une soupape de sûreté laissant perdre le gaz en cas de surpression dangereuse. Un navire fait le service de la Nouvelle-Zélande à Londres avec 1 800 tonnes de viandes maintenues à — 18° par une machine à acide carbonique de Hall, dépensant 500 kilos de charbon par jour, et une perte de 300 francs d'acide carbonique pendant la traversée.

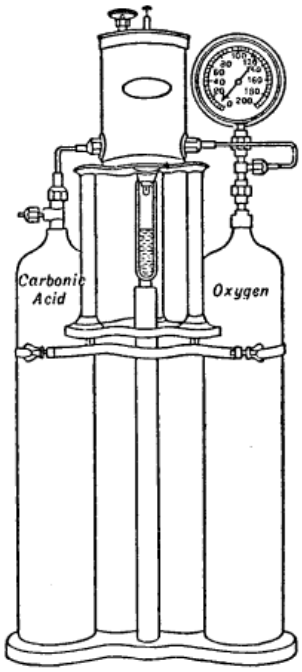
EMPLOI DES RÉGÉNÉRATEURS DE FROID POUR LA PRODUCTION DE TRÈS BASSES TEMPÉRATURES D'APRÈS *M. Ewing* (1).

Nous avons déjà attiré l'attention de nos lecteurs sur cette ingénieuse application faite par MM. Lindé et Hampson (2), noms auxquels il convient d'associer ceux de

(1) *Society of Arts journal*, 17 septembre 1897, p. 1091.
(2) *Bulletin* d'octobre 1895, p. 1114 et avril 1896, p. 621.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Siémens Windhausen et Solvay. M. Dewar a construit d'après ce principe, et pour liquéfier l'oxygène ou l'air, l'appareil représenté par la figure 21. Dans l'une des deux bouteilles en acier se trouve l'oxygène comprimé à 150 atmosphères, et dans l'autre l'acide carbonique liquéfié. L'oxygène traverse (fig. 22) un long serpentin en cuivre, dans lequel il est refroidi d'abord par la détente de l'acide carbonique, avant



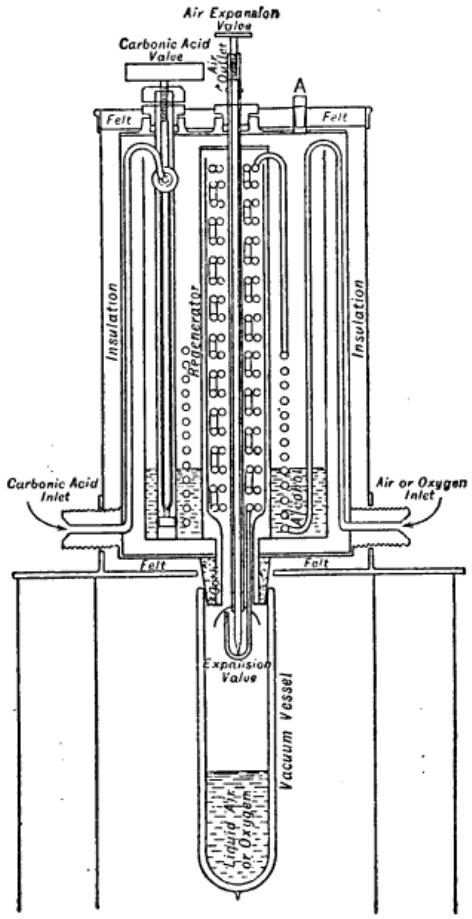


Fig. 21 et 22. — Machine à liquéfier l'air *Dewar*. — Ensemble et détail des serpentins.

d'arriver au régénérateur Hampson (1), d'où l'on voit tomber l'air liquide au bout de cinq minutes.

Le refroidisseur ou échangeur de température Dewar pour laboratoire se compose d'un serpentin B (fig. 23) plongé dans un tube à vide et enroulé sur une ampoule vide : le gaz comprimé sort par le bas du serpentin et se détend dans l'espace annulaire entre l'ampoule et le tube, dont le vide empêche le rayonnement du serpentin. Pour liquéfier l'hydrogène, ce gaz, comprimé en A (fig. 24) traverse un serpentin B,

(1) *Bulletin* d'avril 1896, p. 621.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

refroidi par de la neige d'acide carbonique, un autre C, refroidi par de l'éthylène liquide, puis l'échangeur D, à serpentin G, du bas duquel il s'échappe par un pointeau

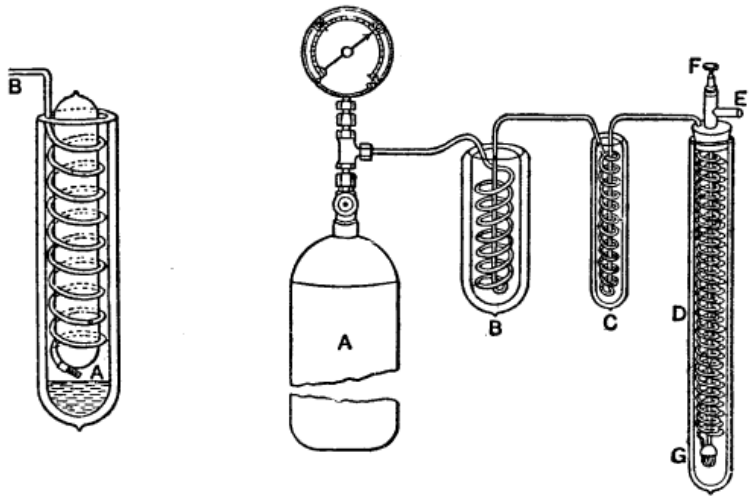


Fig. 23. — Refroidisseur *Dewar* pour laboratoires. — Fig. 24. — Liquéfacteur d'hydrogène *Dewar*.

ouvert par F ; il sort par E, après avoir parcouru la surface du serpentin G, à une température de — 240° environ.

ROULEMENTS SUR BILLES *Lavroff*.

La fusée *a* (fig. 25) porte sur les billes par une virole en acier dur *b*, folle sur *a*, de manière que *a* puisse y tourner en cas de bris d'une bille, et les cercles de billes ont chacun leur roulement indépendant *c* chargé par une plaque de caoutchouc *d*, qui en répartit automatiquement la pression sur *c*. La butée de la fusée est reçue soit par un grain *d*, maintenu sur *f* par le ressort réglable *e*, soit par des billes *i*, à roulement *l*, fou sur l'extrémité *k* de *a* et maintenu par le bouclier *m*, à serrage sur caoutchouc *o*.

Pour monter les billes et leurs roulements *c*, on dispose ces roulements successivement à l'extrémité conique d'un mandrin en bois (fig. 28) du même diamètre que la virole *b* (fig. 25) sur lequel on les enfile après y avoir ainsi facilement logé les billes. Après avoir ainsi enfilé tous les roulements entre 4-4 et 5-5 (fig. 28), on sépare le mandrin de sa base 2-3, puis on l'amène dans le prolongement de *b* (fig. 25) sur lequel on fait glisser toutes les bagues *c*. Le montage des billes *i* et de leur roulement *l* se fait de même (fig. 29).

La figure 30 indique l'application du principe des roulements indépendants à une crapaudine avec support élastique 7.

MACHINE *Grant* A ÉBAUCHER LES BILLES

Dans cette machine, les billes sont ébauchées, comme en d_3 (fig. 37), par le passage d'une barre au rouge entre deux molettes D, convenablement alvéolées. L'arbre A de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

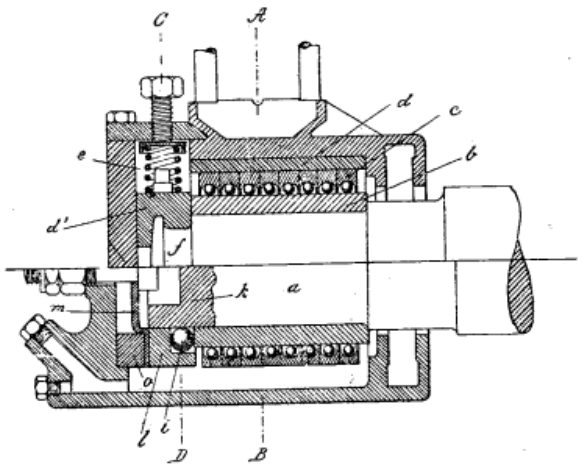


Fig. 25. — Roulement à billes *Lavroff* pour fusées. Coupe longitudinale.

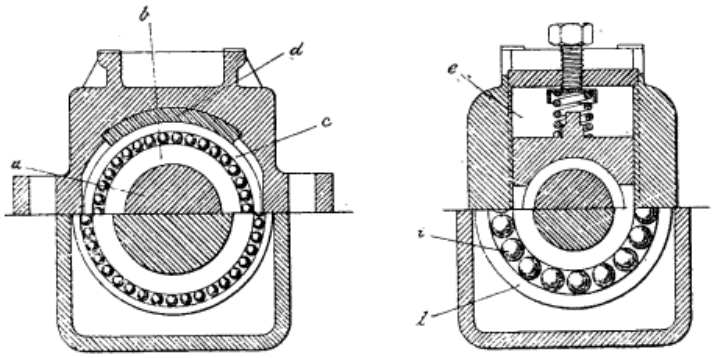


Fig. 26 et 27. — Roulement à billes *Lavroff*. Coupes transversales A B et C D, fig. 25.

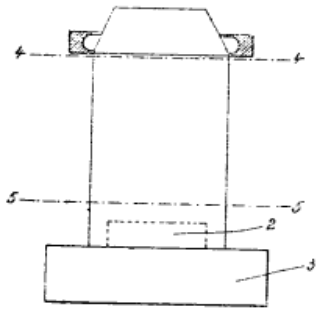


Fig. 28. — Roulement *Lavroff*. Mandrin pour le montage des billes.

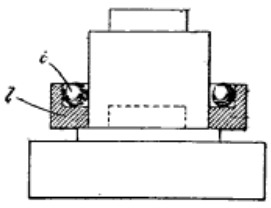


Fig. 29. — Roulement *Lavroff*, montage des billes *i* (fig. 25).

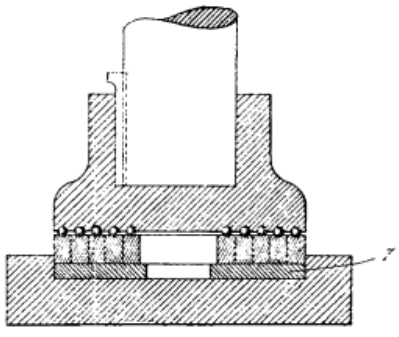


Fig. 30. — Roulement *Lavroff* pour crapaudine.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

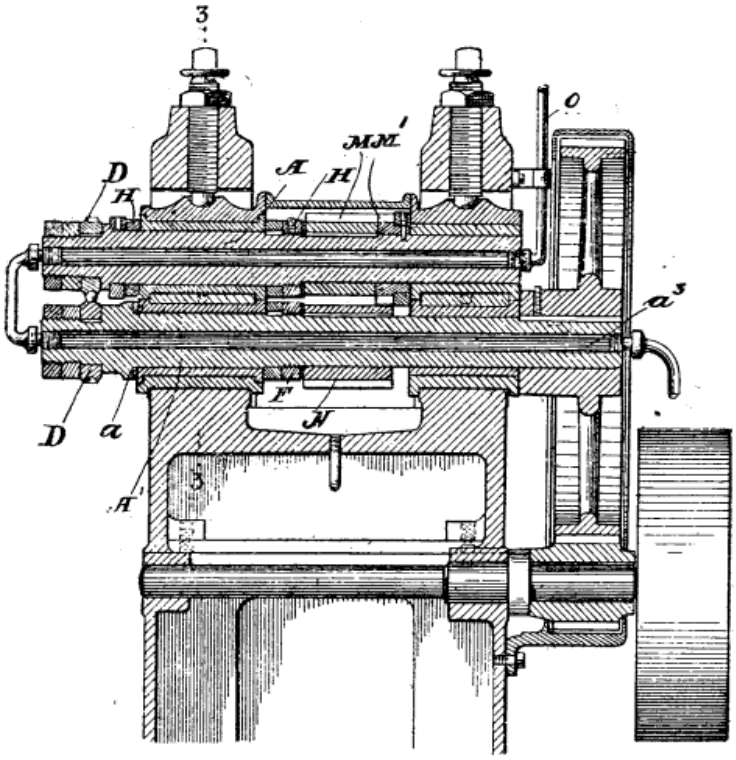


Fig. 31. — Machine *Grant* à ébaucher les billes. Coupe longitudinale par la broche A.

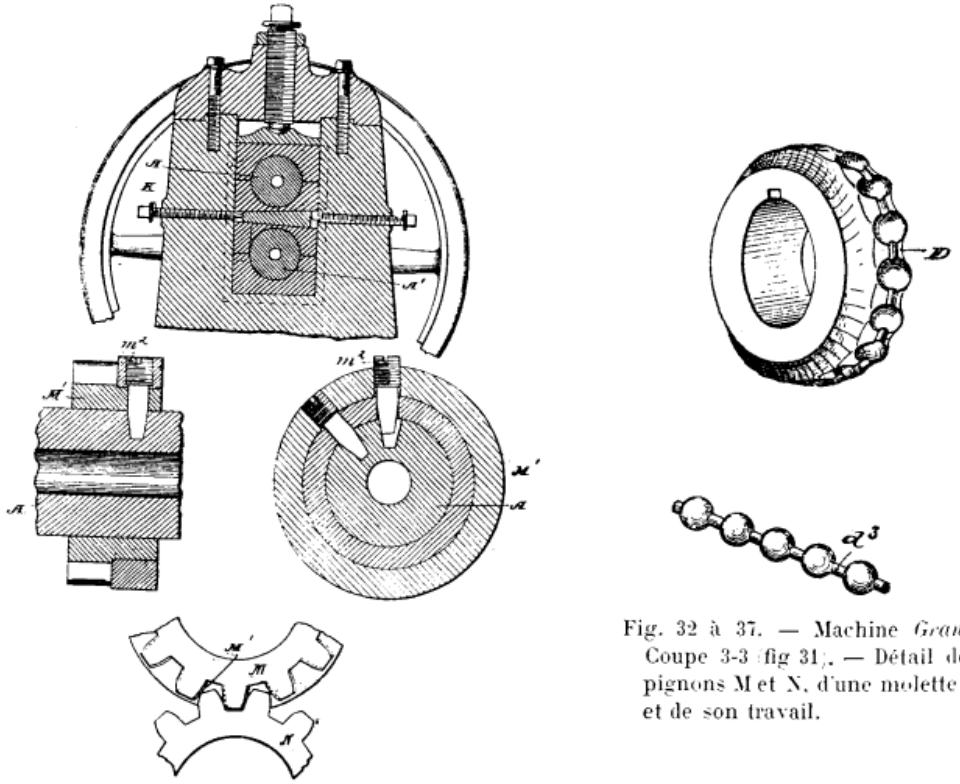


Fig. 32 à 37. — Machine *Grant*. Coupe 3-3 (fig 31). — Détail des pignons M et N, d'une molette D et de son travail.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la molette inférieure est fixée longitudinalement par le collet a et l'écrou F, l'autre arbre A est réglable longitudinalement par l'écrou H, et tous deux se règlent verticalement par les coins K. Ces arbres se commandent par les pignons N et M, ce dernier doublé d'un pignon M′, que l'on peut, par les vis m^2 (fig. 35) avancer sur M, de manière à en rattraper ses feux sur N, comme en fig. 10, de manière à conserver la concordance des molettes. Enfin les arbres A et A′ sont rafraîchis par une circulation d'eau $O'a^3O$.

NOUVELLE MÉTHODE D'ESSAI DES MÉTAUX. — NOTE DE **M. Ch. Frémont** (1).

Il est actuellement admis par les spécialistes que chacune des barres de métal ou des feuilles de tôle qui entrent dans la construction d'œuvres dont la rupture accidentelle peut provoquer des accidents graves doit être essayée, et que l'essai doit porter sur les diverses parties de la pièce éprouvée; car une seule partie défectueuse dans une tôle de chaudière peut occasionner une explosion, un seul rail brisé peut produire un déraillement, etc. La marine, l'artillerie, les grandes administrations sont ainsi conduites à faire, par sécurité, de nombreux essais des métaux qu'elles emploient.

Les procédés actuels de recette des métaux exigent la perte de grandes quantités de métal et une dépense élevée pour la préparation des éprouvettes d'essai; l'obligation d'économie en réduit considérablement l'application dans l'industrie privée. Ma méthode permet d'effectuer les essais sur de petites quantités de métal, facilement préparées aux dimensions voulues; elle est donc économique.

Les résultats de ces essais, enregistrés par mes nouveaux procédés, sont d'une exactitude suffisante pour la pratique industrielle.

J'ai adopté, pour les éprouvettes, la forme prismatique avec des dimensions constantes pour obtenir des résultats comparables. La longueur du prisme est de $0^m,020$; la largeur $0^m,010$ et l'épaisseur $0^m,008$.

Ces dimensions réduites me permettent d'extraire les éprouvettes de déchets produits au cours de la fabrication, tels les débouchures résultant du poinçonnage; il me suffit de n'utiliser, dans ces dernières, que la partie supérieure, non détériorée par le poinçonnage, ainsi que je l'ai démontré (2), en ayant soin d'éviter de prendre les renseignements dans la paroi latérale ou dans la proue de la débouchure.

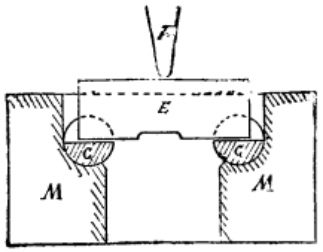


Fig. 38. — Coupe de la matrice de pliage.

Chaque essai doit renseigner sur la *ténacité*, la *ductilité*, la *fragilité* et l'*homogénéité* du métal.

Mesure de la ductilité. — J'évalue la *ductilité* par le pliage enregistré, comme je l'ai indiqué dans ma Note présentée à l'Académie le 22 février 1897

L'éprouvette prismatique E (fig. 38) est placée sur deux coussinets demi-cylindriques C, C, logés parallèlement dans la matrice M; le poinçon P, en forme de couteau avec extrémité mousse, opère le pliage; les coussinets C, C donnent une surface d'appui suffisante pour éviter d'entamer l'éprouvette et tournent, sous l'effet du pliage, chacun d'un angle moitié de celui que forme l'éprouvette pliée en son milieu; il suffit donc de caler à l'extrémité de l'un de ces coussinets un secteur sur lequel s'enroule le câble qui actionne l'enregistreur, pour que les abscisses du diagramme indiquent immédiatement l'angle de pliage.

Les ordonnées sont obtenues par l'écartement du bâti de la poinçonneuse.

La face de l'éprouvette qui subit l'extension porte sur toute sa largeur une cannelure de $0^m,001$ de profondeur, de $0^m,004$ d'ouverture, avec deux congés de raccordement, pour limiter

(1) *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, 4 octobre 1897, p. 492.
(2) *Bulletin de la Société d'Encouragement*, septembre 1897.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la zone d'allongement et déterminer la rupture même dans les métaux les plus ductiles qui, sans cette précaution, se plieraient à bloc sans se rompre.

Sur une des faces latérales de l'éprouvette, on a gravé, après polissage, des divisions uniformément espacées de $0^m,001$.

Après pliage, l'éprouvette est portée devant l'objectif d'un appareil photographique amplifiant l'image exactement de dix diamètres pour montrer les déformations du métal entre chacune des divisions primitives.

La figure 39 montre une de ces photographies.

Mesure de la ténacité. — La mesure de l'allongement effectuée sur la glace dépolie ou sur le cliché terminé, l'éprouvette est rompue en son milieu; chaque fragment d'une longueur suffisante donne, par l'ordonnée maximum du diagramme du cisaillement, la résistance ou *ténacité*, comme je l'ai indiqué dans ma Note à l'Académie du 10 décembre 1894.

Mesure de la fragilité. — Une seconde éprouvette, de mêmes dimensions que la première,

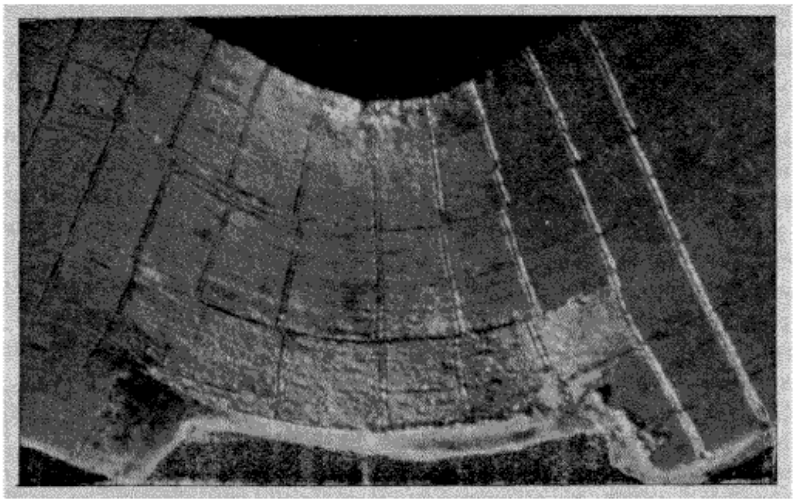


Fig. 39. — Photographie amplifiée d'une éprouvette pliée.

mais entaillée d'un trait de scie de $0^m,001$ de large et de $0^m,001$ de profondeur, subit le choc pour indiquer la *fragilité*.

J'ai obtenu puis enregistré immédiatement et exactement la mesure du choc en procédant par différence, au lieu de procéder par tâtonnements successifs, comme il est d'usage. Je mesure une fois pour toutes le travail du mouton tombant d'une hauteur maximum fixe sur un crusher ou sur un ressort, et ensuite, dans chaque essai, je mesure le travail du même mouton, tombant de même hauteur que précédemment, mais ayant opéré dans sa chute la rupture de l'éprouvette entaillée; dans ce dernier cas, le crusher est moins écrasé ou le ressort moins comprimé que dans le premier cas, et la différence mesure exactement le travail dépensé pour effectuer la rupture (1).

Mesure de l'homogénéité. — Les divergences entre les différentes valeurs des trois constantes mécaniques : ténacité, ductilité, fragilité, en différents points d'une pièce, donnent la valeur de l'homogénéité du métal.

1. Le même procédé me permet de mesurer le frottement du mouton dans ses glissières en enregistrant le travail de la chute libre, les glissières écartées, et le travail en chute normale, les glissières rapprochées.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

RECHERCHES SUR LES MOTEURS A ALCOOL. NOTE DE **M. Max Ringelmann** (1).

La crise que traverse depuis quelques années la distillerie portant le plus grand préjudice à l'agriculture de certaines régions, plusieurs sociétés et syndicats agricoles ont cherché à développer les emplois industriels de l'alcool, tout en demandant une nouvelle réglementation concernant les taxes et la dénaturation de ce produit.

On s'est préoccupé non seulement du chauffage et de l'éclairage par l'alcool, mais encore de son emploi à la production de la force motrice, sans cependant préciser les différentes conditions d'utilisation de ce combustible en nous montrant des moteurs spéciaux.

La présente note résume les recherches que j'ai pu effectuer à la Station d'essais de machines sur les moteurs à alcool (2).

Les essais comparatifs ont porté sur de l'alcool dénaturé et sur de l'essence minérale. Voici les résultats des analyses des combustibles employés, que M. Achille Müntz a bien voulu nous faire :

	Essence minérale.	Alcool dénaturé.
Carbone	84,3	41,5
Hydrogène	15,7	13,0
Oxygène	0	45,5
Densité à 15°	708	834
Point d'ébullition (3)	88°	98°,5

Les calculs relatifs à ces combustibles sont indiqués dans le tableau suivant :

	Essence minérale.	Alcool dénaturé.
Calories dégagées par kilo	11 359,65	6 521,95
Rapports des puissances calorifiques	100	57,41
	174,1	100
Air nécessaire pour la combustion de 1 kilo (mèt. cubes)	11,782	5,698
Consommations relatives de combustible par cylindrée (en poids	100	206,77
Puissances calorifiques correspondantes	100	118,7

Les résultats de l'évaporation par heure et par décimètre carré de surface de combustible exposée à l'air dans diverses conditions sont résumés dans le tableau ci-dessous :

	Température de l'air.					
	18° dans le hall d'essais.		21°,5 au dehors, à l'ombre.		au dehors, au soleil	
	Essence minérale.					
Température du liquide	15°,2	»	11°,7	»	24°,2	»
Poids évaporé (grammes)	»	9,37	»	35,06	»	47,21
	Alcool dénaturé.					
Température du liquide	15°,6	»	11°,3	»	19°,5	»
Poids évaporé (grammes)	»	3,47	»	16,66	»	27,08

Les essais pratiques ont été effectués sur des moteurs à essence minérale. Le premier type que j'ai adopté est un moteur horizontal de 2 à 3 chevaux, du cycle à quatre temps, à allumage électrique et à soupapes automatiques, construit par M. Brouhot.

Les résultats de ces premiers essais ont été vérifiés sur un moteur Benz, vertical, de 3 à 4 chevaux, à allumage par incandescence.

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 18 octobre 1897.

(2) Un crédit spécial avait été mis à ma disposition par la Société d'Agriculture de l'arrondissement de Meaux.

(3) Pression barométrique : 767,5.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le premier moteur ne peut partir seul avec l'alcool, ce combustible émettant trop peu de vapeurs à la température de 15° à 20°. J'ai tourné la difficulté en faisant fonctionner pendant cinq minutes environ le moteur avec l'essence minérale et, lorsque la température moyenne des gaz de la décharge atteignait 70° environ, on commençait l'alimentation à l'alcool, en ayant soin de modifier de suite la composition du mélange tonnant (pour le même volume engendré par le piston, il faut 2,06 fois plus d'alcool que d'essence, afin d'obtenir un mélange tonnant à combustion complète).

Pour faire fonctionner le second moteur avec l'alcool, j'ai établi un carburateur posé sur un fourneau à gaz qui permettait de maintenir le combustible à une température de 42° à 47°, reconnue, par tâtonnements, la plus favorable au fonctionnement de la machine (ce carburateur présente de grands dangers d'incendie).

Les résultats généraux des essais sont consignés dans le tableau ci-après (les chiffres se rapportent à des essais de longue durée, alors que les moteurs étaient en régime de température) :

	Consommation par heure.		Rapport des consommations.	
	Essence minérale.	Alcool dénaturé.	Essence minérale.	Alcool dénaturé.
Moteur horizontal.				
	kg	kg		
A vide	1,040	2,267	1	2,05
Par cheval à demi-charge	0,950	1,767	1	1,86
Par cheval en charge	0,892	1,396	1	1,56
Moteur vertical.				
A vide	0,328	0,771	1	2,35
Par cheval à demi-charge	0,619	1,097	1	1,66
Par cheval en charge	0,407	0,963	1	1,87
Moyennes			1	1,89

Pour obtenir le même travail industriel, on consomme ainsi de 1,5 à 2,3 plus d'alcool dénaturé que d'essence minérale. Les prix de revient de la dépense de combustible (aux cours actuels) s'établissent ainsi :

	Essence minérale.	Alcool dénaturé.	Pétrole lampant de 823 (chiffres du premier prix du Concours international de Meaux en 1894).
Consommation par heure et par cheval : en poids (kilos	0,400	0,756	0,438
Consommation par heure et par cheval : en volume (litre	0,565	0,906	0,532
Rapport des consommations en volumes	105,28	169,2	100
Prix du litre (hors Paris)	0fr,50	1fr	0fr,30
Prix du cheval-heure	0fr,28	0fr,90	0fr,16

Dans ces conditions, les rapports de combustible, pour obtenir la même puissance, sont :

	fr.
Moteur à pétrole lampant	1,00
Moteur à essence minérale	1,75
Moteur à alcool dénaturé	3,625

Avec les résultats ci-dessus, l'alcool dénaturé devrait donc être vendu à raison de 17 fr. 70 l'hectolitre pour être équivalent, au point de vue économique, au pétrole lampant valant 30 francs l'hectolitre.

Il est désormais acquis qu'il ne faut pas songer à l'utilisation économique de l'alcool pour les moteurs, surtout si l'on tient compte des dangers d'incendie qu'entraîne la manipulation d'un liquide aussi inflammable.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LIVRES ET OUVRAGES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE

EN AOUT, SEPTEMBRE ET OCTOBRE 1897

Association alsacienne des propriétaires d'appareils à vapeur. Section française. *Exercice* 1896, 1 vol. in-8°, 67 p. Nancy, imprimerie Berger-Levrault.

Société havraise d'études diverses. *Recueil des publications*, 1895-1896. Le Havre, imprimerie Micaux.

Le laboratoire d'électricité. *Notes et formules*, par le Dr J. A. Fleming, traduit par M. J.-L. Boutin, 1 vol. in-8°, 152 p. Paris, Gauthier-Villars.

Manuel pratique du monteur électricien, par M. J. Laffargue, 1 vol. in-18, 635 p., 434 f. 3e éd. de la *Bibliothèque des actualités industrielles*. Paris, B. Tignol.

Les ballons-sondes, par M. W. de Fonvielle, 1 vol. in-18, 112 p., de la *Bibliothèque des actualités scientifiques*. Paris, Gauthier-Villars.

De la collection Leauté. **Les fours électriques et leurs applications**, par M. A. Minet. Traité d'un chemin de fer, par M. A. Dufour.

Notes et formules de l'Ingénieur, par M. C. de Lahaupe, 11e éd., 1 vol. in-18, 1312 p. Paris, Bernard.

Du Ministère des travaux publics. **Statistique des chemins de fer français** au 31 décembre 1895. Intérêt général, intérêt local. Algérie et Tunisie. **Brevets d'invention.** Vol. 88. Chemins de fer. Marine. Navigation. Machines à vapeur et à gaz. Chaudières. Machines-outils Machines à coudre. Machines à manœuvrer les fardeaux. Machines servant à fabriquer les chaussures et **Album de statistique graphique** de 1895-1896.

De la Direction générale des douanes. **Tableau général du commerce et de la navigation.** Année 1896, 2 vol. Imprimerie nationale.

L'industrie, l'enseignement professionnel et commercial en Hongrie, par M. J. Szteringi, 1 broch. in-8°, 68 p. Budapesth, Société d'imprimerie par actions de Pesth.

De la Bibliothèque du conducteur de travaux publics. **Chemins de fer. Construction et voie.** M. A. Sirot, 1 vol. in-18, 495 p., 270 fig. Paris, P. Vicq-Dunod.

Annuaire des Sociétés savantes, littéraires et artistiques de Paris, 1 vol. in-18, 235 p. Paris, Hôtel des Sociétés savantes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Hygiène scolaire. Épidémies dans les écoles primaires de l'Oise, par M. G. BAUDRAN, 1 broch. in-8°, 85 p. Beauvais, Imprimerie centrale administrative.

Conférence sur les bijoux, par M. L. FALIRE, 1 broch. in-18. Imprimerie Capiomont.

De la Smithsonian Institution. **Annual Reports** 1893, 1894, 1895, 3 vol. in-8, 840 p.

Séances de la Société française de physique, année 1897, 1er fascicule.

Les gisements de phosphate de chaux dans les provinces de Constantine et d'Alger, par M. L. CHATEAU. Extrait des *Mémoires de la Société des Ingénieurs civils de France.*

Incandescence par le gaz. *Brûleurs et manchons*, par M. A. BANDSEPT, 1 broch. 24 p. Bruxelles, Imprimerie universitaire.

Cours d'exploitation des mines, par M. HATON DE LA GOUPILLIÈRE, 2e volume, 1 vol. in-8, 1069 p., 923 fig. Paris, Vicq-Dunod.

Du Ministère du Commerce. (Office du travail.) **Note sur le minimum de salaire dans les travaux publics.** Imprimerie nationale.

Calciumcarbid und Acetylen, par M. P. PANAOTOVIÈ, 1 broch. in-8°, 125 p. Leipsick, A. Barth.

Sul Comportamento dei Microorganismi alla arione dei gas compressi, par GIOVANNI MALFITANO, 1 broch. in-8°, 32 p. Pavie, typographie F. Fusi.

Du Ministère du Commerce d'Italie. **Annuario Satistico Italiano**, 1897, 1 vol. in-4°, 308 p. Rome, Typographie nationale.

De la Society of Arts de Londres. **International Congress of Technical Education.** London, 1897, 1 vol. in-4°, 307 p.

Memoir of G. B. Goode, par M. S. P. LANGLEY, 1 broch. in-8°, 30 p. Washington, J. Detweller.

De la collection des Manueli Hoepli. **Manuale del Chemico e del Industrialè**, par M. L. GABRA. **La fabricazione dell Acido Solforico,** par M. V. VENDER. **Leghe Metalliche ed Amalgame**, par M. I. GHERSI, 3 vol. in-18, 400 p.

De la Smithsonian Institution. **14th and 15th Annual Reports of the Bureau of Ethnology**, M. J. T. POWELL directeur, 3 vol. in-4°, 500 p. Washington, Government Printing Office.

De l'Institution of Civil Engineers, Londres. **Minutes of Proceedings**, vol. CXXIX. Principaux mémoires : *F. Donaldson :* « Cold. Storage at the London and India Docks » ; *E. Worth et S. Crimp :* « The Main Drainage of London » ; *Dibbin :* « Purification of the Thames » ; *A. Humphrey :* « The Mond. Gas producer plant. and its Applications » ; *Leach :* « Inland Navigation in the United States » ; *Unwin :* « A New indentation Test. for determining the Hardness of Metals » ; *Hell :* « Fissures in Masoney Dams ».

De la Royal Society of New South Wales. **Proceedings**, vol. XXX, 1890. Mémoires techniques : *M. Selfe :* « Machinery employed for artificial Refrigeration » ; *Mac Kinney :* « Water Conservation

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Surveys of New South Wales »; *P. Allan :* « Lift Brudge over the Murray and Swan Hill »; *A. B. Portus :* « Centrifugal Pumps Dredging in New South Wales »; *H. Banaclough :* « Present Theory of the Steam Engine ».

Album des statistiques agricoles, et carte agronomique du département de la Seine, par M. P. VINCEY. Paris, imprimerie Chamerot.

Étude sur la propriété des modèles d'art appliqués à l'industrie, par M. E. SOLEAU. 1 vol. in-8, imprimerie Lahure.

Notices bibliographiques sur le colonel Goulier, par M. le colonel FULGRAUD. Extrait des mémoires de l'Académie de Metz.

Traité des ports de mer, par M. P. BERTHOT, 1 vol. in-4°, 796 p., 900 fig. Paris, G. Fanchon.

Les Tramways; les Chemins de fer sur routes; les Automobiles et les Chemins de fer de montagne à crémaillères, par M. E. SÉRAFON, 4e *édition,* refondue par MM. DE GRAFFIGNY et DUMAS. 1 vol. in-8°, 576 p., 200 fig. Paris, Bernard.

ERRATUM

Au *Bulletin d'août 1897*, p. 1033.
2e ligne, à partir du haut, *lire : 7 millimètres* au lieu de 17 millimètres.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LITTÉRATURE

DES

PÉRIODIQUES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE DE LA SOCIÉTÉ

Du 15 Septembre au 15 Octobre 1897

DÉSIGNATIONS ABRÉGÉES DES PUBLICATIONS CITÉES

Ag. . . . Journal de l'Agriculture.
Ac. . . . Annales de la Construction.
Acp. . . . Annales de Chimie et de Physique.
AM. . . . Annales des Mines.
Ap. . . . Journal d'Agriculture pratique.
APC. . . . Annales des Ponts et Chaussées.
At. . . . Annales télégraphiques.
Bam. . . . Bulletin technologique des anciens élèves des écoles des arts et métiers.
Btp. . . . Bulletin du ministère des Travaux publics (statistiques).
BMA . . . Bull. du ministère de l'Agriculture.
Ci. . . . . Chronique industrielle.
Co. . . . . Cosmos.
CN. . . . Chimical News (London).
Cs. . . . . Journal of the Society of Chemical Industry (London).
CR. . . . Comptes rendus de l'Académie des Sciences.
DoL. . . . Bulletin of the Department of Labor des États-Unis.
Dp. . . . Dingler's Polytechnisches Journal.
E. . . . . Engineering.
E'. . . . . The Engineer.
Eam. . . . Engineering and Mining Journal.
EE. . . . . Eclairage Électrique.
El. . . . . Electrician (London).
Elé. . . . L'Électricien.
Ef. . . . . Économiste français.
Es. . . . . Engineers and Shipbuilders in Scotland (Proceedings).
Fi . . . . Journal of the Franklin Institute (Philadelphie).
Gc. . . . . Génie civil.
Gm. . . . Revue du Génie militaire.
IC. . . . . Ingénieurs civils de France (Bull.).
Ie. . . . . Industrie électrique.
Im . . . . Industrie minérale de St-Étienne.
IME. . . . Institution of Mechanical Engineers (Proceedings).
IoB. . . . Institution of Brewing (Journal).
La . . . . La Locomotion automobile.
Ln. . . . . La Nature.
Ms. . . . . Moniteur scientifique.
N. . . . . Nature (anglais).
Pc. . . . . Journal de Pharmacie et de Chimie.
Pm. . . . *Portefeuille* économ. des *machines*.
Rgc. . . . Revue générale des chemins de fer.
Rgds. . . . Revue générale des Sciences.
Ri . . . . Revue industrielle.
RM. . . . Revue de mécanique.
Rmc. . . . Revue maritime et coloniale.
Rs. . . . . Revue Scientifique.
Rso . . . . Réforme Sociale.
RSL. . . . Royal Society London (Proceedings).
Rt. . . . . Revue technique.
Ru . . . . Revue universelle des mines et de la métallurgie.
SA. . . . Society of Arts (Journal of the).
Scf. . . . Société chimique de Paris (Bull.).
Sfp. . . . Société française de photographie (Bulletin).
Sg. . . . . Bulletin de la Société de géographie.
Sgc. . . . Bulletin de la Société de géographie commerciale.
Sie. . . . Société internationale des Électriciens (Bulletin).
SiM. . . . Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse.
SiN. . . . Société industrielle du Nord de la France (Bulletin).
SL. . . . . Bull. de statistique et de législation.
SNA. . . . Société nationale d'agriculture de France (Bulletin).
StE. . . . Stahl und Eisen.
USR. . . . Consular Reports to the United States Government.
VDI. . . . Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure.
ZOI. . . . Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieure und Architekten-Vereins.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

AGRICULTURE

Abeilles (Les) et le robinier. *Ap.* 16 *Sept.*, 420.
Agriculture en Angleterre (L'). *Ap.* 16 *Sept.*, 413.
— *en Allemagne* (Améliorations foncières). *BMA. Juillet*, 473.
Amandier (Culture de l'). *Ap.* 30 *Sept.*, 487.
Betteraves (Feuilles de). (Utilisation des). *Ap.* 23 *Sept.*, 448.
— (Espacement des). *Ag.* 25 *Sept.*, *Fiz.*
— (Conservation des feuilles de). *Ap.* 30 *Sept.*, 492.
Bétail. Races Durham et limousine. *Ap.* 16 *Sept.*, 422.
— Tuberculose bovine. *Ag.* 18 *Sept.*, 464.
— Préparation des aliments. *Ag.* 18 *Sept.*, 460.
— Alimentation par les pommes de terre (Aimé Girard). *SNA. Juin*, 406.
— Tournis des moutons. *Ap.* 7 *Oct.*, 523.
Blé. Influence de la grosseur des grains de semence. *Ap.* 16 *Sept.*, 416.
— Expériences de Capelle. *Ag.* 18 *Sept.*, 469; 2, 9 *Oct.*, 533, 578.
— — de M. Deprez. *Ap.* 23 *Sept.*, 450.
Champignon. Culture en couche (Répin). *Rgds.* 15 *Sept.*, 705.
Engrais. L'azote et la végétation forestière (Grandeau). *Ap.* 16, 30 *Sept.*, 413, 485.
— (Emploi des) en Amérique. *Ap.* 30 *Sept.*, 497.
— Dosage du calcaire. Calcimètre St-René. *Ap.* 30 *Sept.*, 491.
— Amélioration des terres humifères (Dumont). *CR.* 27 *Sept.*, 469.
Forêts. Pin Laricio en Corse. *Ap.* 23 *Sept.*, 457.
— Reboisement des montagnes. *SNA. Juillet*, 444.
— Amandier et ses variétés. *Ap.* 23 *Sept.*, 465.
— Azote (L') et la végétation forestière (Grandeau). *Ap.* 30 *Sept.*, 485.
Fourrages. Cultures sur terrains plantés en vignes (Bouilhac). *SNA. Juin*, 335.
Lait (Réfrigération du). *SNA. juillet*, 433.
— (Traitement mécanique du). *Ag.* 9 *Ooct.*, 583.
Machines agricoles en Russie. *USR.* 9 *Oct.* 271.
— Broyeurs de pommes à cidre. Concours de Rouen. *BMA. Juiilet*, 419.
Pommes de terre (Composition des). *Ag.* 18 *Sept.*, 453.
— (Matières fertilisantes nécessaires pour la culture intensive des). (A. Girard). *SNA. Juin*, 369.
— (Arrachage des). *Ag.* 2 *Oct.* 544.
Poule de Langshan. *Ap.* 23 *Sept.*, 461.
Sanves. Destruction par le sulfate de cuivre. *SNA. Juin*, 339.
Tabac. Nielle des feuilles. *SNA. Juillet*, 426.
Vers blancs (Destruction des). *Co.* 25 *Sept.*, 390.
Vins (Acariens des). *Co.* 18 *Juillet*, 364.
— Influence des matières colorantes sur la fermentation des vins rouges (Nivière). *CR.* 20 *Sept.*, 452.
— Pseudocomis vitis, rôle dans l'oïdium et l'anthracnose (Roze). *CR.* 20 *Sept.*, 453.
— Vinification et réfrigération des moûts (Muntz et Rousseaux). *BMA. Juillet*, 373.
— Blak-root. Traitement dans l'Armagnac. (G. Lavergne). *BNA. Juillet*, 397.
— Vigne cultivée dans la province du Rhin. *BMA. Juillet*, 503.

CHEMINS DE FER

Chemin de fer des Etats-Unis. *E.* 24 *Sept.*, 388.
— anglais. *E.* 1er *Oct.*, 414.
— belges en 1895. *Rgc. Sept.*, 171.
— du globe en 1895. *Ibid.*, 180.
— Le métropolitain de Paris et les grandes compagnies. *Ef.* 25 *Sept.*, 401.
— de l'Afrique allemande Ouest. *Société d'Encouragement de Berlin. Juin*, 215.
— secondaires (Les). E'. 8 *Oct.*, 348.
— *Electriques* d'Orbe et Chavornay. *E.* 1er *Oct.*, 406.
— — Souterrain de Buda-Pesth. *Elé.* 2 *Oct.*, 209.
— — de la Jungfrau. *E.* 1er *Juillet*, 320.
Gare du Bourget-Triage. *Rgc. Sept.*, 127
Locomotives articulées Hagans. *E.* 8 *Oct.*, 437.
— équilibrée Strong. *RM. Sept.*, 906.
— *Compound* express Vauclain. *E.* 17 *Sept.*, 356.
— — du Midi et de l'Est; essais (Salomon). *Rgc. Sept.*, 134.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Locomotives du North-Eastern (Marten). *E'.* 24 *Sept.*, 292.
— Express du Great Western. *E'.* 8 *Oct.*, 344.
— à 6 roues couplées du Wiener Stadtbahn. *ZOI.* 17 *Sept.*, 542.
— Chaudières (Calcul des). (Wohler.) *VDI.* 18 *Sept.*, 1073.
— Chauffée au pétrole du Great Eastern. *E'.* 17 *Sept.*, 283.
— Distribution Mackensie-Smith. *RM. Sept.*, 909.
— Purgeur à air comprimé Thomas et Best. *RM. Sept.*, 908.

Matériel roulant. Voitures à couloir du South-Eastern. *E.* 17, 24 *Sept.*, 353, 384.
— de la Wiener Sudbahn. *ZOI.* 24 *Sept.*, 549.
— du Chicago-Burlington. *Rgc. Sept.*, 180.
— Éclairage électrique des trains. Chemins de fer du Nord. *EE.* 25 *Sept.*, 399. du Pennsylvania. *Rgc. Sept.*, 180.
— Attelage Gowland. *RM. Sept.*, 909.
— Boîte à graisse Clève. *RM. Sept.* 910.
— Passe-dépêches Fleming. *RM. Sept.* 910.

Vitesse des trains. Ef. 25 *Sept.* 395.

Voie. Coussinet Rideal. *E.* 17 *Sept.*, 370.
— Schrœder. *E.* 24 *Sept.*, 397.
— Verrous de signaux Tyer. *E.* 8 *Oct.*, 454.

TRANSPORTS DIVERS

Automobiles. Balayeurs à vapeur de la Steam Carriage And Wagon C°. *E.* 17 *Sept.*, 344.
— Concours des poids lourds. *La.* 30 *Sept.*, 46.
— Transmission Rickard. *La.* 23 *Sept.*, 446.
— Changement de vitesse Maugras. *La.* 30 *Sept.* 454. Ringelmann. *RM. Sept.*, 911.
— *à pétrole* Morel et Gérard. *La.* 16 *Sept.*, 434.
— — Hertel. *La.* 23 *Sept.*, 442.
— — Bonstettin. *La.* 30 *Sept.*, 457.
— — Lane *RM. Sept.*, 910.
— *Electricité.* Chemin de fer suspendu Romanoff. *E.* 17 *Sept.* 369.
— — Fiacres électriques de Londres. *La.* 23 *Sept.* 445; *Ln.* 25 *Sept.*, 260. *Ie* 10 *Oct.*, 419.
Automobiles. Chemin de fer de la Jungfrau. *EE.* 2 *Oct.*, 25. *Ie.* 10 *Oct.*, 425.

Tramway. Locomotive électrique de la Société générale de Berlin. *Ri.* 18 *Sept.*, 373.
— Isolation du 3me rail. *Elé.* 25 *Sept.*, 205.
— Arrêts et démarrages. *EE.* 2 *Oct.*, 31.
— Emploi des accumulateurs aux stations centrales. *EE.* 8 *Oct.*, 78.

Vélocipédie. Fabrication du vélocipède. *VDI.* 2 *Oct.*, 1131.
— Entraîneur Volta. *Elé.* 9 *Oct.*, 225.
— Tension des rais de roue. *E'.* 8 *Oct.*, 353.
— Rendement des chaînes. *RM. Sept.*, 911.
— Industrie en Allemagne et Amérique. *USR. Oct.*, 257.

CHIMIE ET PHYSIQUE

Acoustique. L'Eophone. *E.* 24 *Sept.*, 393.
— Étude des cornets. *Co.* 9 *Oct.*, 455.

Alcools destinés aux usages industriels (Les). *Ap.* 23 *Sept.*, 455.

Aldéhyde formique. Alambic Trillat. *E.* 17 *Sept.*, 370. — (Thermochimie de l'). (Delépine.) *ScP. Oct.*, 849.

Allumettes. Divers. *Cs.* 30 *Sept.*, 759.
— Le phosphorisme (Riche). *Pc.* 1er *Oct.*, 289.

Amidon (Action diastatique sur l'). *Ms. Oct.*, 773.
— (Hydrolyse de l') par la diastase (*id.*), 776.

Ammoniaque liquéfiée et sels ammoniacaux. État de la fabrication (Truchot). *Rgds.* 30 *Sept.*, 743.

Argentaurum. Ln. 2 *Oct.*, 270.

Arsenic et Antimoine. Séparation quantitative. *CN.* 17 *Sept.*, 137.

Asphaltes. Composition et analyse. *Ms. Oct.*, 707.

Brasserie. Divers. *Cs.* 30 *Sept.*, 750.

Caoutchouc (Laminoir à). E. Coulter. *E.* 17 *Sept.* 370.

Céramique. Four à cuire Virollet. *Ci.* 18 *Sept.*, 424.
— (La). W. Burton. *SA.* 8 *Oct.*, 1127.
— Efflorescences. *Cs.* 38 *Sept.* 738.

Cérium. Poids atomique Wyrouboff et Verneuil. *CN.* 24 *Sept.*, 163.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Chaux et Ciments. Fours Toldt pour le séchage de l'argile. *Gc.* 18 *Sept.*, 327.
— Influence de l'eau de mer sur les mortiers hydrauliques. Rapport de l'association des fabricants de ciments allemands. *Le Ciment. Sept.*, 267.
— Durée de prise des mortiers de chaux. *Le Ciment*, 265.
— Vide des mortiers de ciment et de chaux (*id.*), 266.
— Ciments de laitiers. Fabrication et propriétés (Detienne). *Ru. Sept.*, 237.
Chlorates décolorants. (Absorption du chlore dans la fabrication des) (Clarke). *E.* 24 *Sept.*, 398.
Corindon et rubis artificiels. Gin et Leleux. *Ri.* 18 *Sept.*, 374.
Cuir (Industrie du) en Allemagne. *Ci.* 18 *Sept.*, 422.
Distillation des bois (Produits de la). *Rt.* 25 *Sept.*, 416 (Klav). *Cs.* 30 *Sept.*, 722.
Essences et parfums (Études récentes des) (Gerber). *Ms. Oct.*, 707.
Explosifs. Divers. *Cs.* 30 *Sept.*, 759.
— En, 1896. *E.* 17 *Sept.*, 360.
— Dynamite (Industrie de la) (Collot). *Ri.* 25 *Sept.*, 390.
Gaz. Analyse industrielle des appareils Vignon. *Ms. Oct.*, 780.
Gaz d'éclairage. Divers. *Cs.* 30 *Sept.* 721.
— Chargeurs de cornues. Lyon. *E.* 17 *Sept.*, 369.
— Becs à incandescence. *Bam. Sept.*, 1113.
— — Divers. *Ov.* 1er, 8 *Oct.*, 125.
— — Denayrouze. *E.* 8 *Oct.*, 453.
— Robinets allumeurs Potron. *Ri.* 2 *Oct*, 396.
— (Dosage de l'oxygène dans le) (Pfeiffer). *Ms. Oct.*, 761.
— *Acétylène*. Gazogènes Duffield. *E.* 7 *Sept.*, 369. Gaskell, *ibid.* Campbell. *E.* 24 *Sept.*, 397; Godin. *E.* 8 *Oct.*, 453.
— — (Carbure de calcium et) (Chertemps). *Bam. Sept.*, 1074.
— — Lampes diverses. *Ri.* 25 *Sept.*, 382.
Graisses. Divers. *Cs.* 30 *Sept.*, 746.
— non saponifiables à base de chaux (Détermination de l'huile dans les). (Bailey.) *CN.* 8 *Oct.*, 174.
Laboratoire. Appareils divers. *Cs.* 30 *Sept.*, 760.
Laboratoire (Nouveau) du gouvernement anglais. *N.* 7 *Oct.*, 553.
— Séparation du chlore, chrome, iode dans les matières organiques (Jannash et Kolitz). *CN.* 24 *Sept.*, 150. avec les acétates alcalins. (Biearly.) *CN.* 8 *Oct.* 175.
— Volumètre Hodgkinson. *CN.* 24 *Sept.*, 152.
— Pompes à mercure Henriet. *Ln.* 9 *Oct.*, 300.
— Titrage des liqueurs à acide sulfurique Marboutin et Pécoul. *SCP. Oct.*, 880.
Lithium (Dissolution concentrée du) (Waddell). *CN.* 8 *Oct.*, 177
Nitrobenzène (Le) (Friswell). *CN.* 24 *Sept.*, 149.
Optique. Images sans symétrie. *Co.* 18 *Sept.*, 358.
— Absorption de la lumière (Bloch). *Acp. Oct.*, 197.
— Franges de réflexion sur une surface d'argent (Edser et Standsfield). *N.* 23 *Sept.*, 504.
— Héliostat Meyer. *American Journal of Science. Oct.*, 306.
— Irichromatine Henry. *Ln.* 25 *Sept.* 269.
— *Rayons X. CN.* 1er *Oct.*, 161; *CR.* 4 *Oct.*, 496.
Ozone et ses applications (Andreoli). *Ms. Oct.*, 735. Sa production commerciale et ses applications (Andreoli), l'*Électrochimie. Sept.*, 136.
Oxycellulose (L') (Vignon). *CR.* 20 *Sept.*, 448.
Oxydes doubles obtenus à hautes températures (Dufau). *Acp. Oct.*, 257.
Pétrole. Exploitation en Russie. *Ru. Sept.*, 308.
— Éclairage Wells. *E.* 8 *Oct.*, 445.
Sucrerie. Raffinage du sucre et fabrication
— du bioxyde de barium (Dommer). *Rgds.* 15 *Sept.*, 694.
— Dosage iodométrique des sucres. *Cs. Sept.*, 765.
— Divers. *Cs.* 30 *Sept.*, 749.
Notations chimiques (Les). *Co.* 18 *Sept.*, 356.
Opium (Analyse de l') (Mœrk). *Pc.* 1er *Oct.*, 303.
Pétrole. Lampe sans mèche Shenton. *Cs.* 30 *Sept.*, 721.
— Divers (*Ibid.*), 727.
Platine. Perméabilité aux gaz. *CN.* 1er *Oct.*, 168.
Résines et vernis. *Cs.* 30 *Sept.*, 747.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Tannerie. Divers. *Cs.* 30 *Sept.*, 747.
Scilicium et sciliciures métalliques (Vigouroux). *Acp. Oct.*, 153.
Solubilité des liquides (Aignan et Dugas). *Cr.* 4 *Oct.*, 498.
Teinturerie. Matières colorantes nouvelles (Étude des) (Reverdin). *Ms. Oct.*, 730.
— Fabrication synthétique des couleurs. *Cs.* 30 *Sept.*, 730.
— Divers. *Cs.* 30 *Sept.*, 728, 734, 736.
Tungstène. Poids atomique (Hardin). *CN.* 17-24 *Sept.*, 140, 155, 1er *Oct.*, 164.
Verre. Déformations permanentes et déplacement du zéro des thermomètres (Marchis). *CR.* 30 *Sept.*, 434.

COMMERCE ET ÉCONOMIE POLITIQUE

Accidents du travail (Associations des industriels de France contre les). *Rso.* 1er *Oct.*, 533.
Responsabilité des patrons. *Cc.* 2 *Oct.*, 362.
Agriculteurs. Déficit des récoltes européennes. *Ef.* 25 *Sept.*, 393.
Caoutchouc. Production, industrie, commerce. *Ef.* 25 *Sept.*, 399, 2 *Oct.*, 433.
Blé (Hauts prix du). *Ef.* 18 *Sept.* 367.
Commerce allemand (Conditions du). *Ef.* 25 *Sept.*, 397.
Colonisations françaises. Le Soudan. *Ef.* 18 *Sept.*, 361.
Communautés libres des mineurs de Mandchourie (De Batz). *Gc.* 25 *Sept.*, 344.
Dépopulation (La) *et l'épargne* (Duponchel). *Rs.* 25 *Sept.*, 393.
Fédération internationale des marins (*Musée Social*). N° 17 (A.).
Gens de mer et ouvriers du port de Hambourg. *Musée Social*, 5 *Sept.*, n° 13 (B).
Grève des mécaniciens anglais. E'. 17 *Sept.*, 284, 303, 305, 1er-8 *Oct.*, 325-347; *E.* 24 *Sept.*, 385, 390, 1er-8 *Oct.*, 413, 418, 441. *Ri.* 25 *Sept.*, 387.
Inspection des manufactures aux États-Unis (L'). *DOL. Sept.*, 549.
(*Ingénieur.* Rôle social de l') (Cheysson). *Rso.* 1er *Oct.*, 510.
Japon industriel (Le). *E'.* 17 *Sept.*, 267.
— (Question ouvrière au). *Rso.* 1er *Oct.*, 541.
Journée de 8 heures (La). *Gc.* 2 *Oct.*, 361.
Liberté testamentaire chez les peuples étrangers. *Rso.* 16 *Sept.*, 412.
Logement et alimentation populaires (Brelay). *Rso.* 1er *Oct.*, 480.
Mineurs européens (Les). 8me Congrès de Londres, *Musée Social*, 31 *Août.* n° 16 (A).
Sibérie. De l'Obi à l'Iénisséi. *Ef.* 18 *Sept.*, 365.
Trades Unions (Congrès des). *E.* 17 *Sept.*, 359.

CONSTRUCTIONS ET TRAVAUX PUBLICS

Aqueduc de Croton. *E'.* 1er *Oct.*, 316.
Barrages de Melzingah (Empire des). *Crc.* 18 *Sept.*, 328.
Incendies. Protection en Europe (Jacks). *E.* 24 *Sept.*, 371.
Pavillons Docker. *Rt.* 10 *Oct.*, 446.
Ponts. — Victoria à Brisbane. *E'.* 17-24 *Sept.*, 274, 300. Sur le Saint-Laurent. *E'.* 1er *Oct.*, 328.
— allemands nouveaux. *SuE.* 15 *Sept.*, 752.
— du Suderelbe Harburg. *VDI.* 25 *Sept.*, 1102.
— de la Tour à Londres. *Gc.* 25 *Sept.* 337.
— Poutres droites à une travée. Théorie des convois périodiques. *IC. Sept.*, 331.
— Calcul des arcs. *ZOI.* 1er *Oct.*, 555.
Tunnels (Ventilation des), système Soccardo. *Gc.* 25 *Sept.*, 350.
Voûtes (Résistance des) aux surcharges. *ZOI.* 8 *Oct.*, 565.

ÉLECTRICITÉ

Accumulateurs. Clark et Ring. *EE.* 18 *Sept.*, 568.
— Vérification de la tension des éléments d'une batterie. *Elé.* 25 *Sept.*, 204.
— (Influence de la pression sur la force électromotrice des) (Claude). *Ie.* 25 *Sept.*, 395.
Attraction électromagnétique (Calcul de l'). *Ie*, 25 *Sept.*, 406.
Bobine d'induction E. Thomson. *EE.* 8 *Oct.*,
Bouilloire électrique. Davier. *EE.* 18 *Sept.*, 369. 83.
Canalisations aériennes (Etablissement des). *Elé.*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Clapets électriques (Les). *EE.* 2 *Oct.*, 39. 18 *Sept.*, 189. 2 *Oct.*, 216.

Commutateur automatique Waltan pour commande des transformateurs. *EE.* 18 *Sept.*, 571.

— Priest et Merrick, Davis, Morgan. *EE.* 8 *Oct.* 59.

Courants à hautes fréquences (Électrode pour). *Elé.* 25 *Sept.*, 194.

— diphasés (Installation du laboratoire de Mons. *EE.* 8 *Oct.*, 65.

Distributions à haute tension. Regles d'établissement. *Elé.* 18-24 *Sept.*, 180, 197.

Dynamos à basse tension Elmore. *E.* 17 *Sept.*, 369.

— continue Ferranti. *E.* 24 *Sept.*, 397.

— Rushmore pour arcs en série multiple. *Elé.* 2 *Oct.*, 215.

— pièces polaires(Nouvelles formes de). *Elé.* 25 *Sept.*, 201.

— (Champ magnétique tournant le(Colard.) *EE.* 25 *Sept.*, 585.

— Dimensions et prix. *EE.* 25 *Sept.*, 597.

— Induits dentés (Les). *Ie.* 25 *Sept.*, 404.

— Siemens-Ferranti, Giray Sayers (Guilbert). *EE.* 2 *Oct.*, 14.

— Mise en train Pieper. *EE.* 8 *Oct.*, 65.

— **Éclairage**. *Arc.* Effet de la pression du gaz ambiant sur la température du cratère. *EE.* 18 *Sept.*, 569. Lampes Weber. *EE.* 2 *Oct.*, 24. *Elé.* 2 *Oct.*, 221. Bardon. *Ie.* 10 *Oct.*, 429.

— *Incandescence* à haute tension *EE.* 8 *Oct.*, 77.

Électricité. Histoire chronologique. *EE.* 8 *Oct.*, 89.

Électrochimie. Divers. *Cs.* 30 *Sept.*, 742-746.

— Électrolyse de l'acide chlorhydrique (Tommasi) l'*Électrochimie*, *Sept.*, 129.

— Des sulfures métalliques (Siemens), *id.*, 133.

— (Application de l') à la chimie organique. *Id.*, 139.

Fabrication des agents de blanchiement (Keltner), *id.*, 134.

— Fabrication des alcalis et chlorures alcalins. *Elé.* 25 *Sept.*, 194.

— (Travaux de la Société allemande d'). Congrès de Munich. *EE.* 2 *Oct.*, 19.

— Emploi de l'électricité pour la fusion métallurgique (Leeds). *EE.* 2 *Oct.*, 28.

Endosmose électrique. EE. 9 *Oct.*, 49.

Fils fusibles. Elé. 2 *Oct.*, 214.

Interrupteur Coulon pour bobines de grande puissance. *Co.* 18 *Sept.*, 368.

— universel Guénée. *EE.* 8 *Oct.*, 74.

Mesures. Unités magnétiques (Brylensky). *EE.* 18-25 *Sept.*, 529, 591.

Piles. Dannaert. *E.* 8 *Oct.*, 453.

Stations centrales. Tarifs de vente (Pellissier). *EE.* 18 *Sept.*, 537.

Télégraphie sans fils Marconi. *Co.* 18 *Sept.*, 371.

Téléphonie. Divers (Hess). *EE.* 25 *Sept.*, 577.

— Embrochages Chevron. *EE.* 2 *Oct.*, 32.

— Microtéléphones Bailleux. *Elé.* 9 *Oct.*, 236.

Transformateurs. Prédétermination de la chute de potentiel des). *Elé.* 9 *Oct.*, 228.

Transmissions dans les ateliers. *E.* 17 *Sept.*, 367.

HYDRAULIQUE

Chutes d'eau (utilisation des). *E'.* 17 *Sept.*, 284.

Pompes à chapelet (les). *Ap.* 16 *Sept.*, 423. 7 *Oct.*, 528.

— verticales pilon (Masse) *RM. Sept.*, 856.

— Worthington à triple expansion, essais d'Unwin. *E'.* 24 *Sept.*, 308.

— A air comprimé Chapman. *Rt.* 25 *Sept.*, 410.

— D'Auria. *E.* 8 *Oct.*, 437.

— De puits. Deane. *E'.* 8 *Oct.*, 340.

Tube hydraulique de Frank. *E.* 17 *Sept.*, 351.

Turbines. Installation de Masséna *E'.* 17 *Sept.*, 279.

HYGIÈNE

Congrès de Londres (Hygiénistes). *E.* 18 *Oct.* 416, 443.

Eaux. Stérilisation et filtration Delhotel et Moride. *Ri.* 25 *Sept.*, 381.

— Divers. *Co.* 30 *Sept.*, 742.

Égouts. Destructeur de gadoues Willoughby., *E'.* 17 *Sept.*, 371.

— Tout à l'égout (Application du). *Gc.* 9 *Oct.*, 379.

MARINE, NAVIGATION

Cargaisons de charbon (Dangers des). *E.* 24 *Sept.*, 386.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Constructions navales. L'*Océanic*. *E'*. 17 *Sept.*, 267.
— Le *Kaiser Wilelm der Grosse*. *E.* 1er *Oct.*, 415.
— Histoire des constructions navales de la Tamise. *E'*. 24 *Sept.*, 296.
— Choc d'un paquebot sur un iceberg. *E'*. 17 *Sept.*, 275.
— Bateau glissant Lambert, *E.* 1er *Oct.*, 421.
— Le *Rocbuck*, navire à deux hélices. *E.* 24 *Sept.*, 380, 8 *Oct.* 449.
— Évolution de la marine à vapeur. *Société d'Encouragement de Berlin. Juin*, 443.
Ferry boat. Canadien Chebucto. *E'*. 8 *Oct.*, 845.
Halage électrique des bateaux (Miron). *Ie.* 25 *Sept.*, 597.
Marine commerciale du Japon. *E.* 17 *Sept.*, 358.
Marine de guerre. Cuirasse en cellulose. *Ln.* 25 *Sept.*, 263.
— Cuirassé anglais *Prince George*. *Gc.* 2 *Oct.*, 353.
— des États-Unis. *Rm. Sept.*, 640, 659.
— anglaise. *Rm. Sept.*, 648.
— Canonnière à faible tirant *Yarrow*. *E. Oct.*, 440.
— *Plaques de blindage*. Essais de Witkowitz. *Rt.* 10 *Oct.*, 443.
Monte canots Jones. *Ru. Sept.*, 917.
Océonographes de France (Les). *Rm. Sept.*, 576.
Pêches maritimes. Divers. *Rm. Sept.*, 673.
Phare d'Eckmühl. *Ln.* 2 *Oct.*, 273. *Gc.* 9 *Oct.*, 369.
Port de Cap-Breton. *Rm. Sept.*, 509.
Sonde électrique Babcok. *Elé.* 2 *Oct.*, 219.
Touage électrique. *E.* 24 *Sept.*, 374. 8 *Oct.*, 427.
Volga (Le). *E.* 8 *Oct.*, 427.
Yacht à vapeur Annette. *E.* 17 *Sept.*, 345.

MÉCANIQUE

Air comprimé. Compresseur Kaufmann. *RM. Sept.*, 901.
Broyeur Heinstein. *RM. Sept.*, 919.
Chaudières. Production industrielle de la chaleur (Damour). *Gc.* 18 *Sept.*, 226.
— à l'Exposition de Zurich. *VDI.* 2 *Oct.*, 1140.
— *de Laval à 220 atmosphères*. *Ln.* 9 *Oct.*, 289; *Ie.* 10 *Oct.*, 418.
— mixtes, Buttner, Deighton. *RM. Sept.*, 403.
Chaudières. Dubiand. *E'*. 8 *Oct.*, 353.
— *à tubes d'eau* Moutier et Gillet. *La.* 7 *Oct.*, 466. Seaton, Summers-Hunter. *RM.* 903, 904. à pétrole Serpollet. *RM. Sept.*, 902. du Temple Seigle. *Id.*, 904. Scharp. *RM. Sept.*, 905.
— *Charbon pulvérisé*. Broyeur Schutze. *Ri.* 18 *Sept.*, 373. Foyer Russel, Lester et Ernst. *Ri.* 25 *Sept.*, 385.
— Divers. *Dp.* 24 *Sept.*, 294.
— Épurateur réchauffeur Delhotel. *Ri.* 9 *Oct.*, 402.
— Grilles Kudlicz. *Ri.* 2 *Oct.*, 294.
— — à tubes d'eau Davy et Eddy. *RM. Sept.*, 905.
— Clapet d'arrêt Groignard. *RM. Sept.*, 905.
— *Surchauffeurs* Mac Phail. Ehrmann. *RM. Sept.*, 906.
Empaqueteuse mesureuse Dulieux. *Ln.* 18 *Sept.*, 252.
Engrenages intermittants. *Gc.* 23 *Sept.*, 348.
— Moulés. 1er *Oct.*, 399.
Froid (Production mécanique du) (Ewing). *SA.* 17 *Sept.*, 1091.
— Patinages artificiels. *Gc.* 25 *Sept.*, 346.
— Machines à absorption (Les). G. Richard. *RM. Sept.*, 883.
Galets en papier (Fabrication des). *RM. Sept.*, 919
Indicateurs de pression moyenne Mueller. *E.* 1er *Oct.*, 420.
Levage. Grues électriques du port du Havre. *Gc.* 18 *Sept.*, 321.
— Bigue de 80 tonnes Bon et Lustrement. *Rt.* 25 *Sept.*, 419.
Cableway Heckel. *Ru. Sept.* 299.
— Élévateurs à Grains (Les). *Ap.* 30 *Sept.*, 492.
— Grues électriques (Les). *VDI.* 9 *Oct.*, 1163; Evers, *IC. Sept.*, 380.
Machine à écrire Remington n° 7. *RM. Sept.*, 896.
Machines-outils (Les). *E'*. 8 *Oct.*, 348.
— Taillanderie coutellerie (Codron). *Bam. Sept.*, 1013.
— Alésoirs divers. *Dp.* 8 *Oct.*, 32.
— Forets hélicoïdaux (Les). *Dp.* 8 *Oct.*, 29.
— Forgeage des pièces d'acier creuses de la presse. *Gc.* 25 *Sept.*, 343.
— Perceuses et aléseuses, diverses. *Dp* 17 *Sept.*, 265.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Machines-outils. Poinçonneuses, découpeuses compound. *RM. Sept.*, 914.
— Presse Warmann. *RM. Sept.*, 915.
— Raineuses divers. *Dp.* 8 *Oct.*, 36.
— Tarauds (Construction des). *Bam. Sept.*, 1054. Taraud Echols. *RM. Sept.*, 916.
Moteurs à vapeur aux États-Unis (Thurston). *RM. Sept.*, 817.
— Atmosphérique Polsonnow. *E'. Sept.*, 275.
— Instantané Tangye. *RM. Sept.*, 903.
— Action des parois (Nadal). *AM. Sept.*, 297.
— A grande vitesse Carels. *Elé.* 18 *Sept.*, 185. Chandlers. Clayton. *RM. Sept.*, 923.
— (Accidents aux). *E.* 8 *Oct.*, 442.
— Changement de marche Roy. *RM. Sept.*, 922.
— *Distributions* Lebrun. *E.* 24 *Sept.*, 380. Whitmore et Binyon. *E'.* 1er *Oct.*, 329. Clench. *Ri.* 2 *Oct.*, 395. Bjornstad. *RM. Sept.*, 921. Ingersoll-Sergeant, Patinson. (*Id.*), 923.
— Laminage de la vapeur. *E.* 1er *Oct.*, 326.
— Pompes à air Edwards. *RM. Sept.*, 923.
— Régulateurs divers. *Dp.* 17-24 *Sept.*, 269, 289. Bayle. *RM. Sept*, 478. à air Thornburn. *RM. Sept.*, 923. Direct Sisson. *RM Sept*, 923.
— Stuffing. box Lancaster. *E.* 17 *Sept.*, 368. Lawson. *E.* 8 *Oct.*, 436.
— *Turbo machines* (Les) Rateau. *RM. Sept.*, 828.
— Turbine de Laval à 200 atmosphères. *Ie.* 10 *Oct.*, 418.
— **à air** *et gaz chauds.* Divers. *Dp.* 11 *Sept.*, 276.
— **à Gaz** Cycles des. *E'.* 17-24 *Sept.*, 269, 291, 1er *Oct.*, 313, 337.
— — Gardie. *Ln.* 25 *Sept.*, 266.
— — Diesel. *VDI.* 25 *Sept.*, 1108.
— *à pétrole* Southall. *E'.* 17 *Sept.*, 222.
— — Gibbon. *RM. Sept.*, 901, et vapeur Ledin. *RM. Sept.*, 924.
Moulins à vent. Expériences de Murphy. *RM. Sept.*, 918.
Pesage bascule automatique Ingrey. *Ri.* 9 *Oct.*, 405.
Résistance des matériaux. Congrès de Stockolm. *SuE.* 15 *Sept.*, 779.
— Résistance des parois planes. *VDI.* 9 *Oct.*, 1157.
Méthode d'essai nouvelle (Frémont). *CR.* 4 *Oct.*, 492.
Tachimètre Ball et Wood. *RM. Sept.*, 920.
Textiles. Feutres de bastissage, fabrication (Pessort). *Bam. Sept.*, 1119.
— Progrès des machines en 1896 (Rohn). *VDI. Sept.*, 1081.
Transmissions par cordes (Les). *E.* 17 *Sept.*, 362. Par cordes lâches. *E'.* 1er *Oct.*, 330.
— Roulements sur billes (Les) (Dubois). *RM. Sept.*, 838.
Tuyauterie. Circulation de la vapeur dans les tuyanx. *Ri.* 18 *Sept.*, 378.

MINES

Boisage métallique Miller. *Eam.* 11 *Sept.*, 309.
Corse (Gites minéraux de la). (Nentien). *AM. Sept.*, 231.
Extraction. Ressort pour câbles Hollis. *Eam.* 11 *Sept.*, 309.
— Appareil Moriamé. *RM. Sept*, 921.
Explosifs et le grisou en Allemagne. *Gc.* 25 *Sept.*, 340, 2 *Oct.*, 356.
— Lampe Heath et Frost. *Eam.* 18 *Sept.*, 341.
Fer. Mines de Mesabi. *Eam.* 11 *Sept.*, 306.
— Couches du Placard Mariemont à Buart). *Ru. Sept.*, 217,
— Oolithes de Pennsylvanie. Origine. *American Journal of Science. Oct.*, 262.
Haveuses (Les). *E'.* 24 *Sept.* 301.
Houillières. Machines à agglomérer. *Ci* 2 *Oct.*, 448.
— Lavage de Tracy-City. *Eam.* 2 *Oct.*, 395.
Or au Whitewatersrand. *Eam.* 11 *Sept.*, 310.
— Région de Segovia (Nicaragua). *Eam.* 30 *Sept.*, 335.
— Apalaches. *Eam.* 2 *Oct.* 398.
— Mines du Canada. *Eam.* 25 *Sept.*, 369. *Gc.* 2 *Oct.*, 357. au Yucon (Règlements). *UsR. Oct.*, 145.
Perforatrices François. *E.* 17 *Sept.*, 365.
Préparations mécaniques. Laveur expérimental. *Eam.* 11 *Sept.*, 305.
— Trieur magnétique de Manteponi. *Gc.* 9 *Oct.*, 382.
Tourbe carbonisée par l'électricité. E. 1er *Oct.*, 425.

MÉTALLURGIE

Aluminium (Industrie de l'). *E.* 17 *Sept.*, 361.
— Emploi industriel. *Ri.* 9 *Oct.*, 407.
— Métallurgie en 1889. *Rt.* 10 *Oct.*, 436.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Alliages (Microstructure des). (Stead.) *N.* 23 *Sept.*, 306.

— De cuivre et de nickel (Essais des) (Riche). *Pc.* 1er *Oct.*, 300.

États-Unis (Industrie métallurgique aux). *Gc.* 18 *Sept.*, 331.

Fer et acier. Divers. *Dp.* 1er *Oct.*, 6.

— Dosage électrique du nickel dans les aciers (Ducru). *CR.* 13 *Sept.*, 436.

— Analyse spectographique des minerais de fer (Hartey). *E.* 24 *Sept.*, 395.

— Acieries Wickers à Sheffield. *E.* 8 *Oct.*, 431.

— Acier coulé, fabrication actuelle. *Gc.* 9 *Oct.*, 375. au nickel (Rapport de la Commission des). *Société d'Encouragement de Berlin, Juin*, 440.

Trempe (Théorie de la) (Howe). *Eam.* 26 *Sept.*, 367.

— Moule à lingots Appleby. *E.* 8 *Oct.*, 453.

— à plaques de blindage Beardmore (*id.*). 454.

Fonte. Contraction par refroidissement. *E.* 24 *Sept.*, 379.

Fonte. Hauts-fournaux (Manipulations aux) (Saklin). *E.* 1er *Oct.*, 407.

Nickel (Raffinage du); méthodes américaines. *Cs* 30 *Sept.*, 741.

Or. Divers. *VDI.* 9 *Oct.*, 1171.

— Cyanuration. Lavage des résidus (James). *Eam.* 11 *Sept.*, 307.

— Action du cyanure de potassium. *Eam.* 2.

— Réduction des slimes zinc-or. *Cs.* 30 *Sept.*, 740.

PHOTOGRAPHIE

Polyphénols développateurs, influences du groupe cétonique (Lumière). *Sfp.* 1er *Sept.*, 415.

— Projecteur automatique Harrison. *E.* 1er *Oct.* 426.

Téléphotographie (La Bouttiaux). *Gm. Sept.*, 193.

Tirage coloré des épreuves. *Sfp.* 1er *Sept.*, 423.

Viseur stadimétrique Benoît. *Sfp.* 1er *Sept.*, 409.

Le Gérant : Gustave Richard.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

96e ANNÉE. Cinquième Série, Tome II. NOVEMBRE 1897.

BULLETIN
DE
LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT
POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

ARTS MÉCANIQUES

RAPPORT présenté, au nom du *Comité des Arts mécaniques*, sur le projet de *plate-forme électrique à deux vitesses*, système *Blot, Guyenet* et *de Mocomble*, par **M. Barbet**.

Messieurs Guyenet et de Mocomble ont soumis à la Société d'Encouragement un projet de plate-forme mobile pour le transport des voyageurs.

§ 1er. — L'idée de faire marcher le chemin qui porte le voyageur ou la marchandise paraît ancienne. Les courroies montées sur les poulies de transmission peuvent, si leur pente est faible, servir à transporter les objets que l'on pose sur leur surface.

Depuis longtemps, dans les fabriques de sucre, ce procédé est appliqué au transport des betteraves, des cannes et de la bagasse.

Ce système peut être appliqué aux personnes : à New-York, un trottoir incliné de ce genre permet de monter sans effort à la gare du chemin de fer de Pennsylvanie située au-dessus de Cortland-Street.

Une autre application vient d'en être faite aux grands magasins du Louvre, pour permettre aux visiteurs d'aller du rez-de-chaussée au premier étage. Un tablier flexible se déroule sur des rouleaux; à l'extrémité de la course, la voie mobile passe au-dessous du plancher, auquel elle donne accès, par une ouverture fenêtrée, assez étroite pour éviter tout accident.

Ce système a l'avantage de pouvoir servir d'ascenseur, mais il ne com-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

porte pas un très grand développement. Il ne paraît applicable, en outre, que dans les parties droites.

§ 2 — Messieurs Blot, Guyenet et de Mocomble se sont proposé d'appliquer l'idée de la plate-forme mobile à un circuit fermé, tel que serait un métropolitain circulaire à grand trafic ou un chemin de fer de ceinture.

La première solution qui se présente à la pensée est celle d'un train continu de wagons dont les châssis, au lieu de supporter des caisses séparées, seraient réunis par des couvre-joints formant un seul et même plancher continu. La force d'impulsion serait donnée soit au moyen d'un câble animé d'un mouvement de translation, soit à l'aide de machines électriques montées sur certains châssis. Pour permettre aux voyageurs l'accès du plancher mobile, il faut établir latéralement un ou deux trottoirs fixes, placés au même niveau. Le train continu circule ainsi dans une sorte de fosse, et, pour permettre la visite des organes mobiles, il est nécessaire de construire sous la voie des tranchées encadrées de murs de soutènement.

Le poids énorme des châssis rend, d'autre part, coûteuse l'installation d'un viaduc en élévation. Cette solution est donc d'un prix de revient élevé.

Pour réduire cet inconvénient, les inventeurs ont cherché à diminuer le plus possible le poids de la partie mobile en rattachant au sol les mécanismes moteurs.

§ 3. — *Premier projet Blot.* — La première étude dans ce sens a été faite par M. Blot en 1886. Son système se composait d'une plate-forme sans fin, mobile, circulant entre deux trottoirs fixes (fig. 1 et 2).

La plate-forme était formée essentiellement d'une lame verticale centrale, en tôle, sans fin, à laquelle étaient attachés tous les éléments du plancher : d'abord des poutres transversales I, qui traversent la tôle et y sont solidement boulonnées; sur ces poutres, reposent quatre cours de longrines longitudinales H qui supportent un nombre égal de longrines semblables, sur lesquelles le plancher est posé. Entre les deux groupes de longrines superposées, sont placés, de distance en distance, des tampons en caoutchouc K, formant ressorts.

Sous les poutres transversales boulonnées à la tôle verticale maîtresse et à leurs extrémités, sont fixés des coussinets. C'est par l'intermédiaire de ces coussinets que le système mobile qui vient d'être décrit repose sur deux files de rails sans fin E E.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Chaque file de rails est indépendante de l'autre et repose dans les gorges de roues D.

Les rails avancent à la commande de ces roues quand celles-ci se mettent à tourner.

Les roues sont calées sur des essieux montés dans des coussinets fixés

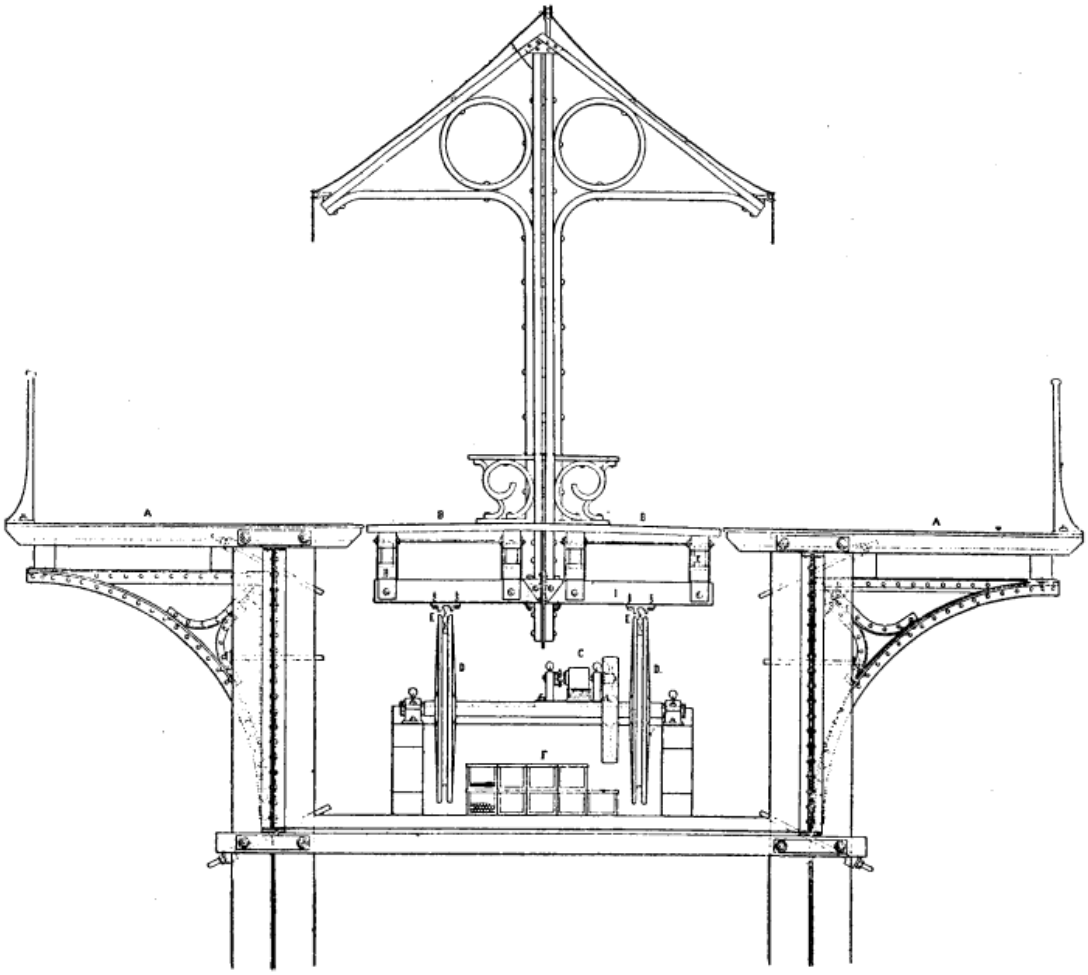


Fig. 1. — Projet *Blot* de 1886. Coupe transversale.

au sol et sont actionnées par des machines dynamo-électriques recevant le courant d'une usine centrale.

Pour mettre le système en mouvement, il suffit de lancer le courant dans les dynamos; les rails supportés par les roues en suivent l'impulsion sans patinage possible; les seuls frottements qui se produisent sont ceux des coussinets sur les rails dans les courbes.

Dans le projet présenté par M. Blot pour le chemin de fer destiné à des-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

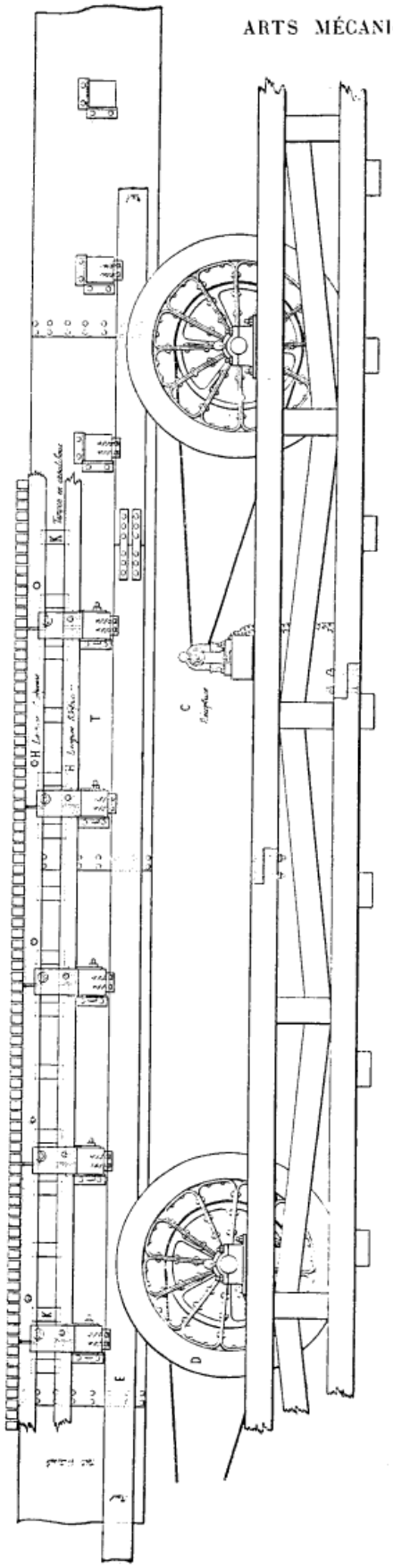


Fig. 2. — Projet *Blot* de 1886. Élévation.

servir l'Exposition de 1889, le mouvement du plancher ne devait pas être continu. L'auteur du projet supposait le plancher mobile animé d'une vitesse assez considérable, en sorte que le voyageur inexpérimenté stationnant sur le plancher fixe d'embarquement n'aurait pas pu, sans risquer de tomber, pénétrer sur le plancher mobile. Pour éviter tout danger, M. Blot supposait que le plancher mobile subissait toutes les demi-minutes des arrêts de quelques secondes. Ces arrêts devaient permettre au voyageur d'effectuer sans difficulté les mouvements d'embarquement et de débarquement.

§ 4. — *Voies mobiles de Chicago et de Berlin.* — Le projet de M. Blot n'eut pas de suite; c'est aux Américains que revient l'honneur de la première tentative d'application de la plate-forme mobile au transport des foules.

Deux ingénieurs américains, MM. Silsbee et Schmidt, installèrent à l'Exposition de Chicago, en 1893, une plate-forme mobile à deux vitesses. Plus tard, à l'Exposition de Berlin, en 1896, l'administration allemande établit une plate-forme à deux vitesses également, analogue à la précédente (fig. 3 à 5).

La description de ces plates-formes ne rentre pas dans le cadre de notre rapport. Nous dirons néanmoins quelques mots sur l'ensemble de leur installation et sur les résultats qu'elles ont donnés.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le premier point remarquable est que la plate-forme ne marche pas par saccades, comme celle projetée par M. Blot, mais d'une manière continue. Pour rendre facile au voyageur le passage du plancher fixe à la plate-forme

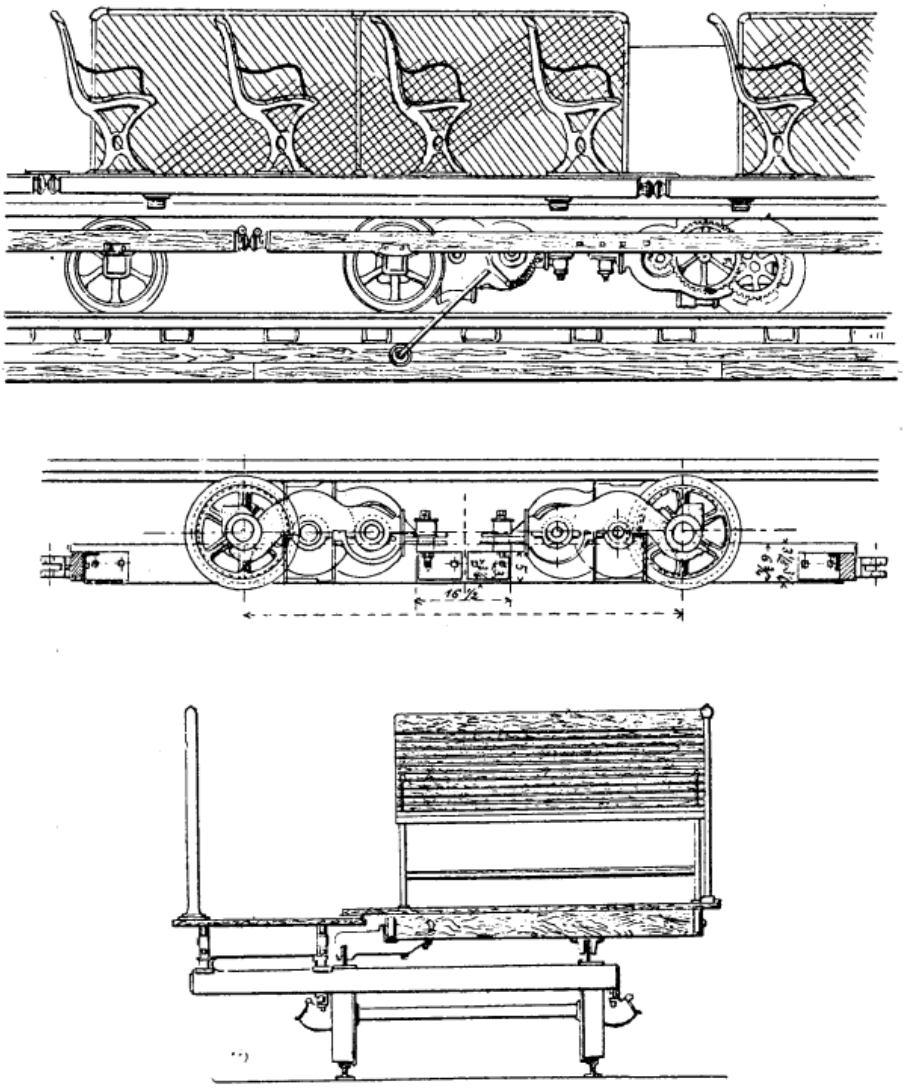


Fig. 3, 4 et 5. — Plate-forme *Schmidt et Silsbee*. Élévation, plan et coupe transversale.

mobile marchant à une vitesse de 10 kilomètres à l'heure, il a été créé une plate-forme à vitesse intermédiaire de 5 kilomètres à l'heure.

Ainsi, le voyageur passe du plancher de la station à une plate-forme marchant à la vitesse d'un homme au pas, soit à 5 kilomètres à l'heure, puis

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de cette dernière, à la plate-forme marchant à la vitesse de 10 kilomètres. A Berlin, la vitesse de la première plate-forme a été portée à 8 kilomètres et celle de la seconde à 15 kilomètres à l'heure.

Des centaines de mille de voyageurs ont utilisé, tant à Chicago qu'à Berlin, ces plates-formes roulantes, et les passages d'un plan à l'autre, ou les passages d'un plan mobile à la terre ferme n'ont jamais produit aucun accident.

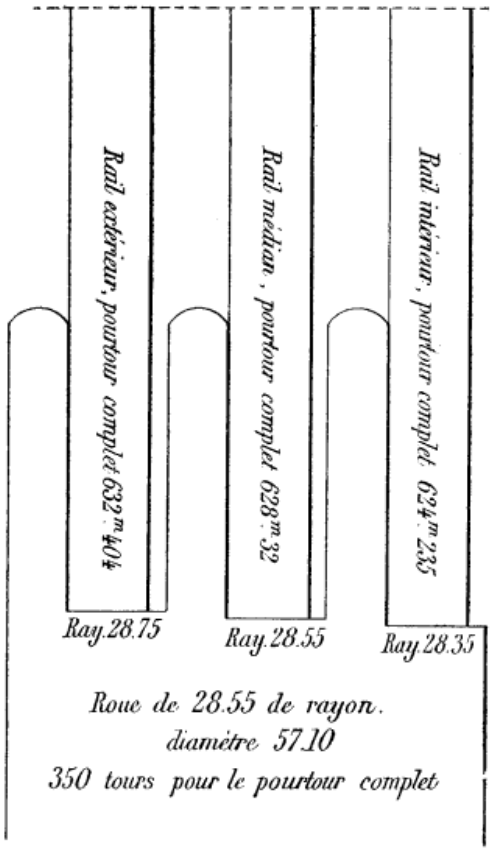


Fig. 6. — Projet *Blot* de 1895.

Les Américains n'ont pas cherché, comme M. Blot, à réduire le poids des parties mobiles. Les plates-formes étaient portées par une suite de wagonnets, dont un seulement, sur trente-six, était moteur. Comme dans le projet de M. Blot, l'électricité servait de mode de transmission de la force. Pour n'avoir qu'une seule série de wagonnets porteurs pour les deux plates-formes mobiles, les Américains fixèrent la plate-forme à marche lente sur les wagonnets et firent porter la plate-forme rapide sur des rails mobiles reposant sur les jantes des roues des mêmes wagonnets.

Nous avons déjà indiqué au début le défaut de ces voies mobiles posées sur des trucs : poids considérable de la masse mobile, difficulté de surveillance des mécaniciens et nécessité de tout arrêter pour les réparations. Et, en effet, quand elle fonctionnait, la plate-forme de Chicago donnait toute satisfaction au triple point de vue de la sécurité, de la commodité et des facilités de transporter en un instant des foules énormes; mais on reprocha au système les nombreux arrêts dans l'exploitation pour cause de réparations.

§ 5. — *Nouveau brevet Blot*, 1895. — L'Exposition de 1900 a ranimé le zèle des inventeurs. M. Blot reprit le projet que nous avons déjà décrit et y apporta une modification. Nous avons fait observer que les rails mobiles de son système se prêtaient mal au passage des courbes. Pour remédier à cet

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

inconvénient, l'inventeur suppose les alignements de sa voie raccordés à l'aide de courbes de même rayon. Chaque file de rails est formée de trois lames indépendantes et sans fin. Les galets qui supportent et actionnent ces lames sont à trois gorges, de diamètres différents et calculés de façon à ce que la lame du milieu avance à la vitesse moyenne et les deux autres lames aux vitesses correspondant aux rayons extérieur et intérieur des courbes (fig. 6).

Par une disposition spéciale non complètement décrite, la plate-forme

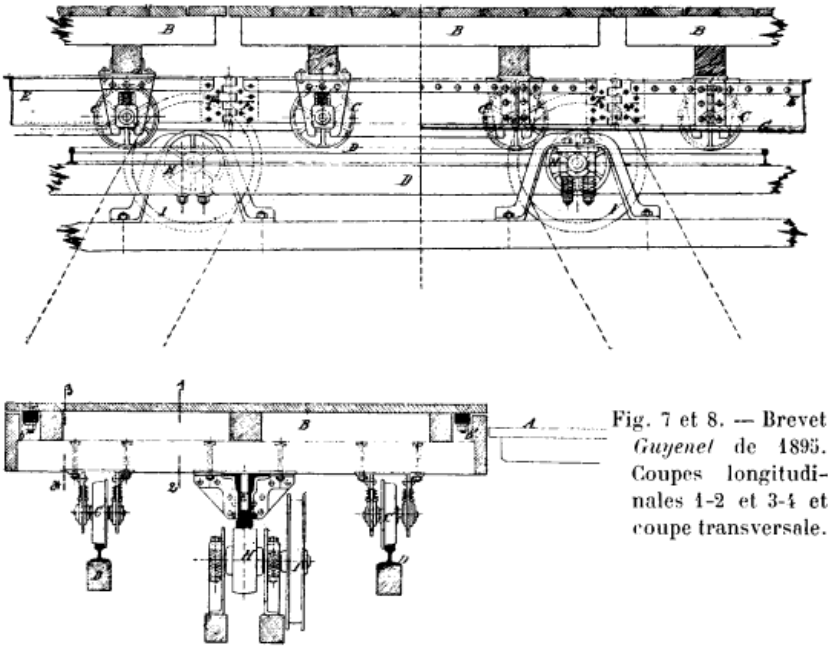


Fig. 7 et 8. — Brevet *Guyenet* de 1895. Coupes longitudinales 1-2 et 3-4 et coupe transversale.

doit reposer en alignement sur la lame centrale et en courbe sur les lames avançant aux vitesses correspondant au grand et au petit rayon.

§ 6. — *Brevet Guyenet*, décembre 1895. — Dans le projet de M. Guyenet, la plate-forme mobile B (fig. 7 et 8) repose d'une part, suivant son axe, sur une tôle sans fin flexible, analogue à celle du projet Blot et, d'autre part, sur ses bords, sur deux files de galets CC, roulant sur des rails fixes D.

Le poids de la plate-forme et de sa surcharge est ainsi porté moitié par la tôle axiale, moitié par les deux files de galets, ou par quart pour chacune des files. Pour permettre à la tôle axiale d'épouser la forme des courbes, M. Guyenet la suppose formée de tronçons de 4 mètres de longueur réunis (fig. 9 à 11) par des charnières à axe vertical.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le mouvement est donné à la plate-forme par l'intermédiaire de la poutre axiale. Celle-ci repose sur des poulies espacées sur le parcours et recevant l'action de dynamos.

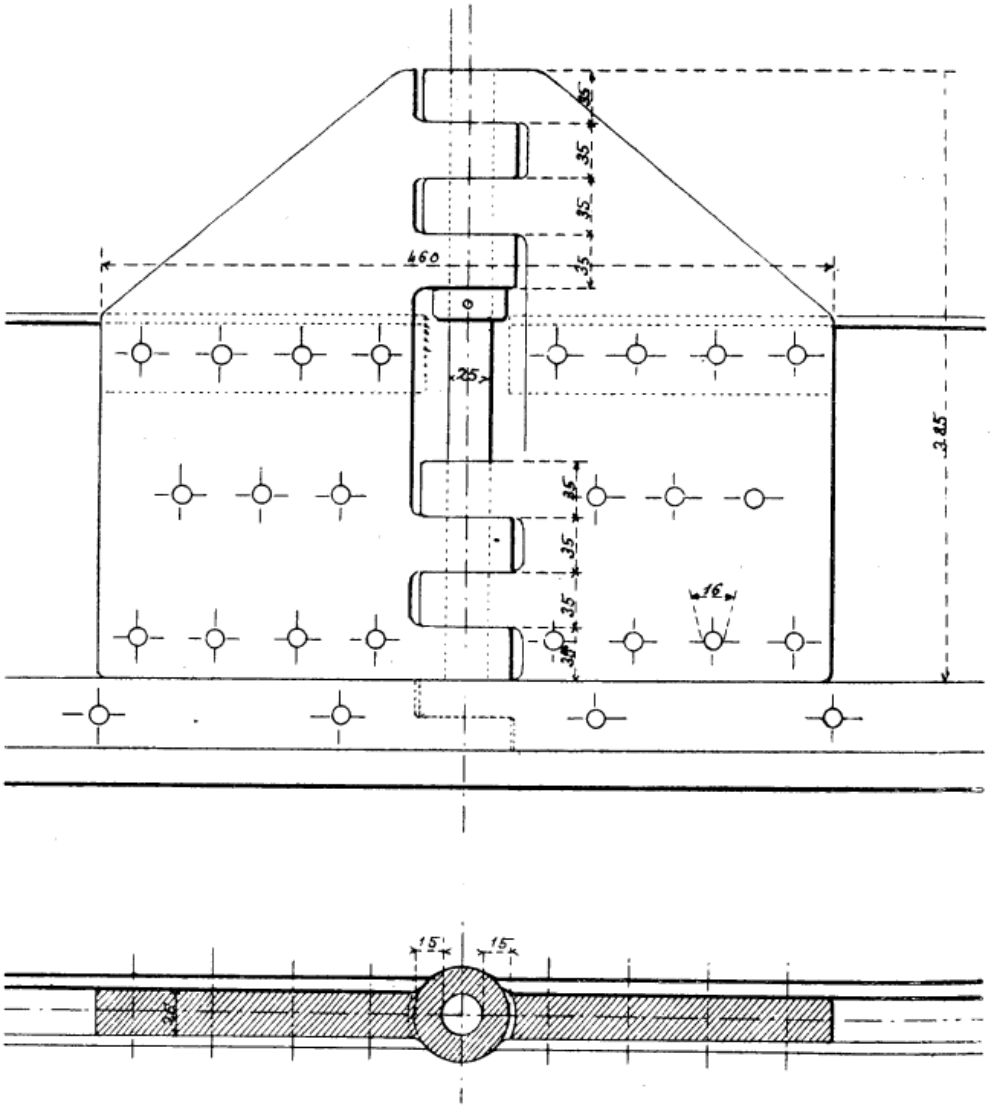


Fig. 9 et 10. — Brevet *Guyenet* de 1893. Charnière de la poutre axiale de la plate-forme à grande vitesse. Échelle 1/5e.

Ces poulies d'entraînement sont suspendues sur des ressorts sourds réglant l'adhérence nécessaire à l'avancement de la tôle axiale.

Les galets latéraux reposant sur les rails sont indépendants ; suspendus sur ressorts, ils donnent la direction et assurent la stabilité dans le cas d'une inégale répartition des voyageurs.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

§ 7. — *Plate-forme à deux vitesses, système Blot, Guyenet et de Mocomble.* — Dans le projet que MM. Blot, Guyenet et de Mocomble ont donné en vue de l'Exposition de 1900, ces messieurs ont abandonné l'idée d'une plate-forme unique marchant à une seule vitesse et nécessitant soit des arrêts pour l'embarquement des voyageurs, soit une marche lente permettant la montée des voyageurs en marche (fig. 12 à 19).

Entre le trottoir fixe de la station et la plate-forme mobile est intercalée, comme à Chicago, une seconde plate-forme mobile à demi-vitesse servant d'embarcadère.

Le système présenté comprend donc :

1° Une première plate-forme mobile à vitesse de 10 kilomètres à l'heure, et de $1^{m},30$ de largeur, roulant sur une voie de $0^{m},90$ d'écartement;

2° Une seconde plate-forme marchant à demi-vitesse de la précédente, de $0^{m},80$ de largeur, roulant sur une voie de $0^{m},45$ d'écartement, et servant d'embarcadère;

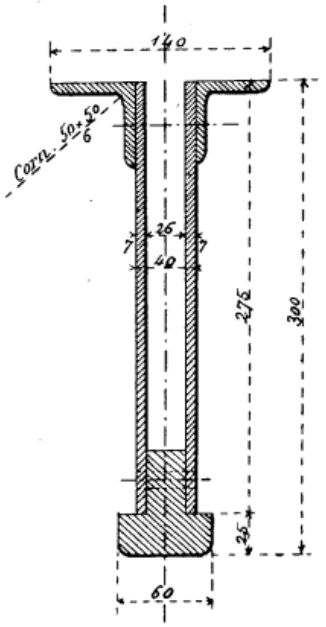


Fig. 11. — Brevet *Guyenet* de 1895. Poutre axiale de la plate-forme à grande vitesse. Coupe transversale.

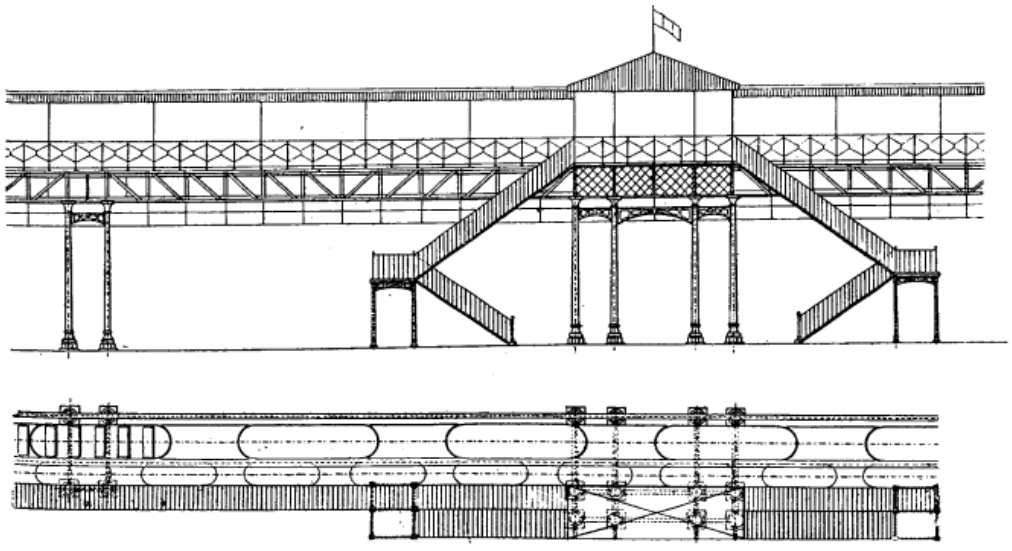


Fig. 12 et 13. — Projet *Blot, Guyenet et de Mocomble* pour l'Exposition de 1900. Disposition d'ensemble.

3° Un trottoir-station de $0^{m},90$ de largeur;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

4° Une passerelle métallique portée par des colonnes en fonte et servant à supporter les voies;

5° Des escaliers d'accès pour la montée et la descente des voyageurs.

Chaque plate-forme mobile est composée de trucs appartenant à deux types : le premier est supporté par quatre roues indépendantes, alors que le second n'a aucune roue et prend appui sur les deux trucs voisins. Le plancher de chacun de ces trucs repose sur des longrines en bois qui prennent à leur tour appui sur des traverses. Ces traverses sont fixées en leur milieu à une *poutre axiale* qui est l'âme du système; elles portent à leurs extrémités les roues dont il vient d'être question.

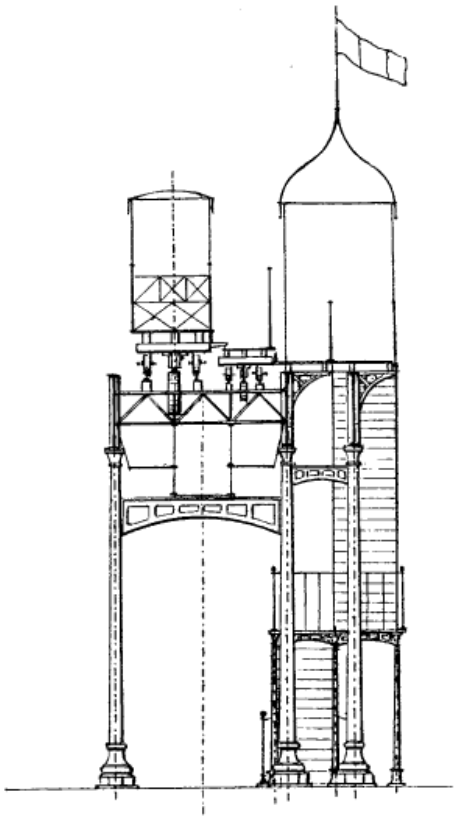


Fig. 14. — Projet *Blot, Guyenet et de Mocomble* pour l'Exposition de 1900. Coupe transversale par une station.

La voie de ces roues repose à son tour sur des longrines en bois qui s'appuient sur des traverses métalliques reliées aux poutres maîtresses du viaduc.

La poutre axiale, de son côté, repose, tous les 6 mètres, sur des galets tantôt moteurs, tantôt de soutien; elle est constituée en tôle et cornières, avec un rail d'acier en forme de simple T à la partie inférieure. Pour permettre le passage facile dans des courbes de 60 mètres, cette poutre est divisée en tronçons réunis par des charnières.

Le mouvement est produit par l'adhérence de la poutre axiale sur les galets moteurs.

Le même arbre sert à la mise en mouvement des deux plates-formes; mais comme il se produira des dénivellations différentes entre les galets supportant les poutres axiales des deux plates-formes, il a fallu prévoir une disposition spéciale de l'arbre de commande.

Chaque galet est monté sur un essieu de faible longueur, solidement maintenu entre deux paliers reposant sur une suspension élastique. Ces deux essieux sont réunis ensuite au moyen d'un arbre et de deux joints à la Cardan permettant ainsi les déplacements verticaux des galets.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les galets moteurs sont espacés de 39 mètres et les galets porteurs de 6 mètres.

Le rapprochement des galets moteurs permet de se passer de surcharges pour assurer l'adhérence.

La douceur du roulement est obtenue par des suspensions en caoutchouc placées au droit des roues des trucs et des galets.

Sur le parquet des trucs de la plate-forme à petite vitesse, sont fixés des poteaux en fer de 1 mètre de hauteur, ayant pour but de servir de point d'appui aux voyageurs inexpérimentés pour passer aisément du trottoir fixe à cette première plate-forme. Pour monter sur la plate-forme à grande vitesse, ils pourront se servir des montants des sièges qui sont en bordure.

Des escaliers doubles à paliers droits, établis tous les 200 mètres environ, serviront à la montée ou à la descente des voyageurs, de façon à avoir un service rapide.

Tel est l'ensemble du projet; les auteurs l'ont accompagné d'un devis de poids et de calculs justificatifs établissant la résistance suffisante des pièces. Nous extrayons de ce mémoire les quelques chiffres qui suivent.

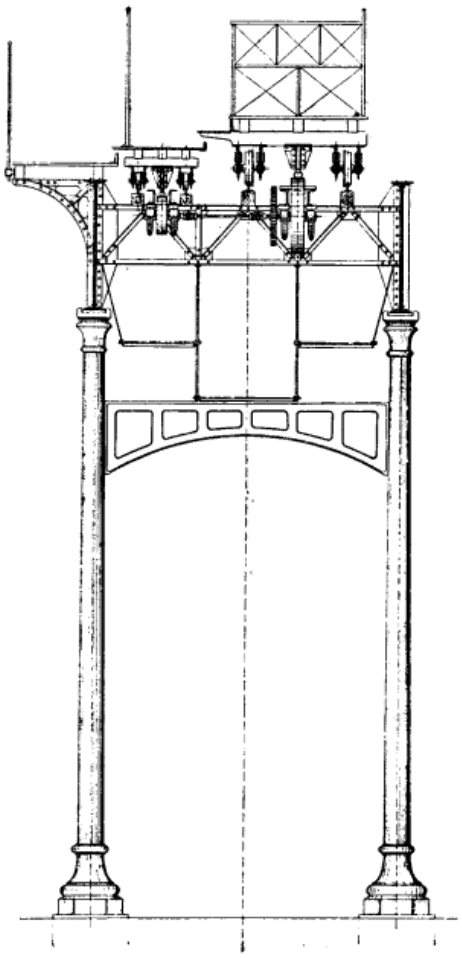


Fig. 15. — Projet *Blot, Guyenet et de Mocomble* pour l'Exposition de 1900. Coupes transversales par un axe moteur et en pleine voie. (Échelle de 0m,02 par mètre.)

Le poids total au mètre courant de la plate-forme mobile de grande vitesse est de 217 kilogr. Si nous ajoutons le poids de quatre voyageurs à 70 kilogrammes l'un, nous avons un poids maximum de 497 kilogr., soit 500 kilogrammes.

Le poids total au mètre courant de la plate-forme mobile de petite vitesse est de 109 kilogrammes; ajoutant le poids de deux voyageurs nous trouvons un total d'environ 250 kilogrammes.

D'autre part, la vitesse de la plate-forme rapide est de 10 kilomètres à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'heure, soit $2^{m},70$ par seconde environ. La vitesse de la plate-forme d'embarquement est de moitié, soit de $1^{m},35$ par seconde. Prenons comme résistance moyenne au roulement $3^{ks},2$ par tonne, nous aurons, pour travail résistant,

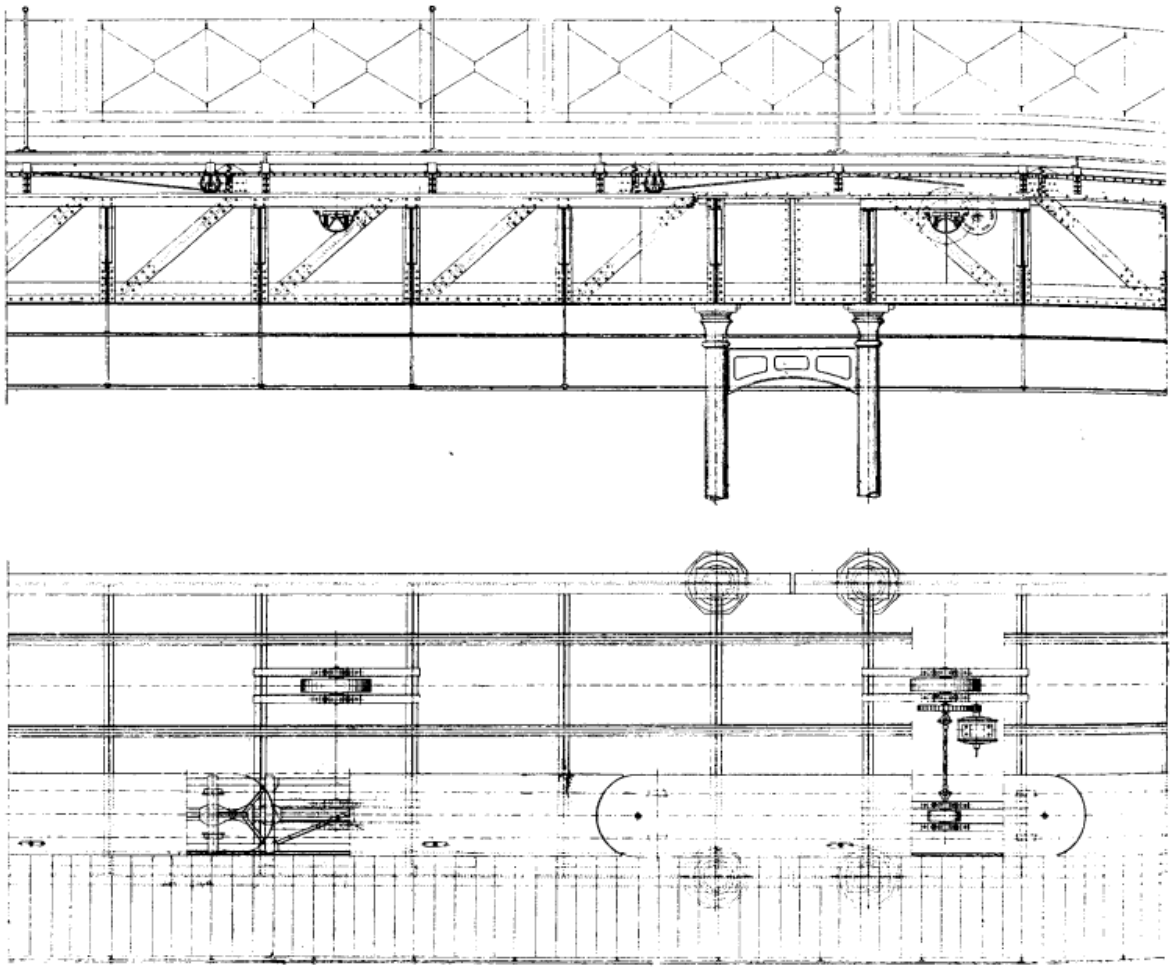


Fig. 16 et 17. — Projet *Blot, Guyenet et de Mocomble* pour l'Exposition de 1900. Plate-forme de petite vitesse.

par mètre courant, dans le cas où les plates-formes portent leur maximum de voyageurs :

$$(0^{T},50 \times 2,70 + 0^{T},25 \times 1,35)\ 3,2 = 5,4 \text{ kilogrammètres.}$$

Pour un circuit formé de 4 kilomètres le travail sera en chevaux :

$$\frac{1}{75} \times 5,4 \times 4000 = 288 \text{ chevaux.}$$

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Prenons pour les réceptrices un rendement de 80 p. 100, pour la ligne un rendement de 90 p. 100, et enfin, pour les génératrices, un rendement

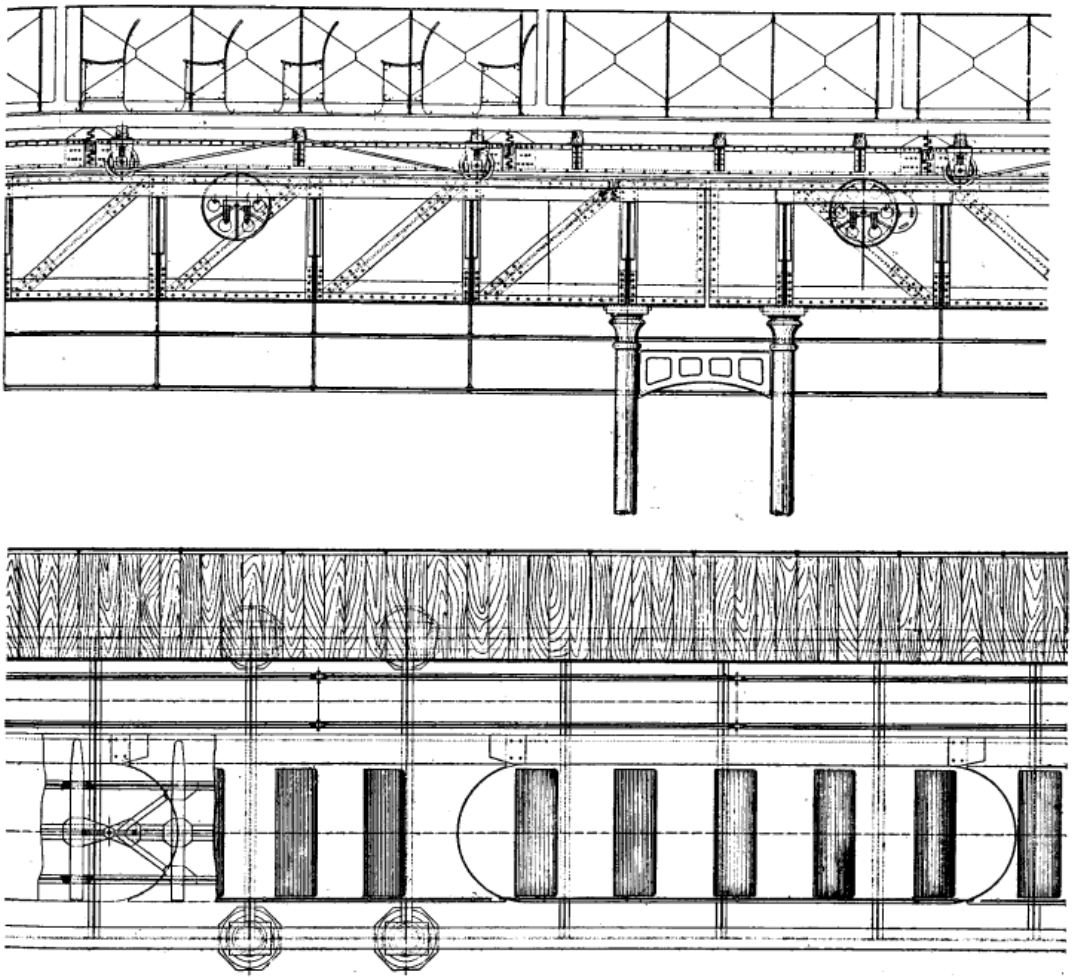


Fig 18 et 19. — Projet *Blot. Guyenet et de Mocomble* pour l'Exposition de 1900.
Plate-forme de grande vitesse.

de 85 p. 100, les machines à vapeur de l'usine fixe devront développer une puissance de :

$$\frac{288}{0{,}8 \times 0{,}9 \times 0{,}85} = 472 \text{ chevaux.}$$

§ 8. — *Conclusion.* — Il résulte de l'étude qui précède que le projet de plate-forme électrique à deux vitesses, système Blot, Guyenet et de Mocomble, qui vous est soumis, présente le plus grand intérêt.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le système des plates-formes mobiles permettrait de transporter rapidement des foules énormes. En effet, la vitesse de la plate-forme étant de $2^{m},70$ par seconde et le nombre des places offertes étant de quatre par mètre, il s'ensuit que le débit par heure du chemin serait de

$$4 \times 2,70 \times 3,600 = 38,880 \text{ voyageurs.}$$

Un chemin de fer ne pourrait pas atteindre une pareille puissance de trafic.

Le projet s'applique donc à un système de traction pouvant rendre des services qu'on ne saurait attendre des chemins de fer.

Le Comité des Arts mécaniques croit que ce double caractère de nouveauté et d'utilité recommande le projet à l'attention de la Société d'Encouragement.

Le Comité des Arts mécaniques a l'honneur de vous proposer, en conséquence, de remercier MM. Guyenet et de Mocomble pour leur intéressante présentation et de décider l'insertion du présent rapport au *Bulletin* avec les figures à l'appui.

Signé : A. Barbet, *rapporteur.*

Approuvé en séance le 12 novembre 1897.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MINES

REVUE DES PROGRÈS RÉCENTS DE L'INDUSTRIE MINIÈRE, PAR **M. Leproux**, *Ingénieur au corps des Mines* (1).

SOMMAIRE : — L'industrie des mines à l'Exposition de Bruxelles. — Appareils destinés à réaliser l'abatage sans explosifs. — Baromètre avertisseur des dépressions rapides. — Matériel roulant de la Cie des mines d'Anzin. — Allumage électrique des coups de mine : Amorces Manet-Gaupillat; appareil Siemens et Halske. — Lampe électrique Süssmann. — Procédé de sondage A. Raky. — Fonçage, équipement et mise en service des puits de grande profondeur aux États-Unis, en Belgique, en Westphalie, au Transvaal; câbles métallliques nouveaux ; nouveaux systèmes d'équilibre ; machines Tomson, Whiting; récipients servant à l'extraction ; manœuvre au fond et au jour; évite-molettes Humble et autres. — Application du système Compound et de la condensation aux machines de mines. — Dégagements instantanés dans les mines profondes. — Bocard système Morison. — Études du professeur Richards sur les cribles filtrants.

Dans un pays où l'industrie des mines tient une place aussi prépondérante qu'en Belgique, on pouvait peut-être, à l'occasion d'une exposition universelle et internationale, s'attendre, de la part des exploitants et des constructeurs de matériel de mines, à une exhibition plus imposante que celle à laquelle a donné lieu la récente Exposition de Bruxelles. L'industrie minière y avait en effet une assez faible part. Celle-ci était cependant suffisante pour que l'on puisse y reconnaître l'importance que prennent actuellement certaines questions. C'est ainsi que, notamment, les outils d'abatage destinés à suppléer à l'emploi des explosifs étaient représentés par plusieurs types intéressants. Mentionnons également le baromètre avertisseur de M. Harzé, destiné à parer au danger résultant, dans les mines grisouteuses, des brusques variations de la pression atmosphérique. Enfin il faut, à l'honneur des exploitants du nord de la France, citer leurs expositions, notamment celles des compagnies de Lens et d'Anzin ; nous n'en retiendrons que les preuves de l'importance que ces deux compagnies paraissent attacher, à bon droit, aux économies réalisables dans le roulage intérieur.

Nous avons déjà attiré l'attention des lecteurs du *Bulletin* sur le mouvement, très justifié selon nous, qui se produit en faveur de la diminution ou même de la suppression des explosifs dans les mines à grisou. La suppression complète de l'emploi des explosifs, lorsqu'on peut la réaliser, est, à notre avis, l'un des plus précieux éléments de sécurité dans les exploitations grisouteuses ;

(1) *Bulletin* de décembre 1896, p. 1582.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

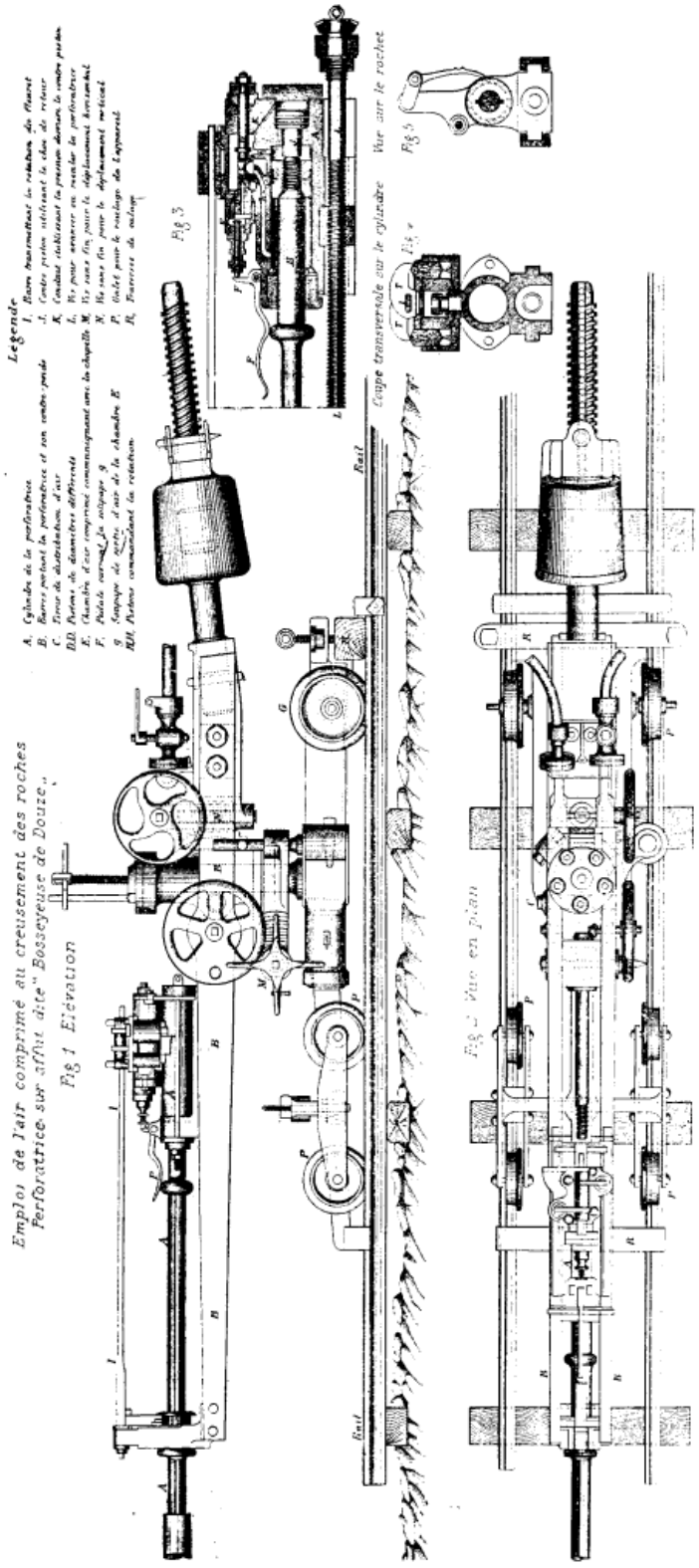


Fig. 1 à 5.

même lorsque l'emploi de l'explosif est limité à certains chantiers, au rocher, par exemple, la tentation reste grande pour le personnel chargé de l'abatage de la houille, et si l'on n'exerce une surveillance assidue, une imprudence peut toujours être commise. C'est sous le coup de cette préoccupation qu'ont agi les auteurs de la rédaction de l'arrêté royal belge du 13 décembre 1895 (1), qui met toute espèce d'entraves au minage, ne le permettant que sous un certain nombre de conditions très étroitement définies, et l'interdisant même absolument, en fait, dans certaines mines.

Cette réglementation a donné un essor nouveau à l'industrie des appareils d'abatage, et c'était l'une des notes caractéristiques de la section minière à l'Exposition de Bruxelles. Deux catégories d'ap-

(1) *Annales des Mines de Belgique*, t. I, p. 13.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pareils, d'ailleurs employés sur une grande échelle déjà, attiraient l'attention : d'une part, les derniers types de bosseyeuses Dubois et François ; d'autre part, les brise-roches système Thomas.

L'outillage actuel établi par MM. Dubois et François, et exposé par eux à Bruxelles, comprend, outre leur compresseur spécial, deux types de bosseyeuses dits « bosseyeuse de sept » et « bosseyeuse de douze », d'après le diamètre des cylindres moteurs. Ces appareils sont connus depuis longtemps, sauf les perfectionnements de détail que l'usage a permis de leur apporter. Les figures 1 à 9 représentent ces deux appareils (1).

Employés comme perforatrices pour le percement des galeries aux explosifs, ils ne présentent aucune particularité nouvelle. Employés comme bosseyeuses, ils ont donné des résultats qui sont consignés dans des attestations fournies par

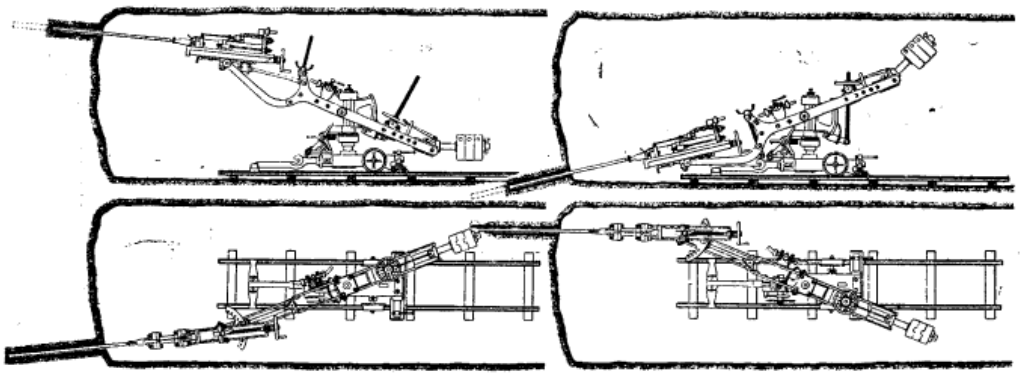


Fig. 6 à 9. — Bosseyeuse de sept *Dubois et François*. Emploi en coupes hautes et basses.

diverses sociétés houillères, et qui, si on les en croit, portent à admettre que l'emploi de la bosseyeuse sans explosifs est équivalent, ou légèrement supérieur, au double point de vue de la rapidité et du prix de revient, au travail à la main avec explosifs. Ainsi, aux charbonnages de Marihaye, où l'on a fait depuis 1886 jusqu'à 1896, soit pendant onze ans, plus de 16 kilomètres de galeries au rocher à la bosseyeuse sans explosifs, on a atteint un prix de revient égal ou inférieur à celui qui est réalisé à la main avec explosifs. A Anderlues, on a fait tout récemment, avec la bosseyeuse de 12, deux travers-bancs, l'un de 125 mètres, l'autre de 132 mètres, sans le secours des explosifs. Le premier, effectué pour la plus grande partie dans des schistes, a coûté de 24 à 55 francs le mètre (main-d'œuvre seule) ; le second, fait dans des terrains plus durs, a coûté de 35 à 60 francs (main-d'œuvre seule). Aux charbonnages de la Société Cockerill, à Seraing, un travers-bancs de 120 mètres, en terrain très dur,

(1) *Revue de Liège*, t. XXXIX, 3e série.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

a ete fait au prix de 30 francs dans le schiste et 60 francs dans le grès (main-d'œuvre seule). Le même travail, avec la perforation mécanique à la perforatrice de 12 et avec explosifs, coûtait, dans les mêmes conditions, explosif payé, 20 francs dans le schiste et 40 francs dans le grès. Enfin, aux Six-Bonniers, des résultats analogues ont été obtenus.

Les avancements mensuels réalisés varient aux environs de 20 à 25 mètres par mois; il s'agit de galeries de 1m,80 à 2 mètres de côté. Tous ces résultats sont,

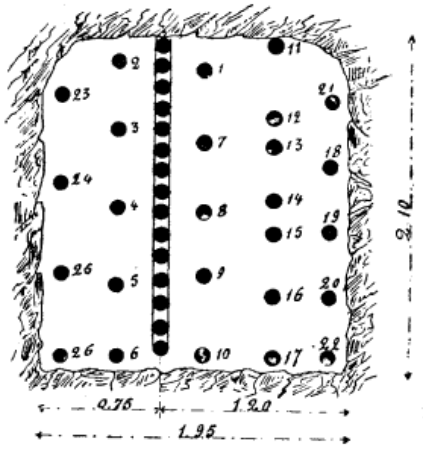


Fig. 3.

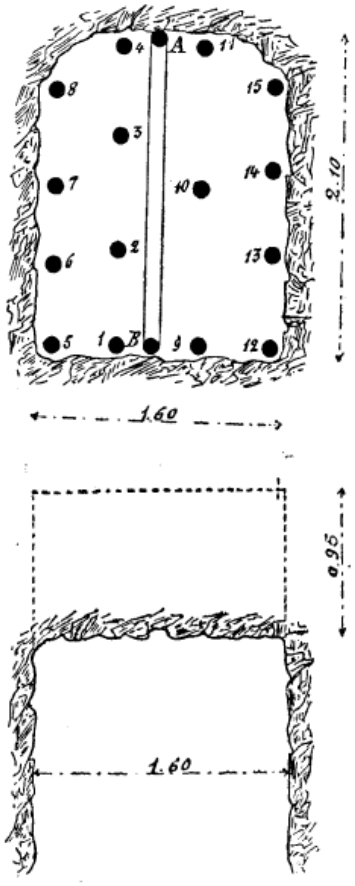


Fig. 10 et 11. — Travail à la bosseyeuse dans les schistes.

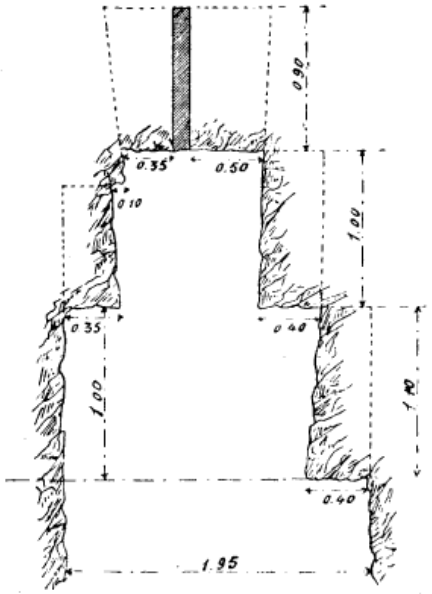


Fig. 12 et 13. — Travail dans les grès.

nous le répétons, comparables à ceux qu'on obtient à la main et aux explosifs. Dans l'établissement des voies de roulage en couche, travail où la suppression des explosifs présente un intérêt tout spécial, les chiffres cités par les constructeurs, d'après des essais détaillés et comparatifs, conduisent à la même conclusion d'ensemble: mêmes frais de main-d'œuvre, même rapidité; et, d'un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

côté, dépense en explosifs et amorces, de l'autre, dépense en air comprimé, amortissement et entretien des machines; ces deux catégories de dépenses pouvant se compenser. A ces considérations, il faut ajouter que les exploitants qui ont usé de ce mode de travail insistent sur les avantages économiques résultant de la solidité que présentent, après le travail sans explosifs, les parois des galeries ainsi créées. L'ébranlement serait de beaucoup réduit, et les frais de boisage ultérieur très diminués.

Le mode de travail à la bosseyeuse dans les travers-bancs serait naturellement très variable, suivant l'inclinaison et la nature des bancs. Les figures 10 à 13. indiquent le mode de travail recommandé par le constructeur soit dans les grès, soit dans les schistes. On commence par creuser soit au moyen de trous très rapprochés, soit en promenant l'outil de battage, une rainure verticale, et on pratique ensuite, en nombre suffisant, des trous dans lesquels on introduit l'aiguille coin, sur laquelle frappe la masse de la bosseyeuse. La roche est ainsi abattue de proche en proche.

En somme, la pratique de ces appareils, déjà ancienne pour la bosseyeuse de 12, assez récente pour la bosseyeuse de 7, qui est surtout employée comme perforatrice, montre que, pour chaque cas particulier, lorsque la suppression des explosifs est indiquée, l'étude de ce moyen d'abatage est possible, et que son emploi peut parfaitement se concilier avec des conditions économiques acceptables.

Le brise-roches Thomas est un outil beaucoup plus modeste, et qui ne saurait être comparé aux puissants appareils dont nous venons de parler. Tel qu'il est cependant, il peut rendre de grands services pour l'abatage de la houille et même pour le coupage des voies, lorsque l'emploi des explosifs est prohibé. Il a été essayé, dans divers charbonnages belges et westphaliens, avec un succès variable; mais il faut noter que, comme tous les outils de mineur, son succès dépend avant tout des dispositions et de l'habileté du personnel qui l'emploie, c'est une étude, ce sont des efforts de volonté à faire dans chaque cas particulier.

L'appareil Thomas (1) se compose essentiellement (fig. 14 à 17) d'une aiguille infernale ordinaire A, dont le coin central est prolongé par une tige longue de 2 mètres environ. Sur cette tige, de section uniforme, coulisse, par l'intermédiaire de huit galets disposés deux par deux dans des plans à 90°, un mouton cylindrique en fonte E de 45 kilogrammes. C'est ce mouton qui joue le rôle de la masse tenue à la main par l'ouvrier. Comme ce dernier n'a plus à en supporter le poids, on a pu l'augmenter dans des proportions qui lui permettent d'emmagasiner une force vive très notable. Le mode d'emploi réellement pratique de l'outil consiste à travailler dans des trous dirigés avec une faible inclinaison, vers le bas. La masse roulante tend ainsi d'elle-même à tomber sur la tête du

(1) Voir notamment: Communication à l'Association des Ingénieurs sortis de l'École de Liège, avril 1897.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

coin. Pour la manœuvre, on y adapte une tige de fer F, terminée par une poignée que l'ouvrier saisit et par l'intermédiaire de laquelle, après avoir ramené le mouton en arrière, il lui imprime une vitesse croissante. Le mouton frappe sur la tête du coin et l'enfonce beaucoup plus vite et beaucoup plus puissamment que dans le travail à la masse ordinaire.

Pour les trous inclinés de bas en haut, l'appareil est encore utilisable ; le

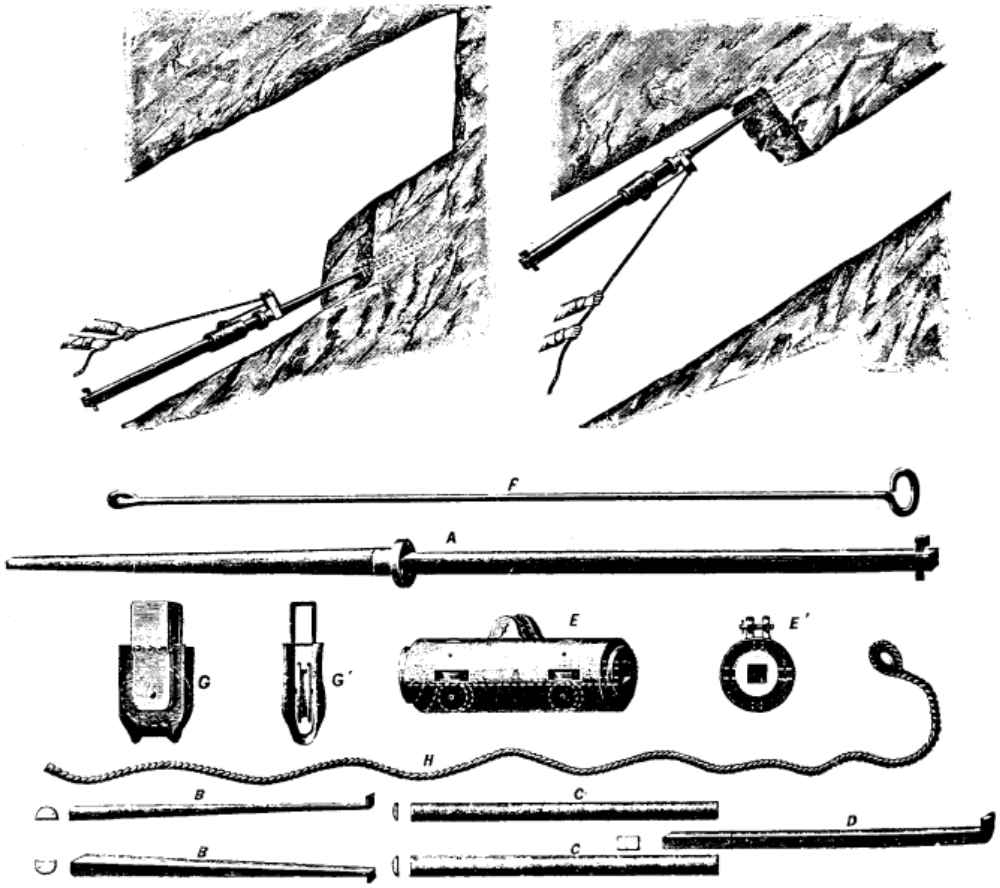


Fig. 14 à 17. — Éléments et mode de travail du brise-roches *Thomas*.

mouton est alors relié à une corde H, qui passe sur une poulie G, que l'on fixe sur la tête du coin. En tirant vivement la corde vers l'arrière, on détermine le choc du mouton contre la tête du coin ; la pesanteur suffit pour ramener en arrière la masse frappante.

Le coin D lui-même mérite une mention spéciale. Il se meut entre deux plans inclinés en haut et en bas BB et deux joues latérales *cc*, de section uniforme, qui permettent au coin de glisser contre des surfaces métalliques graissées, au lieu de glisser contre le massif.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

D'après une communication faite le 22 avril 1897 à l'Association des Ingénieurs sortis de l'École de Liège, plus de 300 de ces appareils étaient en service dans les houillères belges au commencement de la présente année. Le même document conclut, des expériences déjà faites, que le brise-roches peut être employé pour le coupage des voies, là où le minage est interdit, dans des conditions satisfaisantes. On a réalisé une rapidité qui équivaut à 80 p. 100 de celle qu'on obtient à l'aide des explosifs et à 400 p. 100 de celle qu'on obtient à la main. Le prix de revient du mètre d'avancement serait, en moyenne, de 20 p. 100 supérieur au prix obtenu avec l'emploi des explosifs.

Il s'agit donc là d'un outil qui a fait ses preuves, et qui peut rendre de très réels services. Il constitue une solution intéressante du problème de l'abatage à la main sans explosifs, solution qui paraît supérieure à celle que réalisent les appareils à vis : coin Levet par exemple, ou autres coins du même type, tels, par exemple, que le coin Kaufmann, employé dans quelques mines westphaliennes.

***

L'appareil construit sur les indications de M. le directeur général Harzé et de M. l'ingénieur Closset, pour avertir des variations brusques de la pression barométrique (1), mérite une mention toute spéciale. Il se compose essentiellement d'une pendule et de deux baromètres, combinés de manière à résoudre le problème suivant :

Donner l'alarme lorsqu'une dépression correspondante à une descente de m millimètres de mercure du baromètre se produit en n minutes, m et n pouvant être réglés suivant les conditions de la mine et les appréhensions de l'exploitant.

A cet effet, les deux baromètres, identiques, sont montés de manière que les aiguilles aient même centre d'oscillation, et marquent les pressions sur un même cadran. Seulement, l'un des baromètres est libre, tandis que l'autre n'est libéré que périodiquement, pendant la première minute de chaque heure par exemple. Il peut ainsi se mettre à l'unisson du premier; puis, celui-ci continuant à subir l'effet de la pression atmosphérique, l'autre est de nouveau fixé jusqu'à l'heure suivante. L'écart qui existe à la fin de cette heure entre les deux aiguilles est d'autant plus grand, que la variation est plus rapide. On peut dès lors régler l'appareil pour que, par le fonctionnement d'un contact, une sonnerie soit mise en action si l'écart atteint une certaine valeur, soit, en pratique, 1 millimètre de mercure par heure. L'exploitant peut ainsi être averti du danger, dont on connaît l'importance capitale lorsqu'on a affaire à des mines grisouteuses, où l'irré-

(1) *Annales des Mines* de Belgique, t. II.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

gularité d'allure du gîte et l'insuffisance des remblais permettent l'existence de vides dont l'assainissement n'est pas assuré normalement.

L'appareil a été établi par MM. Richard frères; un exemplaire fonctionnait dans la Section des mines Belges à l'Exposition de Bruxelles.

*
* *

Les deux Compagnies de Lens et d'Anzin avaient exposé à Bruxelles un assez grand nombre de modèles d'outils et d'appareils. Toutes deux avaient envoyé la berline-dynamomètre qu'elles ont employée respectivement pour leurs essais destinés à déterminer les efforts de traction des trains sur les voies souterraines. La Compagnie d'Anzin avait accompagné cet envoi de tout un ensemble de modèles de son matériel roulant, qui présente le plus haut intérêt. Son dynamomètre, au lieu d'être établi comme le sont la plupart des appareils du même genre, c'est-à-dire avec un ressort comme organe essentiel, est construit sur un principe que nous croyons nouveau dans ce cas : l'effort de traction, réduit par des leviers, est appliqué à un cylindre creux en tôle qui s'enfonce dans une cuvette pleine d'eau ; à l'un des leviers est relié un crayon qui trace des points d'ordonnée proportionnelle aux efforts. Pour qui sait à quel point la simplicité et la solidité sont des qualités maîtresses dans les appareils de mines, celui-là semble établi dans des conditions véritablement pratiques. L'étude qu'il a permis de faire a conduit la Compagnie à adopter un nouveau type de berline où les roues sont folles; pour diminuer les inconvénients des efforts latéraux, on a dès lors donné aux portées de grandes dimensions, et on les a d'ailleurs complètement enveloppées pour éviter l'action destructive des poussières. On a, paraît-il, grâce à l'adoption de ce nouveau matériel, fait tomber la résistance par tonne, de 14 kilogrammes à 8 kilogrammes en alignement droit, et de 18 kilogrammes à 9 kilogrammes en courbe. De pareils résultats ont sur le prix de revient de l'exploitation et sur le total des dépenses une importance dont on ne se fait pas toujours une idée assez exacte : abaisser le prix de revient de la tonne-kilomètre de quelques millimes, lorsqu'il s'agit de 3 millions de tonnes et de plusieurs kilomètres par tonne, vaut bien qu'on fasse, sur le matériel des mines, des études et des essais que l'on trouve tout naturel de faire lorsqu'il s'agit du matériel d'une compagnie de chemin de fer.

Il faut citer encore, dans le même ordre d'idées, l'installation d'une perforation mécanique comprenant un affût à quatre perforatrices Burton et un réservoir d'eau, montés respectivement chacun sur un truc à quatre roues, et reliés ensemble par une cheville ouvrière, l'ensemble formant un véhicule à deux bogies qui peut très facilement passer partout et est très maniable.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

***

L'allumage des coups de mine au moyen de l'électricité a pris, dans le cours de ces dernières années, un développement exceptionnel. Dans les fonçages de puits, ou, plus généralement, dans tous les travaux dont l'évacuation par les ouvriers peut présenter des aléas, le tirage à la mèche offre toujours ce danger que, la mèche une fois allumée, il est impossible d'empêcher le coup de partir; si, pour une cause quelconque, l'évacuation est retardée, les ouvriers se trouvent très exposés. Dans les mines à grisou, il a pu arriver parfois que des mèches mal faites ont projeté des étincelles qui ont mis le feu au grisou et ont provoqué des accidents; de plus, l'allumage même de la mèche présente toujours quelques dangers. On a bien cherché diverses dispositions permettant de produire cet allumage dans une capacité close : par exemple l'appareil Hohendahl, qui permet, en coiffant l'extrémité de la mèche d'une capsule et en introduisant le tout dans une sorte de pistolet hermétiquement fermé, d'allumer la mèche sans qu'aucune particule en feu puisse venir au contact de l'atmosphère. Mais aucun de ces procédés ne présente les avantages de l'allumage électrique. Par ce dernier procédé, on met le feu au moment précis où on le veut, sans l'adjonction d'aucune matière incandescente; de plus, il n'y a plus de long feu; les ratés ne présentent pas ce danger spécial aux coups amorcés à la mèche, et qui peuvent partir une heure après la mise de feu. Ce sont ces raisons qui expliquent le développement de l'allumage électrique.

A vrai dire, ce procédé présente néanmoins un inconvénient sérieux, avec lequel il faut compter. Les amorces au fulminate dans lesquelles se produit soit l'étincelle, soit l'incandescence d'un fil, sont d'une construction difficile. Dans celles de la première catégorie, il faut que les deux pôles soient éloignés d'une fraction de millimètre rigoureusement déterminée et très faible : un léger déplacement peut amener le contact, et l'amorce rate. Dans les amorces de deuxième catégorie, la résistance du fil doit être calculée avec rigueur; le contact des deux pôles doit être évité, sinon le courant passe tout droit ou n'échauffe pas suffisamment le fil. Le danger des ratés, dont la fréquence peut ainsi être augmentée si l'on a affaire à des fabricants peu soigneux, est en outre aggravé par ce fait que, le tirage électrique comportant l'allumage simultané d'un certain nombre de coups, il est impossible de discerner à l'audition le nombre des coups qui sont partis, et les ratés peuvent ainsi échapper à l'observation.

La conclusion semble être qu'il faudrait réaliser des amorces rendant les ratés très rares, et, en outre, faire que l'allumage soit assez aisé pour qu'on puisse, sans trop de retard, tirer un moins grand nombre de coups à la fois.

Dans cet ordre d'idées, nous devons signaler l'amorce à boules, système Manet-Gaupillat. Cette amorce est basée sur le principe suivant : Si l'on

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

termine les deux conducteurs mis en contact avec les bornes d'un générateur d'électricité par deux sphères, et que l'on mette ces sphères en contact, le contact se fera théoriquement suivant un point et pratiquement suivant une surface toujours très petite. Le courant, en passant par ce point, détermine une élévation de température inversement proportionnelle à cette surface de centact. En constituant les sphères au moyen d'une substance à la fois conductrice et explosive, on réalisera toujours l'inflammation de cette substance, pourvu que les boules soient en contact, ce qui sera toujours plus aisé à obtenir qu'un écartement déterminé.

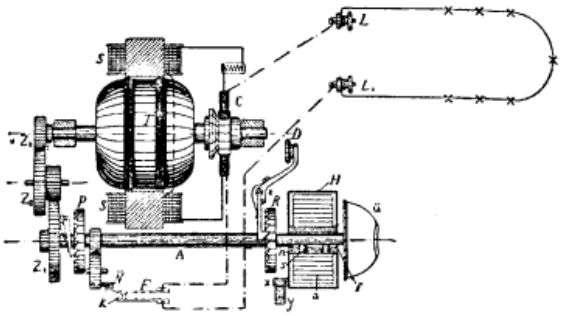


Fig. 18. — Appareil *Siemens et Halske*. Schéma.

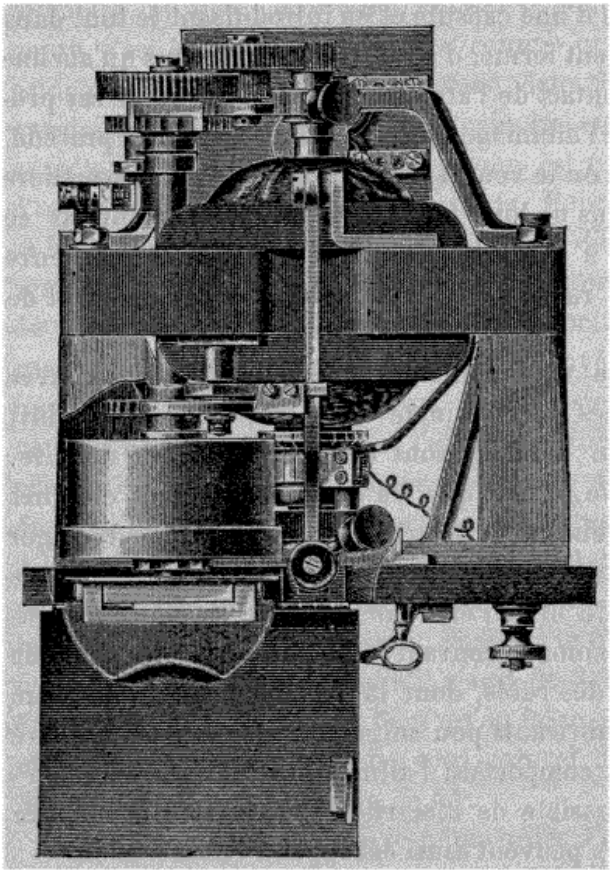


Fig. 19. — Appareil *Siemens et Halske*. Vue par-dessus.

Quant aux exploseurs, la tendance actuelle paraît être surtout de les faire légers, portatifs et d'un emploi commode, plutôt que très puissants. Du moins, les petits appareils nous paraissent présenter un intérêt spécial, parce que, mieux que les appareils lourds et installés à demeure, ils permettent l'amorçage et le tirage rapide, mais non simultané, d'un très grand nombre de volées de un, deux ou trois coups. Tels sont les appareils en faveur dans les mines allemandes. Ce sont, en général, de petites machines dynamo ou magnéto-électriques, ou bien des batteries d'accumulateurs. C'est dire que les appareils à électricité statique sont de moins en moins en faveur. Les appareils magnéto-électriques sont au contraire les plus répandus. Dans beaucoup d'entre eux, on a cherché à éviter l'incertitude qui règne toujours sur le nombre de tours de manivelle que l'on doit effectuer, en rendant ce nombre invariable et le faisant

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

réaliser automatiquement par l'appareil. C'est le cas pour les machine du type Ingersoll que nous avons mentionnées à cette même place (1) en 1895. Là, le résultat est obtenu en limitant la course d'une crémaillère qui commande l'induit. Dans la machine Siemens et Halske, non seulement le nombre des tours, mais leur rapidité même est limitée et déterminée, indépendamment de l'opérateur, qui n'a qu'à presser sur un bouton pour lancer le courant. Les fig. (18 à 21) représentent un schéma de cet appareil et diverses vues. Le principe est le suivant. Un ressort spiral *a* renfermé dans une boîte H peut être mis en tension au moyen d'un bouton ; il y est maintenu par un encliquetage. La dynamo T est en connexion nécessaire avec l'axe A, que commande le ressort, par l'intermédiaire d'engrenages *r*. Lorsque l'opérateur, ayant préalablement tendu le ressort, veut faire partir les coups de mine, il presse sur le bouton D et libère par conséquent l'axe A. La dynamo se met en marche avec une vitesse accélérée sous l'action du ressort; après un nombre déterminé de tours, un doigt N vient actionner le contact FK, et lance le courant dans le circuit extérieur. L'appareil a ainsi un fonctionnement automatique sur lequel l'opérateur n'a aucune influence.

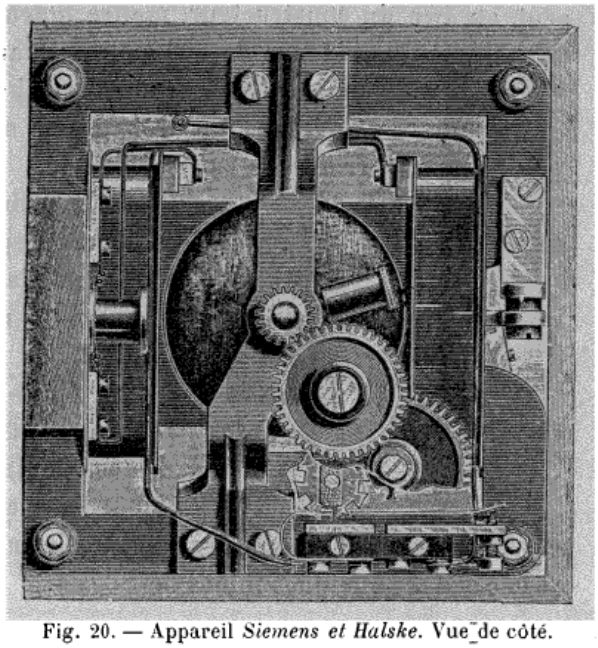


Fig. 20. — Appareil *Siemens et Halske*. Vue de côté.

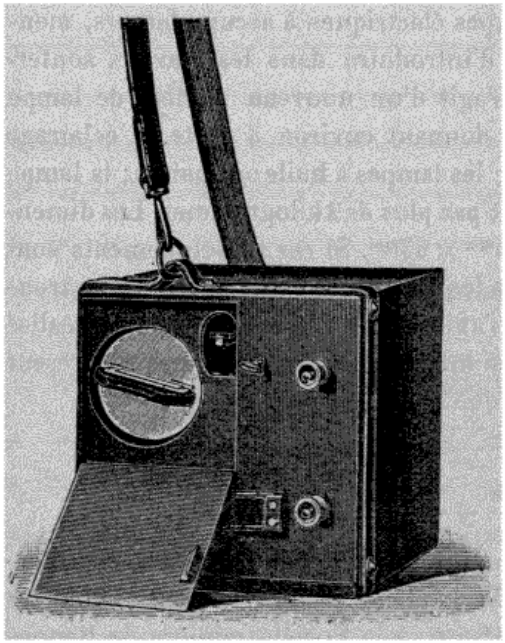


Fig. 21. — Appareil *Siemens et Halske*. Élévation.

L'appareil est, comme le montre la figure 21, très portatif. Il est renfermé dans une boîte hermétiquement close, portée par une courroie, et mesure $20 \times 20 \times 18$ centimètres, ce qui en fait

(1) *Bulletin* de décembre 1895.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

un objet très maniable. Il pèse 9 à 10 kilogrammes. Le modèle dont il s'agit peut, au dire du constructeur, mettre le feu à 60 à 80 amorces à la fois, à une distance de 600 mètres; mais il ne faut pas oublier que l'on a toujours une tendance fâcheuse à surcharger ces appareils et à amorcer un trop grand nombre de coups à la fois, ce qui risque de causer des ratés.

Fig. 22. — Galvanomètre *Siemens*.

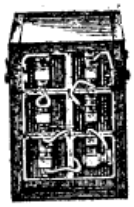


Fig. 23. — Batterie d'accumulateurs *Siemens*.

La maison Siemens construit aussi un galvanomètre spécial, très portatif, destiné à faire l'essai préalable d'une volée de coups de mine amorcés au moyen d'amorces à incandescence, (fig. 22).

La figure 23 représente une batterie d'accumulateurs utilisable pour la mise de feu. Ce sont des accumulateurs secs, d'un emploi par conséquent très commode; on peut aussi utiliser à cet effet les accumulateurs des lampes électriques lorsqu'on en emploie, ce qui est le cas dans quelques mines de Silésie.

*
* *

Puisque nous venons de parler de lampes électriques à accumulateurs, mentionnons une nouvelle tentative en vue d'introduire dans les travaux souterrains ce mode d'éclairage si tentant. Il s'agit d'un nouveau modèle de lampe type Süssmann (1), à accumulateur sec donnant environ 4 volts. L'éclairage serait supérieur à celui qu'on obtient avec les lampes à huile ordinaires; la lampe durerait douze à seize heures, et ne pèserait pas plus de 2 kilogrammes. Les dimensions extérieures seraient de $125^{mm} \times 65^{mm} \times 65^{mm}$. Si ces renseignements sont exacts et si les indications qu'ont données les premières expériences ne se trouvent en défaut après un long usage, il s'agirait d'un progrès sérieux réalisé dans une voie où l'on est engagé depuis si longtemps sans avoir jusqu'à présent abouti à aucune solution réellement pratique.

*
* *

Au premier rang parmi les innovations intéressantes des deux ou trois dernières années, il faut citer le système de sondage A. Raky (fig. 24), dont les premières applications ont été faites en Alsace, à la Société minière de Bonne-Espérance, avec un succès qui a immédiatement attiré l'attention. On a en effet

(1) Communication à l'Assoc. des Ing. sortis de l'École des Mines du Hainaut, 1897.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

avancé respectivement, dans deux forages, de 1m,20 et de 0m,75 par heure, dans des mélanges de marnes plus ou moins compactes et de roches calcaires.

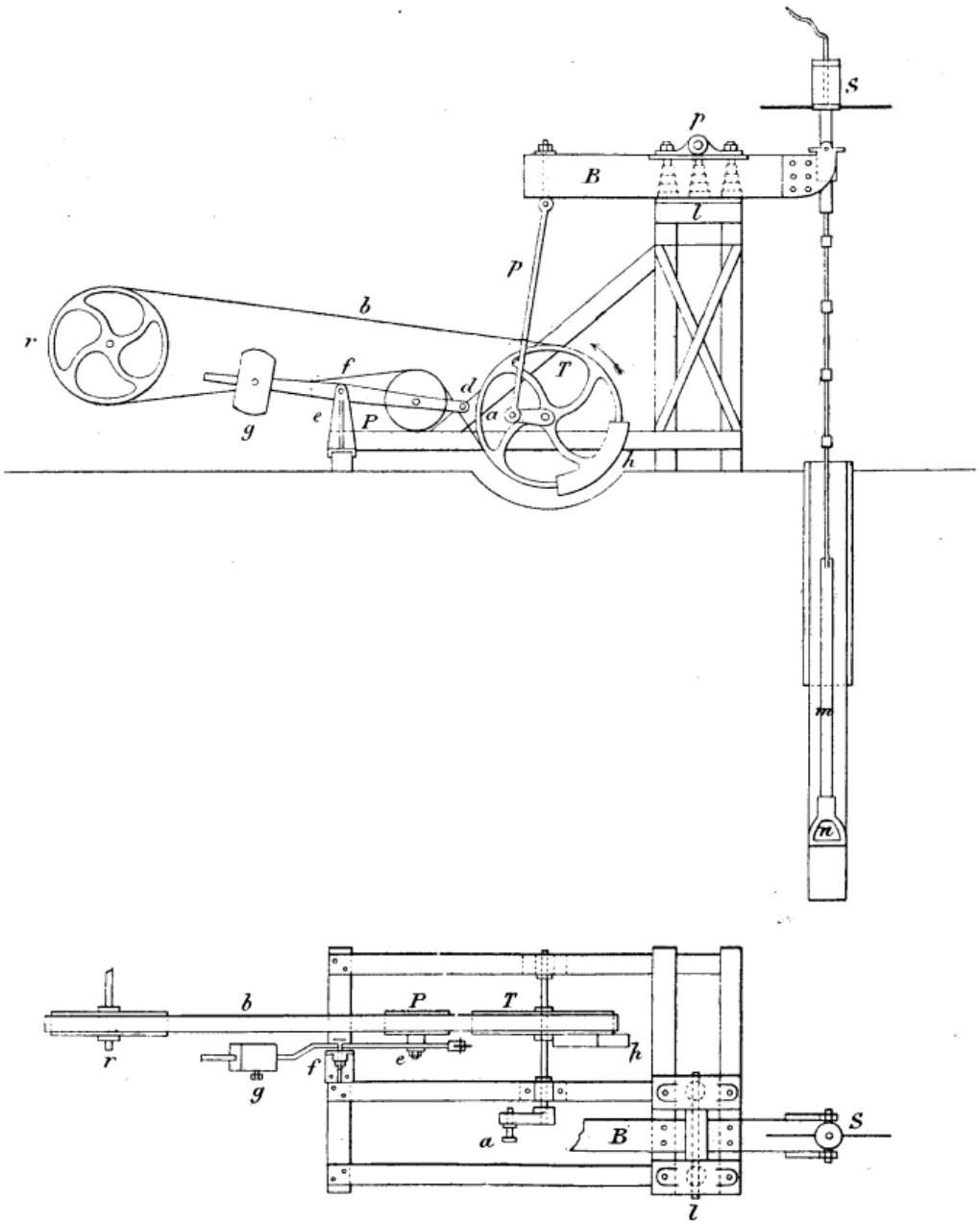


Fig. 24 et 25. — Procédé de sondage *Raki*.

Ce succès est dû à un ensemble de dispositions très intéressantes, dont voici le principe (1).

(1) *Revue de Liège*, juillet 1896.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le levier de battage B (fig. 24) est commandé par une bielle p, articulée sur une poulie T. Mais le mouvement de cette poulie n'est uniforme que pendant une partie de sa course, à savoir pendant la plus grande partie de la course montante et pendant les premiers instants de la course descendante. Le reste du temps, le levier est libre, ainsi que la tige de sonde s et le trépan $m.n$, qui sont solidaires du levier. Pour réaliser ce mouvement, la poulie qui commande le levier est actionnée par une courroie b, qui passe sur la poulie à mouvement uniforme r de la machine motrice. Mais cette courroie possède un excès de longueur. Elle est maintenue en tension par un appareil-tendeur P, à contrepoids g, commandé par une came h, que porte la poulie conduite. La rencontre du tendeur par cette came libère la courroie; dès que la came n'agit plus, le tendeur agit de nouveau. L'appareil ainsi établi est réglé de telle sorte que le levier soit abandonné à lui-même au moment où l'ensemble a pris sa vitesse maximum par suite de la rotation. La chute libre se produisant alors augmente cette vitesse, qui est ainsi beaucoup plus forte, lorsque le trépan atteint le fond du trou, que si la solidarité était complète entre le levier et le moteur.

La remise en tension de la courroie se fait un peu après que le trépan a atteint le fond du trou. On s'arrange en effet de manière que, à l'état statique, le trépan, dans sa position la plus basse, soit maintenu, par des ressorts agissant sur le levier, à quelques centimètres au-dessus du fond actuel du trou. Dans le système en mouvement, la chute rapide du trépan comprime les ressorts, qui relèvent dès lors cet outil après que sa vitesse acquise lui a fait atteindre le fond du trou. D'ailleurs, si la roche est un peu dure, le trépan rebondit de lui-même. C'est au moment précis où, par l'action des ressorts et de l'élasticité des roches, le trépan a ainsi rebondi, que la courroie conductrice, de nouveau mise en tension, fait agir la machine motrice pour relever la tige de sonde en vue d'un nouveau coup.

Contrairement à ce qui se passe dans la plupart des autres systèmes, le trépan est solidaire de sa tige, laquelle est très lourde. Un réglage convenable permet d'éviter que cette tige, maintenue en tension vers le haut par les ressorts lors de la chute du trépan, ne fouette au moment du choc. Le poids même de la tige ajoute à l'effort; elle est composée d'éléments cylindriques creux, qui permettent de pratiquer très aisément l'injection d'eau. Si l'on a recours à cet adjuvant, qui supprime le curage, la rapidité de l'opération croît dans des proportions jusqu'à présent inconnues. On peut donner jusqu'à 80 coups à la minute, paraît-il, et c'est ainsi que l'on a réalisé, dans les cas que j'ai cités, des avancements de 30 et 40 mètres par jour aux faibles profondeurs, et de 10 à 12 mètres encore à des profondeurs de près de 400 mètres. (Les deux sondages de Bonne-Espérance avaient, l'un, 400 mètres, l'autre, 397 mètres.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

*
* *

A mesure que la production minérale se développe sur tous les points du globe, la question de l'exploitation à des profondeurs de plus en plus grandes se pose partout, soit que l'on veuille continuer à mettre en valeur des gisements épuisés dans les étages supérieurs, soit que l'on veuille rechercher et exploiter des gîtes que leur grande profondeur faisait considérer jusqu'à présent comme inexploitables. Il y a peu d'années, un puits de 1 000 mètres était une rareté; actuellement on peut citer dans plusieurs pays des puits qui atteignent ou dépassent cette profondeur (1), et l'on se préoccupe partout des moyens de créer et d'exploiter des sièges d'extraction qui l'atteignent : 600 mètres est une profondeur courante; 800 mètres, profondeur maximum qu'aient atteinte jusqu'à présent les travaux de mine en France, est, dans bien des pays étrangers, une profondeur fréquente. En Belgique, il existe actuellement plusieurs puits dépassant 1 000 mètres : puits n° 10 de Griseuil (charbonnages Belges); puits Sainte-Henriette (Produits du Flénu); à Marchienne-au-Pont, à Viviers, a Anderlues, au Poirier également. En Allemagne, deux puits du Hartz dépassent 800 mètres. En Autriche, à Przibram, cinq puits ont environ 1 000 mètres. En Australie, à Bendigo, plusieurs puits ont également dépassé 1 000 mètres. Enfin, aux États-Unis, la profondeur la plus grande qui ait jamais été atteinte pour un puits d'exploitation, 1 400 mètres, vient d'être réalisée au puits Red Jacket, mine Calumet and Hecla (lac Supérieur) et, tout près de là, à Tamarack. L'exploitation à 1 000 mètres de profondeur est donc aujourd'hui, devenue un fait presque ordinaire.

Le fonçage de pareils puits présente des difficultés très variables. Dans la plupart des cas, notamment pour presque tous les puits belges que nous avons cités, l'approfondissement s'est fait pour ainsi dire au jour le jour, sous stot; chaque période pendant laquelle on dépile un étage est occupée en même temps à la préparation de l'étage inférieur, et notamment à l'approfondissement du puits au moyen de machines auxiliaires mues à l'air comprimé par exemple. Dans ces conditions, l'approfondissement ne mérite pas de mention spéciale.

Mais il est des cas où, au contraire, il s'agit de créer de toutes pièces un puits de 600, 800, 1 000 mètres de profondeur; et même, il s'agit quelquefois de mines à mettre en valeur, du premier coup, à cette profondeur; tels sont les *deep levels* du Transvaal et les exploitations qui se créent au nord du bassin rhénan-westphalien, sous 400 ou 500 mètres de morts-terrains. Dans ce cas, la rapidité du fonçage devient un élément de premier ordre, la rémunération des énormes capitaux engagés exige un avancement qui réduise au minimum la période

(1) Voir à ce sujet : *Journal of the Society of Arts, London*, 11 décembre 1896.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

improductive. D'où la constitution d'un outillage spécial à chaque cas particulier.

Le caractère que doit avant tout présenter cet outillage, c'est la puissance. Tel est le cas pour l'ensemble de dispositions (1) adoptées par M. Tomson, directeur de la « Harpener bergbau actien gesellschaft » aux charbonnages de Gneisenau, puis, successivement, pour deux puits du charbonnage de Preussen (district de Dortmund, Westphalie).

Dans ces fonçages, considérés, à bon droit, comme modèles, on a réalisé des avancements moyens de $1^{m},80$ par jour. L'opération exige deux machines d'extraction. Il y a par conséquent, normalement, quatre bennes de fonçage dans le puits. Ces bennes sont guidées au moyen de câbles métalliques fixés, au fond, à des moises que l'on déplace au fur et à mesure de l'approfondissement, et, au jour, à des treuils à bras. Des quatres bennes, deux servent normalement à la descente des matériaux pour le muraillement et à l'extraction des matériaux du fonçage. Les deux autres servent à l'épuisement. Le muraillement se fait par reprises de 20 à 30 mètres, mais en même temps que le fonçage; les ouvriers sont placés sur un plancher suspendu à un fort câble, placé dans l'axe du puits, et enroulé également sur un treuil. Ce plancher est évidé en deux points, ou suivant un rectangle, pour permettre la circulatien des bennes qui vont au fond du puits. Quant à l'épuisement, il se fait de la manière suivante. Le plancher de muraillement porte de grandes cuves cylindriques, tenant jusqu'à 8 mètres cubes; l'eau rencontrée au fond du puits est remontée de 20, 40 ou 60 mètres, suivant l'état du travail, dans ces cuves, au moyen de pompes ou de pulsomètres. Les bennes à eau, guidées, tenant elles-mêmes 4 mètres cubes, et ayant la même forme que les cuves fixes, avec un diamètre légèrement inférieur, viennent y plonger et s'y remplir. L'essentiel est dès lors d'avoir au jour une machine suffisamment puissante pour que les cuves à eau soient remontées assez vite. Ajoutons que si la venue d'eau, en devenant trop forte, exige l'emploi du procédé à niveau plein, le matériel qui est dans le puits et qui est entièrement suspendu par des câbles reliés à des treuils peut être remonté très rapidement.

Si l'on a pu, à Gneisenau et à Preussen, réaliser des avancements aussi rapides, c'est, je l'ai dit, à cause de la puissance de l'outillage, mais c'est aussi et beaucoup parce que les marnes et les sables que l'on rencontre présentent une consistance faible. Tel n'était pas le cas au puits Red Jacket, de Calumet and Hecla; ce puits, foncé d'un jet jusqu'à 1400 mètres, avait à traverser des roches éruptives très dures; aussi n'a-t-on fait qu'un avancement moyen d'environ 300 mètres par an. Cet avancement est encore très considérable,

(1) Voir *Zeitschrift für das Berg-Hütten und Salissenwesen*, 1887, et *Glück auf*, vol. 28, n° 43.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

surtout si l'on considère que le puits, rectangulaire, a une section de 7m,50 sur 4m,65 à l'extérieur du boisage. Le fonçage était fait au moyen de dynamite, les trous, forés par quatre perforatrices à air comprimé ayant 7 centimètres de diamètre. Là encore, le service est assuré par deux machines. Ce sont des machines Corliss à condensation, avec tambours Whiting. Nous reviendrons plus bas sur ces tambours; qu'il suffise de dire ici qu'il s'agit d'un système d'extraction à câble unique sans fin; dans le but de permettre l'allongement progressif du câble à mesure que le puits s'approfondit, le câble passe en outre sur une poulie portée par un chariot qui se rapproche du puits au fur et à mesure de l'approfondissement.

Le prix du mètre de puits creusé dans ces conditions n'est pas exceptionnellement élevé; ainsi, à Tamarack, à côté de Calumet and Hecla, le mètre est revenu à environ 1 000 francs, pour deux puits qui, tous les deux, ont atteint la profondeur de 1 400 mètres dans des roches dures. Les fonçages à niveau vide de Preussen, en raison de la faible dureté des roches traversées, ne coûteront, paraît-il, muraillement compris, pas plus de 500 francs le mètre, avec un diamètre intérieur de 5m,20.

Au Transvaal, il n'existe encore que peu ou point de puits ayant atteint 1 000 mètres; ceux qu'on se propose d'établir à cette profondeur et au delà sont évalués à 2 000 francs le mètre environ; ils seront foncés comme les puits profonds des mines américaines, c'est-à-dire au moyen de deux puissantes machines.

Quel que soit le cas, on peut toujours dire que le prix total d'un semblable fonçage représente une part des frais de premier établissement beaucoup plus importante qu'autrefois. Il est donc du plus haut intérêt d'utiliser mieux ou au moins aussi bien qu'autrefois les puits dont on dispose, car leur nombre est appelé à être de plus en plus limité, et leur capacité de production tend à être réduite par la plus grande durée des cordées. Il est intéressant de passer en revue les diverses solutions qui ont été présentées dans le cours des dernières années pour résoudre le problème de l'extraction à grande profondeur.

La première question qui se pose, car elle intéresse toute l'installation, est celle du choix entre les câbles ronds et les câbles plats. On peut dire que le câble rond en acier est le plus généralement adopté, du moins partout où l'on n'a pas à compter avec les machines préexistantes. Tel n'est pas le cas en Belgique, et c'est probablement pour une raison de cet ordre que la plupart des puits à grande profondeur y sont armés de machines à bobines, avec câbles plats en acier ou en aloès. Le câble plat en acier rend l'équilibre difficile; le câble plat en aloès présente, à résistance égale, un poids plus élevé, surtout si l'on tient compte des progrès réalisés dans la fabrication des fils d'acier à grande résistance; de sorte que les deux systèmes présentent des inconvénients. L'un et l'autre sont employés. Comme type, il faut citer le puits Sainte-Henriette, du charbonnage des Produits

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à Flénu; la profondeur est de 1156 mètres; on emploiera un câble plat en acier, dont nous consignons ci-dessous les éléments, avec le poids de la charge :

Longueur totale du câble	1 350 mètres
Section à l'enlevage	0,260 × 0,025
— à la patte	0,200 × 0,019
Poids moyen par mètre	14kg,500
Poids total	19 575 kilog.
Nombre de chariots de la cage	12
Poids des chariots vides	2 640 kilog.
Poids utile	6 000 —
Poids de la cage	4 360 —
Rayon initial	1m,350
Rayon final	3m,360

Au même charbonnage, le puits n° 18, dont la profondeur dépasse 1 000 mètres, est muni de câbles en aloès à 10 aussières; sa largeur est de 412 millimètres au gros bout et de 241 millimètres au petit bout; il enlève une cage à 6 berlines de 400 kilos utiles, la cage pesant 2200 kilos, ce qui fait une charge totale de 8200 kilos environ.

Les puits de Marchienne-au-Pont, le puits n° 10 de Griseuil (Frameries), sont également armés au moyen de câbles plats.

Mais, croyons-nous, les raisons de ce fait doivent être surtout cherchées dans le désir d'utiliser d'anciennes installations. Les sièges d'extraction établis récemment pour de grandes profondeurs ont été, en général, munis de câbles ronds en acier, permettant, à profondeur égale, la circulation d'une charge plus lourde que les câbles en aloès.

On sait que le câble rond en acier est à peu près exclusivement utilisé en Westphalie. Jusqu'à ces dernières années, les câbles employés étaient des câbles formés de torons de fils d'acier s'enroulant autour d'une âme en chanvre. Les sièges d'extraction récents ont été pourvus, en général, de câbles d'une construction nouvelle, dits « Patent-Verschlossener construction » ou « Marianner Seile », du nom de la mine où ils ont été utilisés pour la première fois en Allemagne. Ces câbles diffèrent beaucoup des anciens, en ce qu'ils sont formés de mises concentriques de fils d'acier profilés, juxtaposés suivant des hélices à pas très long et inversées d'une mise à l'autre (1). L'âme en chanvre est supprimée; elle est remplacée par une âme en fils ronds légèrement tordus; puis viennent des couches successives de fils, d'abord à section trapèze, puis de section 8 (fig. 26). Utilisés d'abord en Angleterre, ces câbles ont été introduits dans le bassin westphalien, où on les a récemment soumis à une étude et à des épreuves qui paraissent avoir démontré leur supériorité. Les avantages seraient les suivants.

(1) *Zeitschrift für das Berg. Hütten und Salinen wesen*, 1897, 2e cahier.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Tout d'abord, la suppression de l'âme en chanvre (qui ne travaille pas dans les anciens câbles) et son remplacement par une âme en acier, augmentent notablement la résistance du câble, à qualité d'acier, poids et diamètre égaux. — En outre, ces câbles possèdent la propriété de s'allonger très peu sous l'action de la charge, ce qui est précieux dans les puits à grande profondeur, à cause de l'importance que prennent les variations d'allongement par mètre et des diffi-

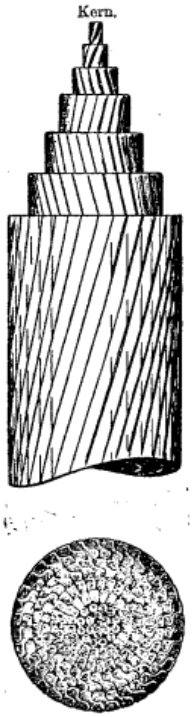


Fig. 26 et 27. — Câbles *Marianner*.

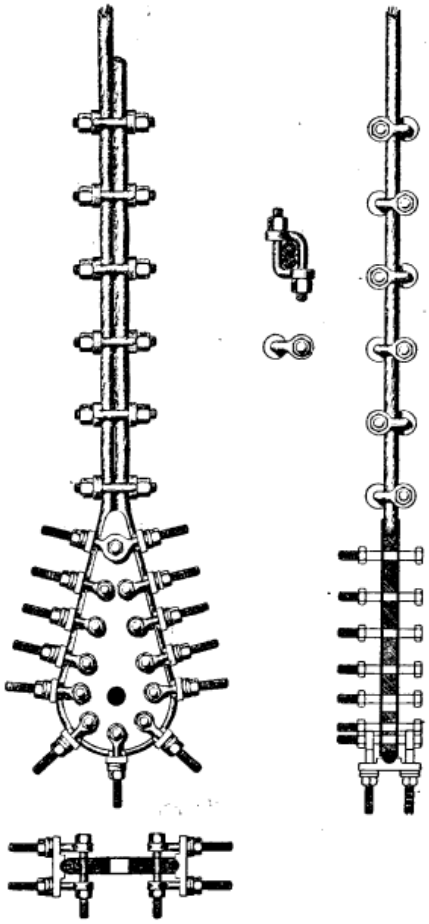


Fig. 28 à 31. — Boucle d'amarrage du câble *Marianner*,

cultés qui résultent de ce fait pour le réglage des cages. — Enfin, la surface très lisse que présentent ces câbles rend leur conservation et leur visite plus faciles. Les effets de torsion sont supprimés.

La flexibilité du câble ainsi construit est moindre que celle du câble ordinaire; aussi l'attache doit-elle être faite sur un rayon plus considérable; la surface lisse du câble exige aussi que le serrage des deux extrémités de la boucle d'amarrage soit très énergique; c'est ce qui explique la disposition donnée à cette boucle, qui est représentée figure 28.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Aux États-Unis, presque toutes les machines nouvellement établies pour l'extraction à grande profondeur sont également munies de câbles ronds en acier, et les mines du Transvaal adoptent la même pratique. Aussi le câble rond paraît l'emporter partout sur le câble plat, lorsqu'il s'agit d'obtenir un rendement élevé. Les ruptures de câbles ronds en acier sont d'ailleurs relativement rares; une visite soignée, une durée et un travail limités, assurent très suffisamment la sécurité. Il est à noter que, dans le câble que nous venons de mentionner, la mise extérieure étant légèrement plus tendue que les autres, les pre-

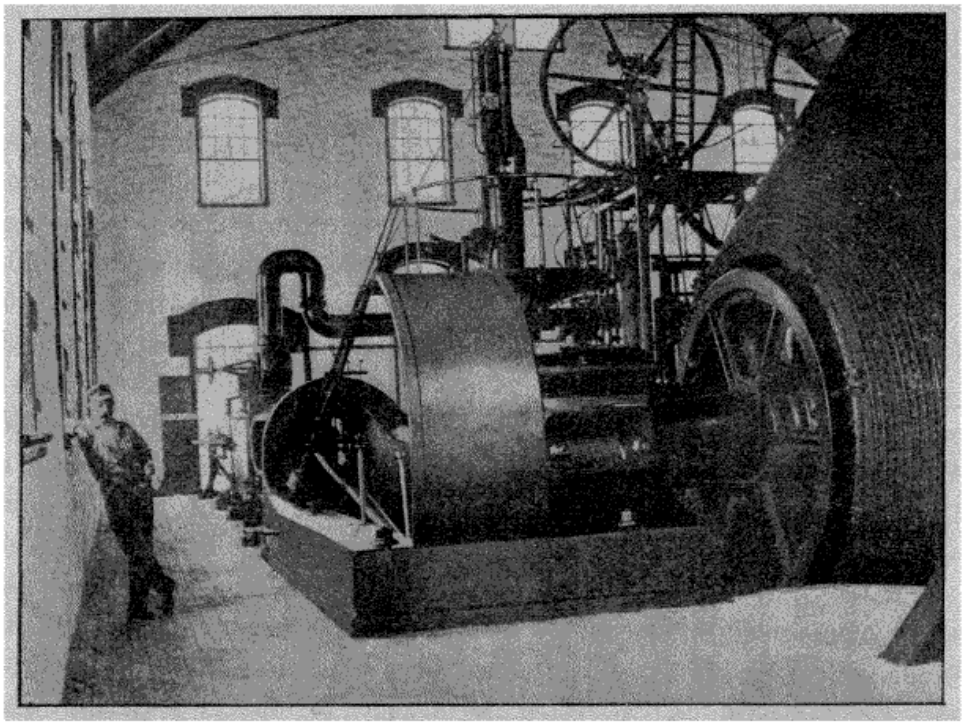


Fig. 32. — Machine d'extraction de *Tamarack*, Vue d'avant.

mières ruptures de fils se produisent à l'extérieur; la surveillance est ainsi très efficace.

Le type de câble une fois adopté, il faut réaliser l'équilibre. Avec les câbles plats, le problème ne comporte qu'une seule solution; l'équilibre doit être réalisé par la variation du rayon d'enroulement; le câble et sa charge une fois donnés, on ne dispose que du rayon initial d'enroulement pour réaliser l'équilibre, et encore est-on souvent obligé de consentir à des écarts de moments assez considérables, surtout avec les grandes profondeurs.

Le câble rond se prête à une variété de solutions beaucoup plus grande. On peut les ranger en trois groupes : systèmes avec tambour conique, systèmes avec tambour cylindrique et dispositif auxiliaire d'équilibre; enfin systèmes avec câble unique sans fin.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le premier cas est sans contredit le plus fréquent. Les tambours coniques permettent une régularisation à peu près parfaite, parfaite même si l'on veut. Aussi leur emploi s'est-il généralisé pour les puits profonds. En Westphalie, ils constituent la règle pour les machines nouvellement créées. Aux États-Unis, on les emploie également ; les mines du Lac Supérieur en sont pourvues (fig. 32 et 33) ; à Tamarack et à Calumet and Hecla, il existe plusieurs machines à tambours coniques.

L'inconvénient principal des tambours réside dans leur poids, leur masse et

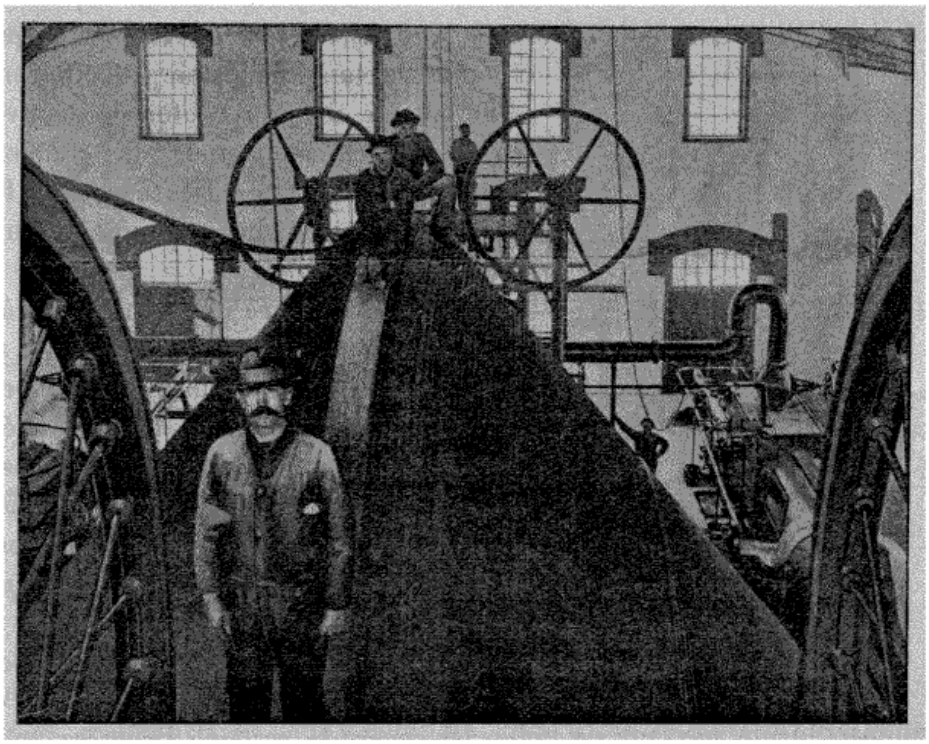


Fig. 33. — Machine d'extraction de *Tamarack*. Vue du tambour.

la longueur qu'ils occupent sur l'arbre. Les diamètres sont forcément très grands, surtout avec les câbles en acier peu flexibles : aux mines que nous venons de citer, des diamètres de 4 à 8 mètres et de 4 à 11 mètres sont très couramment atteints. Dès lors, la masse à mettre en mouvement est considérable ; le démarrage jusqu'à la pleine vitesse, puis l'arrêt, nécessitent un temps notable, ce qui s'oppose à l'adoption de fortes vitesses moyennes. Quant à la largeur de l'appareil, largeur dictée par les nécessités de la régularisation et forcément grande à cause de la présence sur le même arbre des deux tambours, elle oblige à avoir des arbres très résistants, et en outre, pour les grandes profondeurs, elle oblige à désaxer très fortement le câble par rapport à ses molettes, le point de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

contact du câble et du tambour se déplaçant latéralement de 2 ou 3 mètres pendant une cordée.

C'est pour remédier à ces inconvénients, tout en conservant le système des tambours coniques, que M. Tomson a imaginé et appliqué à Preussen (1) une machine d'extraction d'un principe très original, non imité jusqu'ici (fig. 34). Les deux tambours sont placés l'un devant l'autre, sur deux arbres parallèles ; ces tambours sont commandés par des bielles reliées à une pièce en équerre que commande directement la machine, laquelle est verticale. — De cette façon, les arbres sont très réduits, leur flexion est moins à craindre ; on peut avoir deux freins distincts ; enfin le câble n'est plus aussi désaxé par rapport au puits. De plus, la course du piston peut être rendue différente de celle du bouton de manivelle, ce qui permet d'adopter de plus grandes vitesses de piston. Cette curieuse machine fonctionne déjà depuis plusieurs mois en donnant toute satisfaction.

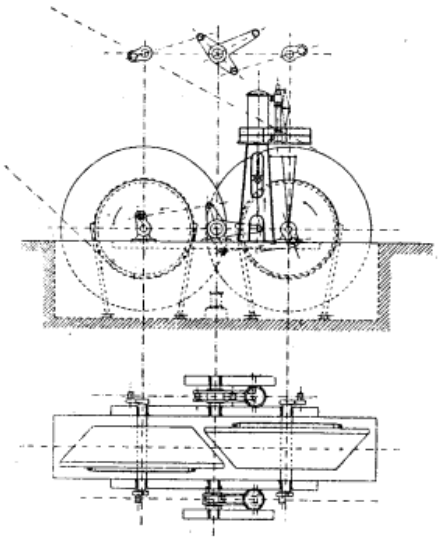


Fig. 34 et 35. — Machine d'extraction *Tomson*.

Le second groupe de machines à câbles ronds comprend toutes les machines à tambour cylindrique d'enroulement, avec câble ou contrepoids d'équilibre. Le câble d'équilibre peut être attaché sous les cages, ce qui a le grave inconvénient de charger beaucoup celles-ci, ou il peut être indépendant des cages : tel le système Lindenberg, employé au puits Grillo, mine Monopol (2), et qui consiste à enrouler sur le tambour d'extraction deux câbles auxiliaires qui se déroulent dans des compartiments spéciaux du puits ; tel encore le système Desprès, qui présente, au moins en théorie, des avantages notables sur le système Lindenberg dont il rappelle le principe ; mais ces systèmes à câble d'équilibre et tambour d'enroulement ont l'inconvénient d'exiger des longueurs et par suite des poids de câbles très considérables ; et en outre, aux grandes profondeurs, le fouettement des câbles ou chaînes d'équilibre contre les parois du puits devient dangereux pour le câble comme pour le puits. C'est probablement l'une des raisons pour lesquelles l'appareil Lindenberg, dont la suppression est décidée à Monopol, n'a pas eu d'autre application ; quant au système Desprès, nous ne lui en connaissons pas encore. En somme, le tambour conique paraît présenter une solution aussi bonne de la question, avec une masse tournante comparable.

(1) *Glückauf*, 1895, n° 52.
(2) *Annales des Mines de Belgique.*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

A ce point de vue, le troisième système présente de réels avantages, même lorsqu'on emploie le câble d'équilibre. Dans ce dernier cas, le type du système est la machine d'extraction Kœpe, dont on peut voir maint exemple en Westphalie, et qui n'est pas nouvelle — Le même principe est également celui des tambours Whiting. Au lieu d'avoir deux câbles distincts pour chaque cage, on a un câble unique faisant un petit nombre de tours ou même une fraction de tour sur un tambour très étroit. Ce système ne permet de réaliser l'équilibre que par un contrepoids qui, dans le procédé Kœpe, est un câble d'équilibre. Il se produit alors des fouettements très violents dans le puits; de plus, la masse à mettre en mouvement reste assez considérable; elle n'est diminuée qu'en ce qui concerne

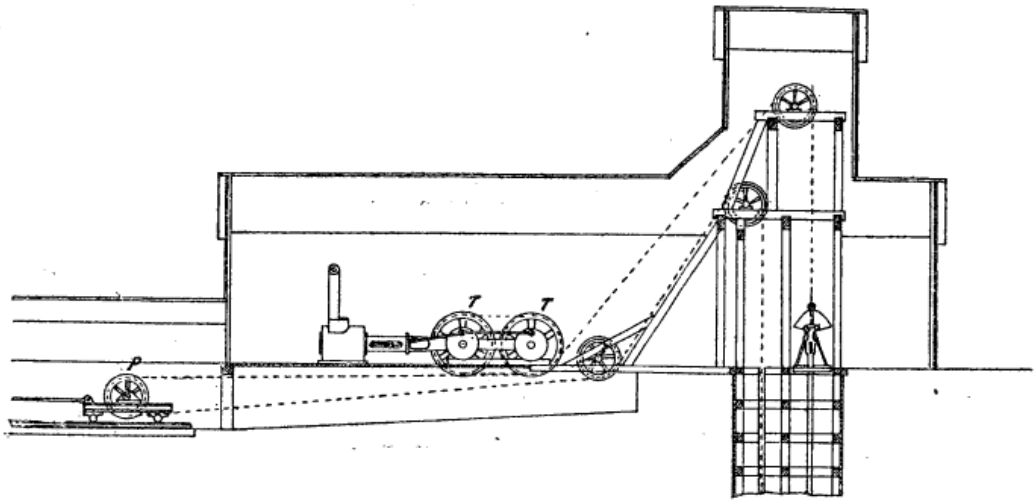


Fig. 36. — Puits avec tambours *Whiting* (lac Supérieur) (Figure extraite des *Annales des Mines de Belgique*).

le tambour même. Aussi a-t-on renoncé, dans certaines installations de puits profonds, à employer le câble d'équilibre. C'est le cas pour les puits à tambours Whiting des mines du Lac Supérieur. La grande valeur du minerai et sa forte densité permettent d'employer de petites cages; la charge utile prend plus d'importance que dans les mines de houille. Néanmoins, le défaut d'équilibre crée entre les moments résistants aux diverses périodes de la course des différences considérables. On y remédie en employant des machines très puissantes, fonctionnant avec détente variable au régulateur, et munies de freins énergiques. Le défaut d'équilibre, qui rendrait très dangereux le système Kœpe, devient, avec le double tambour Whiting, un inconvénient négligeable. Les tambours sont disposés l'un devant l'autre, et rendus solidaires par une bielle; le câble tourne autour de l'un, puis de l'autre, et passe sur deux molettes situées dans le même plan. Pour éviter d'avoir des tambours de grande masse, on réduit le diamètre d'enroulement, et on arrive néanmoins à de grandes vitesses d'extraction en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

augmentant la vitesse de la machine. Le nouvel appareil d'extraction du puits Red Jacket de Calumet and Hecla doit permettre de réaliser une vitesse d'ascension de 26 mètres par seconde, avec des tambours de 5m,40 de diamètre seulement (fig. 36).

Mais la vitesse d'extraction n'est pas tout en pareil cas, et l'on a dû se préoccuper d'augmenter la capacité de production des puits profonds en augmentant le plus possible la charge utile et en diminuant la durée des manœuvres au fond et au jour.

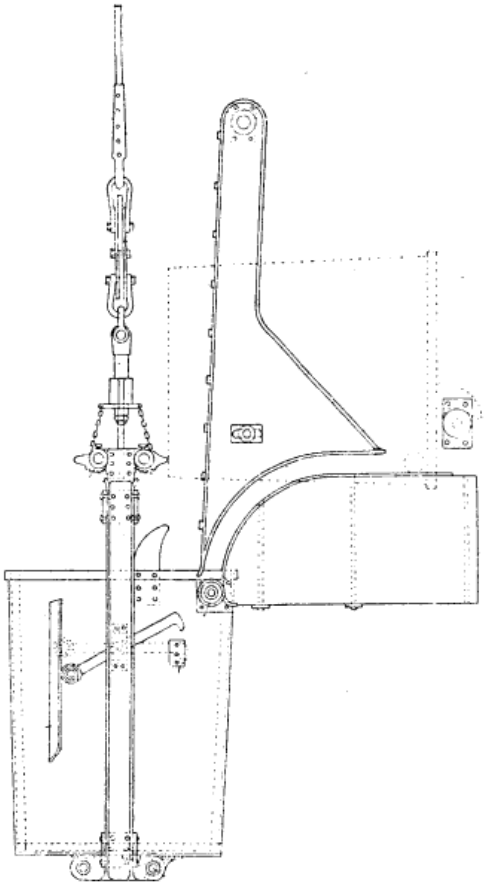


Fig. 37. — Cuffat à basculage automatique.

Les ingénieurs américains ont depuis longtemps adopté, dans un grand nombre de mines, une solution très simple, qui consiste à revenir au système du cuffat. Le minerai est culbuté au fond dans des trémies, d'où on le charge dans un vaste cuffat en tôle, qui peut contenir plusieurs tonnes. Le cuffat, attaché à demeure au câble, est remonté au jour et culbuté à son arrivée au niveau des installations de triage; ce culbutage se fait d'ailleurs le plus souvent automatiquement (fig. 37). Le même système s'applique avec une égale facilité aux puits verticaux et aux puits inclinés suivant le plan du gîte, dont les Américains font un si large et si heureux usage. Au Transvaal, les exploitants de mines d'or, employant un matériel fourni en partie par des usines américaines, se servent du même procédé dans un grand nombre de cas. Le poids utile est ainsi augmenté; on l'a porté à 7 tonnes dans de récentes machines américaines; le poids total absolu à enlever est diminué et la durée des manœuvres réduite à sa plus simple expression.

Mais le procédé ne peut pas trouver son application partout; les matériaux pour lesquels le bris est à craindre, la houille, par exemple, dans certains cas, se trouvent mal de ces culbutages supplémentaires; de plus, on ne peut nier que les manœuvres dont il s'agit ne soient un peu brutales; la circulation du personnel et des matériaux nécessaires à l'exploitation (bois, etc.) est

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rendue difficile et dangereuse; on ne peut donc songer à rendre ce système utilisable dans la généralité des cas; et on cherche alors la solution du problème dans un ensemble de dispositifs permettant de décager et d'encager rapidement

A cet effet, dans certaines mines américaines, on emploie des pistons actionnés par la vapeur ou l'air comprimé, qui poussent devant eux la benne

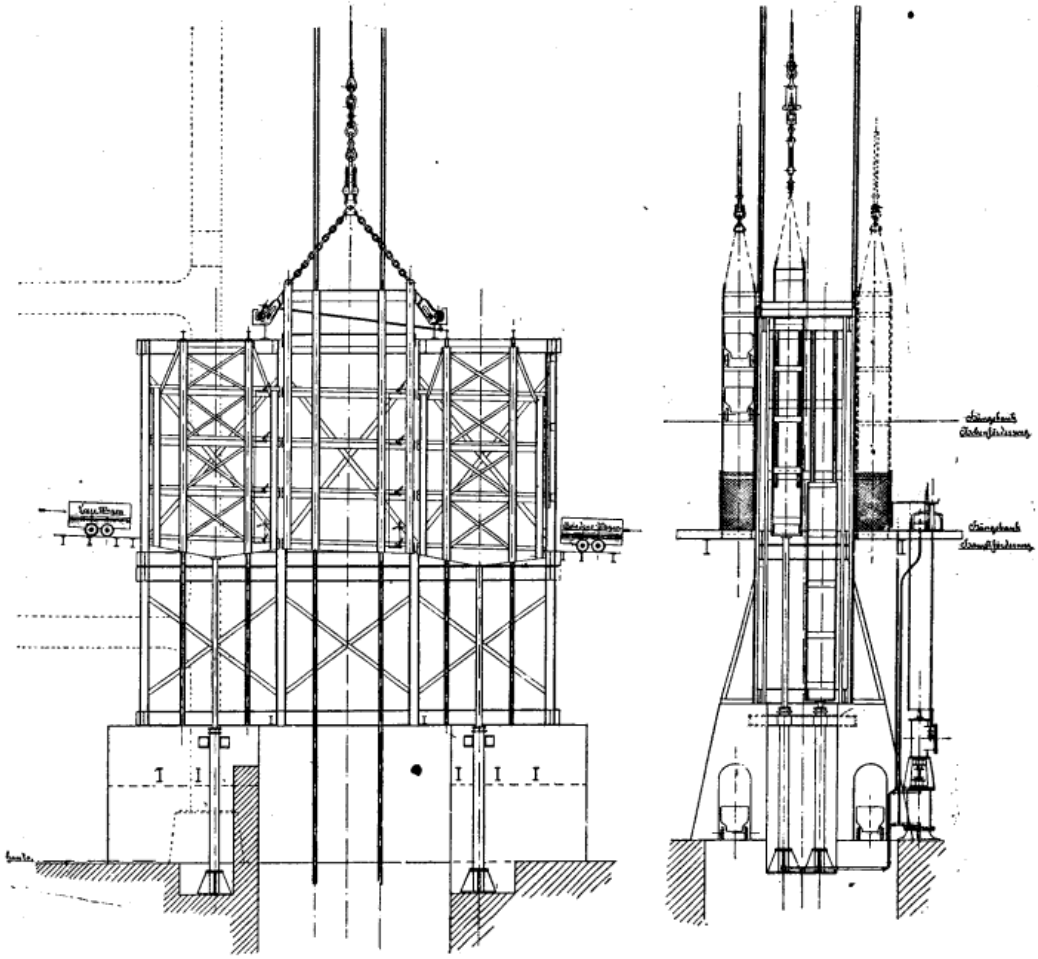


Fig. 38 et 39. — Cages auxiliaires *Gneisenau*. Élévation et vue par bout.

pleine par l'intermédiaire de la benne vide. Plus généralement, on utilise à cet effet une légère pente que l'on donne à la voie dans la cage. En combinant cette idée avec le principe des taquets hydrauliques, on a réalisé, à Gneisenau et à Preussen, un chargement et déchargement très rapides. L'opération exige à chaque recette quatre cages auxiliaires, solidaires deux à deux par l'intermédiaire de conduites contenant de l'eau sous pression (fig. 38). Ces cages ont autant de planchers que la cage principale : lorsque celle-ci vient au jour, les deux cages cor-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

respondantes l'encadrent, l'une pleine de bennes vides et l'autre vide. Les bennes vides viennent, à la faveur de la pente, remplacer les bennes qui entrent dans la cage vide. Au fond, la manœuvre inverse se produit, et tout est prêt pour une cordée. Pendant la cordée, la cage auxiliaire où se trouvent les pleines, descend, faisant monter les deux cages auxiliaires destinées à la cage symétrique ; et les receveurs prennent, l'une après l'autre, les berlines qui reposent sur les plafonds successifs.

Enfin, pour compléter cette nomenclature des procédés destinés à accroître la capacité productive des puits, il ne faut pas oublier de dire que, partout où la nature des terrains le permet, on donne aux puits une très grande section, de manière à pouvoir y faire circuler plus de deux cages. En Europe, les puits sont le plus souvent circulaires ; on les divise en compartiments rectangulaires laissant entre eux et les parois des espaces utilisables pour des conduites d'eau, de vapeur, d'air comprimé, et on les munit de deux machines commandant deux cages chacune. Tantôt ces machines sont équivalentes : c'est le cas, par exemple, pour la magnifique installation du puits n° 2 de la mine Zollverein (Westphalie), où deux machines à tambours coniques sont placées l'une à côté de l'autre et font circuler dans un même puits quatre cages identiques rangées sur une même ligne ; tantôt, et plus souvent, l'une des machines seulement fait le service courant, l'autre, plus faible en général, commande des cages plus petites qui desservent des travaux préparatoires, approfondissements, etc.

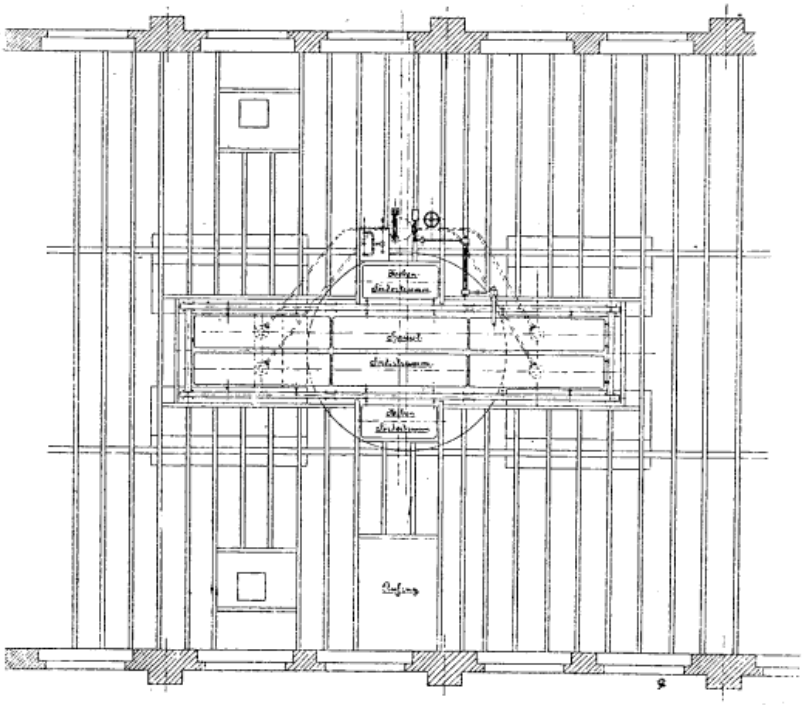


Fig. 40. — Cages auxiliaires de *Gneisenau*. Plan.

Dans les puits américains, on adopte fréquemment la disposition rectangulaire, et alors l'utilisation de la section du puits est meilleure. C'est ce que l'on fait également au Transvaal.

Pour tous ces cas, on adopte très généralement le guidage en rails, solidement fixés et d'un type très résistant.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Au point de vue économique, la consommation de combustible prend une très grande importance dans les frais d'extraction. Aussi a-t-on été amené, pour toutes les machines d'extraction puissantes, à adopter le système Compound, et partant les hautes pressions, 12 ou 14 kilogrammes. On a également employé la condensation. Il est d'ailleurs étonnant que ce dernier perfectionnement n'ait pas été adopté plus tôt. Un siège d'extraction important comporte toujours, aujourd'hui, toute une série de machines à vapeur, pompes, machine d'extraction, machine du lavoir, de l'atelier, compresseurs, ventilateurs, etc. En groupant toutes ces machines de manière à produire la vapeur dans une batterie unique et à la condenser ensuite au même point, on doit forcément réaliser une économie notable. C'est ce qu'on a compris dans certains sièges récemment établis dans le nord de la France ou en Westphalie. Aux États-Unis, la condensation a été également employée; là aussi, d'ailleurs, on emploie pour les grandes profondeurs des machines Compound à haute pression, avec distribution perfectionnée (Corliss plus ou moins modifiée).

Ainsi, production et utilisation plus économiques de la vapeur, systèmes divers réduisant la durée des manœuvres de recette, grandes sections données aux puits, machines réalisant l'équilibre ou pouvant y suppléer par une distribution variable, câbles perfectionnés, tels sont les éléments qui permettent aujourd'hui d'assurer dans de bonnes conditions économiques et techniques l'extraction à grande profondeur.

***

La circulation des hommes et des matériaux par les puits a, de tout temps, nécessité l'application de nombre de mesures de sécurité. Il en est une qui, semble-t-il, s'impose en pareil cas : c'est celle qui a pour but d'empêcher la chute d'une cage dans le puits. Même si pareil accident ne cause pas mort d'homme, il constitue toujours une véritable catastrophe par la désorganisation qu'il cause en général dans la colonne du puits et l'arrêt qui s'ensuit forcément dans l'exploitation. Par une surveillance soignée des câbles, on est arrivé à supprimer presque complètement les ruptures en cours de route; mais il reste, si l'on ne prend pas de précautions spéciales, une cause d'accidents qui dépend d'un faux mouvement ou d'une inattention du mécanicien, c'est la mise aux molettes, et, en consultant les statistiques des divers pays, on voit que c'est un genre d'accidents avec lequel il faut compter. Pour y remédier, on a proposé depuis longtemps toute une série d'appareils qui portent le nom d'évite-molette, ayant pour but, en général, d'arrêter la machine avant que la cage ait atteint les molettes. Sauf quelques exceptions, ce sont des appareils compliqués, avec lesquels les risques de fonctionnement intempestif ou de non-fonctionnement sont assez difficiles à éviter. Mais la tendance actuelle paraît être plutôt dirigée vers

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'emploi de crochets de sûreté mettant à profit une idée déjà ancienne, qui consistait à couper automatiquement le câble avant que la cage arrive aux molettes, et à recevoir celle-ci sur des taquets mus automatiquement. Seulement, les dispositifs dont nous parlons sont combinés, non pas de manière à couper le câble, mais de manière à abandonner à elle-même la chape fixée à l'extrémité inférieure de ce dernier, par le jeu d'une sorte de pince; cette pince est maintenue fermée sur la chape, en temps ordinaire, par un rivet en cuivre convenablement calculé; mais elle porte deux saillies qui, lorsqu'elles viennent buter contre deux arrêts convenablement disposés au-dessous des molettes, provoquent, sous l'action de la machine tirant sur le câble, le cisaillement du rivet et l'ouverture de la pince. Le câble est alors libéré et on évite ainsi l'enlèvement de la cage par-dessus les molettes. En outre, grâce à deux butées convenablement disposées et qui sont effacées tant que la pince n'a pas fonctionné, la cage reste

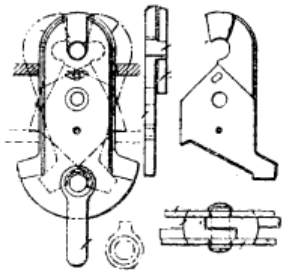


Fig. 41. — Boite-molettes *Humble*.

Fig. 42. — Boite-molettes *West*.

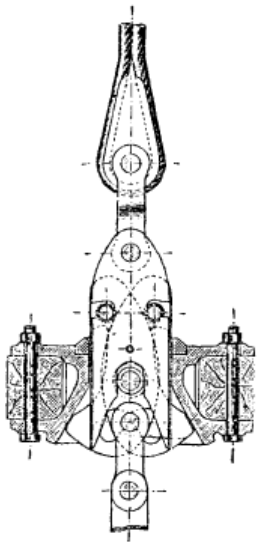


Fig. 43. — Boite molettes. *Haniel et Lueg*.

suspendue au-dessus de la recette, par l'intermédiaire des pièces mêmes qui ont provoqué le détachement. L'appareil Humble (fig. 41) paraît être l'un des plus employés parmi ces crochets; nous donnons les dessins qui en représentent le dernier modèle, récemment modifié en vue de renforcer les flasques de la pince, et nous y joignons les croquis de quelques autres dispositifs du même genre, allemands ou américains (fig. 42 et 43).

***

L'augmentation des frais et des difficultés d'extraction n'est pas le seul obstacle contre lequel on ait à lutter aux grandes profondeurs; il faut, en outre, par un aérage très abondant, obvier à l'accroissement de la température (ajoutons

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

que, par ce moyen, on peut toujours y arriver); mais il est surtout un danger, spécial aux gîtes sédimentaires et surtout aux mines de houille, sur lequel nous aurions à insister, parce qu'il est et sera désormais toujours d'actualité, c'est le danger des dégagements anormaux ou même soudains de gaz, notamment de grisou.

M. l'ingénieur en chef Delafond a résumé, dans une courte note parue dans les *Annales des Mines* au commencement de 1897, l'état de la question et les données que l'expérience a pu fournir sur les dégagements instantanés. Il paraît certain, d'après les faits constatés dans les mines belges, que l'intensité et la fréquence des dégagements instantanés de grisou augmentent avec la profondeur. C'est donc une difficulté avec laquelle les exploitations futures devront avoir de plus en plus à compter. M. Delafond indique successivement les conditions dans lesquelles se sont produits la plupart des dégagements instantanés connus, et les moyens propres à éviter les accidents. Qu'il nous soit permis d'ajouter cette remarque, qu'un récent voyage dans la région de Mons nous a permis de faire. La fréquence des accidents par dégagement instantané, la suppression des explosifs, la suppression de tout feu dans la mine et à ses abords, le bon entretien des lampes et la sécurité du type universellement adopté (type Mueseler) paraissent avoir fait complètement perdre de vue la nature inflammable du grisou; de sorte que l'on arrive, dans les exploitations du couchant de Mons, à être beaucoup moins préoccupé qu'ailleurs des teneurs élevées dans les retours d'air, des accumulations de gaz pouvant exister dans tel ou tel point de la mine, etc. Le grisou n'est plus qu'un gaz irrespirable et susceptible, par son irruption soudaine, de provoquer des projections de charbon. Assurer la fuite des ouvriers, telle devient la préoccupation dominante. Notamment, les travaux de traçage en remonte, proscrits à bon droit dans les couches qui ne présentent pas de dangers de dégagement instantané, deviennent la règle dans les couches à dégagements du couchant de Mons, parce qu'on estime la fuite impossible pour les ouvriers occupés dans une descente. Les tailles chassantes marchent, dans ces mines, de manière que la plus avancée soit la plus basse, car elle est aussi la plus exposée, et, dès lors, un dégagement, en s'y produisant, ne risque pas d'obstruer tous les fronts de taille, ce qui serait le cas si le groupe de tailles marchait par gradins droits. Enfin, l'aérage soufflant des travaux préparatoires devient également la règle, afin que les canaux d'aérage ne soient pas obstrués par les produits de dégagement. Dans le même ordre d'idées, certains détails méritent une mention : ainsi, dans certaines exploitations, on dispose des signaux acoustiques, — sonnettes pendues au milieu des niveaux, — pour avertir les ouvriers dont le grisou aurait éteint la lampe qu'ils approchent d'une arrivée d'air frais. Ces diverses mesures sont intéressantes, parce qu'elles s'appliqueraient à peu près sans modifications pour lutter contre des dégagements instantanés de gaz quelconques.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

*
* *

Nous n'avons à signaler que très peu d'objets en ce qui concerne la préparation mécanique des minerais. Citons cependant le marteau Morison (1) (fig. 44), qui mérite une mention à cause de son ingénieux principe. L'inconvénient principal

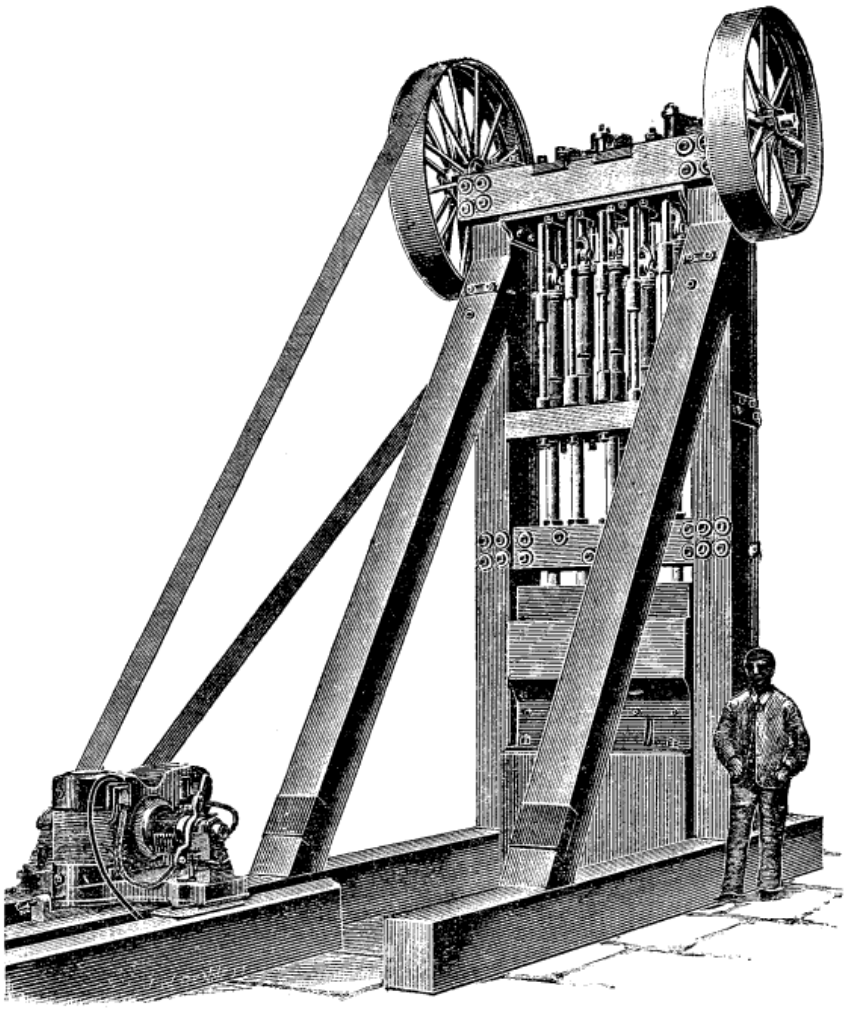


Fig. 44. — Marteau *Morison*.
Vue d'ensemble.

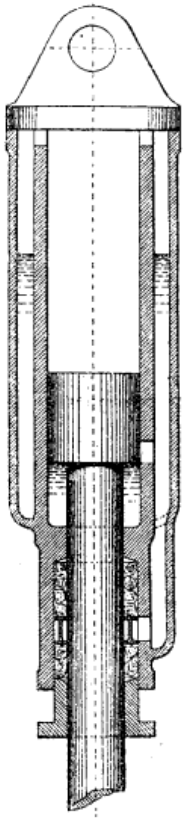


Fig. 45. — Marteau *Morison*.
Détail du cylindre.

des batteries de bocards fonctionnant par leur poids réside dans ce fait que le nombre de coups par minute est limité, et cela d'autant plus que la hauteur de chute est plus grande. Le constructeur dont nous parlons a voulu réaliser un bocard dont le nombre de coups par minute soit lié invariablement au nombre de tours de

(1) *Engineering*, 14 mai 1897.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'axe qui le commande. Au lieu de cames, cet arbre porte des bielles qui actionnent les pilons, non pas directement, mais par l'intermédiaire d'un cylindre dont la figure 45 fait comprendre le fonctionnement. La tige du pilon porte à sa partie supérieure un piston qui glisse dans l'intérieur d'un cylindre entouré d'une

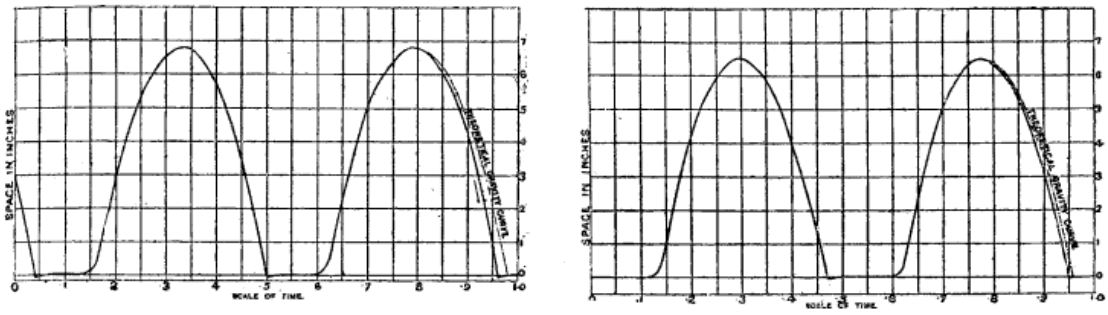


Fig. 46 et 47. — Marteau *Morison*. Courbes de fonctionnement. On a porté en ordonnées les espaces parcourus au bout des temps correspondants de levée et de retombée, portes en abscisses.

chemise, avec laquelle il communique à la fois par la partie supérieure et par une ouverture pratiquée à peu de distance du fond. Une certaine quantité d'eau chargée de savon est introduite dans le cylindre. Lorsque (comme en figure 45)

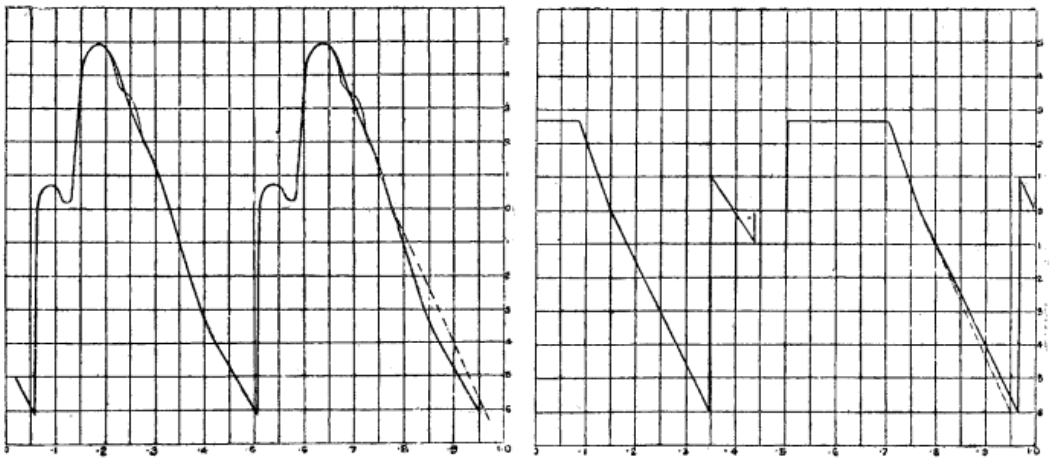


Fig. 48 et 49. — Marteau *Morison*. Courbes de fonctionnement. On a porté en ordonnées les vitesses en pieds par seconde correspondant aux temps de chute portés en abscisses.

le piston obstrue l'orifice inférieur, il est à peu près invariablement fixé au cylindre, autant que le permet le frottement du liquide dans l'étroit espace compris entre la paroi et le piston. Si ce dernier est plus élevé, il se trouve au contraire presque libre par rapport au cylindre. Dans ces conditions, si la course du cylindre est réglée de telle sorte qu'elle soit plus longue que celle du pilon, celui-ci pourra arriver sur les matières à broyer avec une grande vitesse, qui est

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

celle du cylindre vers le milieu de sa course, tout en conservant lui-même une course réduite. Autrement dit, le pilon pourra avoir une course très réduite, tout en frappant avec des vitesses qui correspondraient à une très longue chute s'il était à chute libre; d'où la possibilité d'arriver à un très grand nombre de coups par minute. Les diagrammes (fig. 46 et 47) obtenus en fixant un style au pilon, montrent la marche qu'il suit à des vitesses de rotation de l'arbre atteignant 142 tours par minute. On y distingue nettement la période de repos, qui correspond à l'enfoncement du cylindre prolongée après l'arrêt du pilon sur les matières à broyer, et on voit que, dans les essais, l'appareil était réglé de sorte que le pilon arrivât au fond de course avec sa vitesse maximum, supérieure à celle qui serait réalisée par la chute libre, et surtout obtenue dans un espace de temps plus court.

Les diagrammes fig. 48 et 49, où l'on a représenté les vitesses en ordonnée avec les temps en abscisse, pour l'appareil marchant à 195 et à 97 tours par minute, en font très bien comprendre le fonctionnement, très différent de celui d'un marteau à chute libre.

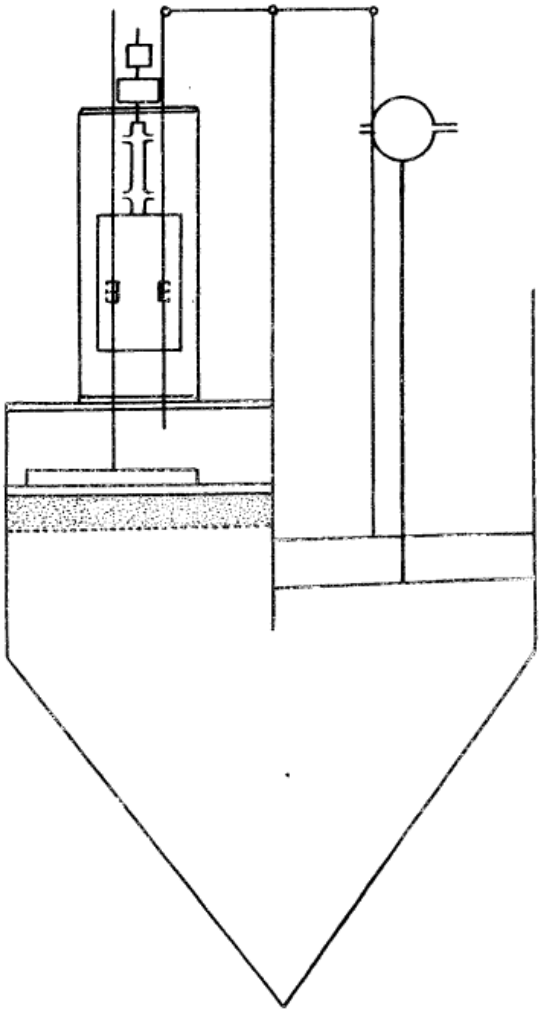


Fig. 50. — Expériences de M. le professeur *Richards*. Schéma de la disposition du lavoir enregistreur.

* * *

Le professeur Richards, de l'Institut technologique de Boston, dont nous avons mentionné il y a deux ans les intéressantes études sur le fonctionnement des bacs à piston, a continué ses travaux, et, dans une récente communication, il a fait connaître les essais qu'il a effectués pour enregistrer la marche des appareils de lavage de minerais (1). Il a construit (fig. 50) un appareil enregistreur, com-

(1) Transact. American Instit. of Mⁱⁿ Eng., 1896.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

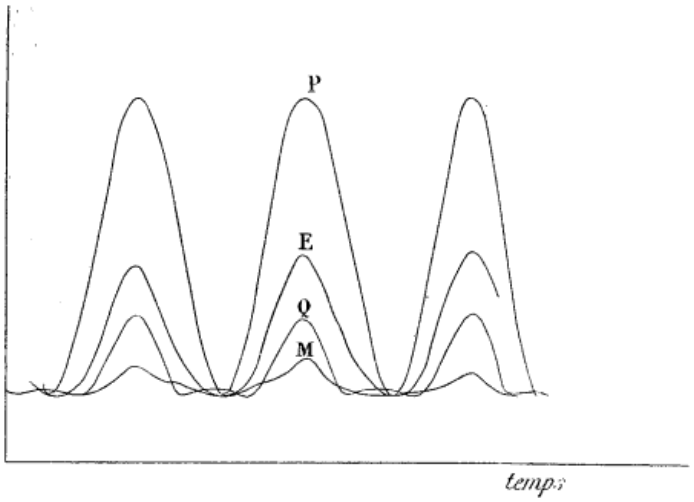


Fig. 51. — Courbes obtenues dans le traitement d'un sulfure de cuivre argentifère.
P, piston ; **E**, eau ; **M**, minerai ; Q, quartz ou autre roche.

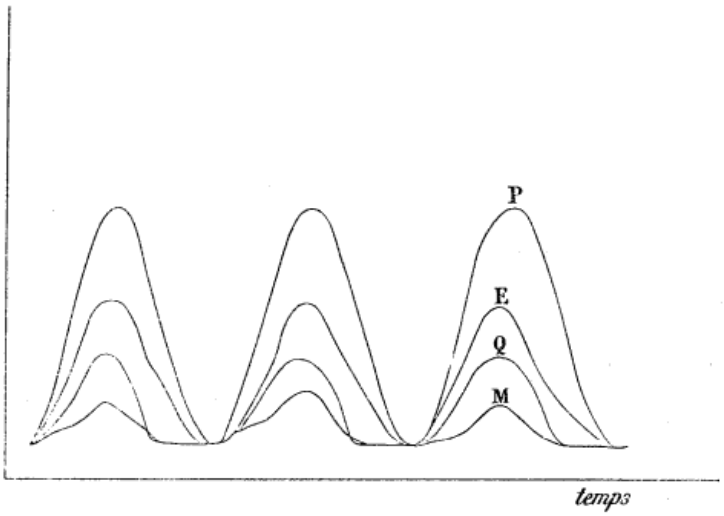


Fig. 52. — Courbes obtenues dans le traitement d'un sulfure de cuivre argentifère.

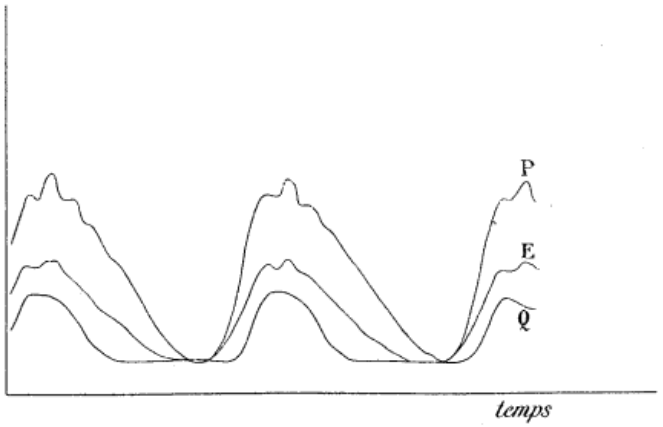


Fig. 53. — Traitement d'une galène argentifère. (La courbe du minerai n'a pas été relevée.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

posé d'un cylindre vertical sur lequel se trouve une bande de papier, et qui tourne avec une vitesse constante. Devant ce cylindre se déplacent divers index, qui tracent des courbes ayant pour abscisses les temps, et pour ordonnées des hauteurs proportionnelles aux cotes qu'occupent à chaque instant le piston ou une tranche horizontale déterminée d'eau ou de minerai. La première détermination est très aisée; elle donne, en quelque sorte, la caractéristique du mouvement de l'appareil; elle est réalisée au moyen d'une simple connexion avec la tige de commande du piston. Pour l'eau, on détermine le mouvement de sa surface supérieure en faisant porter un style par un flotteur. Quant aux tranches de minerai, on peut déterminer le mouvement d'une tranche déterminée de minerai ou de quartz en reliant un style à un morceau de toile perforée ou de toile métallique à mailles un peu inférieures à la grosseur des morceaux. L'auteur est ainsi arrivé à superposer, pour un crible filtrant par exemple, les quatre courbes du piston, de l'eau, du minerai et du quartz. Nous donnons (fig. 51 à 53) quelques exemples de ces courbes, dont un grand nombre a été relevé par le professeur Richards, non au laboratoire, mais dans des ateliers de préparation mécanique en fonctionnement normal. On voit avec quelle facilité ces courbes permettent d'analyser les mouvements relatifs de l'eau, du quartz et des fragments de minerai, et de déterminer l'importance des périodes que l'auteur appelle périodes de pulsion (l'eau remontant plus vite que les produits à laver), ou de succion (l'eau descendant plus vite que les produits). Les résultats ne sont pas encore très concluants, mais le moyen d'étude est ingénieux, et il semble qu'on aurait souvent intérêt à l'employer afin d'être éclairé, autrement que par une expérience grossière, sur la meilleure course et la meilleure vitesse à donner au piston, pour un triage de fragments de grosseurs et de densités déterminées.

A. Leproux.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

COMMERCE

LES PÊCHES MARITIMES ET L'ENSEIGNEMENT PROFESSIONNEL DES MARINS, PAR **M. Pérard**, *ingénieur des Arts et Manufactures, secrétaire de la Société « l'Enseignement professionnel et technique des pêches maritimes* (1). »

La rapidité des communications, le perfectionnement des procédés employés par l'industrie des pêches maritimes ont répandu l'usage du poisson dans l'alimentation et amené, par contre, une exploitation plus intensive des mers. On a dû faire usage d'engins plus puissants et de navires d'un plus fort tonnage.

Par suite de cette lutte acharnée, le poisson se montre plus rare sur nos côtes, et le pêcheur, pour obtenir de son travail un produit remunérateur, est obligé d'aller en haute mer exploiter des plateaux sous-marins jusqu'alors inexplorés. Enfin, dans bien des cas, la vapeur est venue aider de sa puissance les pénibles manœuvres faites autrefois à bras d'hommes, et permettre ainsi l'emploi de procédés de pêche plus rationnels. Aux courtes sorties dans la mer territoriale (2) ont succédé les longs séjours au large, qu'est venu faciliter encore l'emploi de la glace ou des machines frigorifiques pour la conservation du poisson.

Cette transformation de l'industrie des pêches a créé des besoins nouveaux, des exigences nouvelles, qu'il y a lieu de satisfaire pour faciliter à nos marins pêcheurs l'exercice de leur périlleuse profession et leur permettre de lutter contre la concurrence étrangère toujours plus acharnée.

Dans cette communication, nous nous proposons de dire quelques mots sur les procédés employés pour la capture du poisson, d'étudier plus spécialement ceux dont l'application fait l'objet d'une véritable industrie (pêche de la morue, du hareng, de la sardine, du maquereau, et surtout du poisson frais), de conclure de cette étude quelles sont les réformes qui devraient être introduites pour développer en France l'industrie des pêches maritimes et améliorer le sort des marins-pêcheurs, et d'exposer enfin les tentatives qui ont été faites dans ce sens et les résultats qu'elles ont produits.

PROCÉDÉS DE PÊCHE

Les procédés en usage pour la capture du poisson sont des plus nombreux, ils varient suivant les espèces auxquelles on s'attaque, suivant les lieux où s'effectue la pêche et suivant la saison. On peut d'ailleurs les classer en trois

(1) Communication faite en séance le 12 novembre 1897.

(2) On appelle mer territoriale, la zone comprise entre la côte et la distance de trois milles.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

grandes catégories : les arts fixes, les arts flottants et les arts traînants. Parmi les premiers, nous trouvons les *casiers* qui servent à capturer le homard, la langouste et même la crevette, puis les *parcs* (fig. 1) et les *verveux*, qui retiennent emprisonnés des poissons de toutes espèces, les *madragues* et les *bordigues*, labyrinthes compliqués, disposés le long des côtes méditerranéennes pour capturer les poissons voyageurs, thons, maquereaux, etc., et enfin les *lignes de fond* tenues à la main, *les grandes et les petites cordes*.

Les lignes à main sont employées à Terre-Neuve et en Islande pour la pêche de la morue, et aussi près de nos côtes, pour capturer le congre, la raie, le grondin, etc., etc.

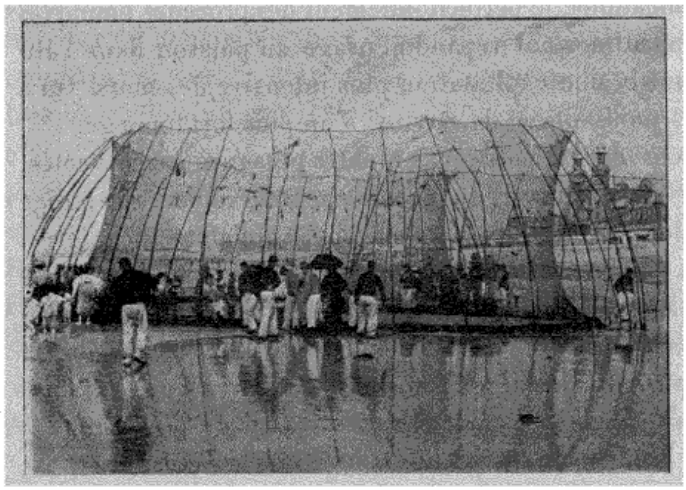


Fig. 1. — Vue d'un haut parc, à marée basse, d'après une photographie de M. Lavieuville, directeur de l'école de pêche de Dieppe.

La pêche aux cordes fait l'objet d'une industrie importante dans certains de nos ports : à Boulogne et à Dieppe principalement ; elle est employée pour prendre le chien de mer et le congre, ainsi que les divers poissons plats.

Arts flottants. — Les poissons dits de conserve comme le hareng, le maquereau, la sardine, l'anchois, etc., sont capturés à l'aide de *filets flottants* ou *dérivants*. Le Maquereau, le Thon, le Bar, le Gros Lieu et même l'Alose se prennent à l'aide *de lignes* flottant entre deux eaux.

La senne, filet vertical dont une des extrémités flotte à la surface de l'eau et dont l'autre va jusqu'au fond de la mer, sert à capturer des bancs entiers de morue en les enfermant dans un réservoir dont on restreint peu à peu les dimensions. On s'en sert également sur nos plages sablonneuses pour pêcher toutes sortes de poissons ; on attache à cet effet une des extrémités du filet à terre, une embarcation portant l'autre extrémité s'éloigne de la côte, décrit une sorte de demi-cercle et revient à une petite distance de son point de départ ; on hale alors le filet qui retient emprisonné tous les poissons qui se trouvaient dans l'espace ainsi circonscrit.

Arts traînants. — *Les arts traînants* comprennent *les dragues* et les filets, qui raclent le fond de la mer en s'emparant des objets qu'ils rencontrent dans leur course. Le plus modeste est le *havenau* des pêcheurs de crevette, puis vient toute la série des *guanguis méditerranéens* et *le chalut*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

IMPORTANCE DE LA PÊCHE MARITIME EN FRANCE

Avant d'étudier en détail l'application de ces procédés dans les diverses pêches maritimes, nous allons indiquer en quelques mots quelle importance présente en France cette industrie.

Les statistiques officielles nous montrent, en chiffres ronds, que 90 000 marins se livrent à la pêche, en employant à cet usage 27 000 bateaux, jaugeant ensemble 174 000 tonneaux. La valeur de cette flotte de pêche est de 32 500 000 francs, et celle des filets et autres engins employés, de 21 000 000 de francs. En outre, 50 000 personnes environ pratiquent la pêche à pied le long de nos côtes.

La valeur des produits provenant de l'exploitation des mers est variable suivant les années, elle s'élève actuellement à 100 millions de francs en moyenne.

En 1894, la pêche en bateau a rapporté 89 586 728 francs, et la pêche à pied, 9 753 870 francs.

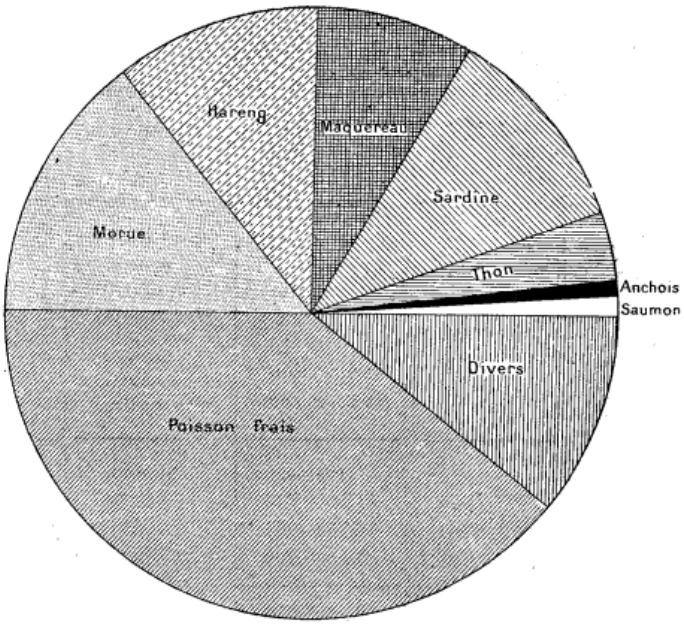


Fig. 2. — Diagramme représentant les valeurs comparées des différentes pêches.

Laissant de côté la pêche à pied, dont le produit est d'environ 10 millions de francs, nous voyons que les 90 millions de francs produits par la pêche en bateau se répartissent ainsi (année 1894).

	P. 100.		Francs.	
Pêche à la morue	14,5	Islande et mer du Nord.	7 472 877	12 991 629
		Terre-Neuve	5 518 752	
Hareng salé	13		4 634 655	11 318 583
— frais			6 683 928	
Maquereau salé	6,5		1 301 512	5 709 218
— frais			4 407 706	
Sardines et allaches	11		9 418 704	
Anchois et sprats	1		801 084	
Thon	3		2 905 698	
Saumon	1		1 031 381	
Poisson frais	39		35 689 784	
Divers : huîtres moules, homards, langoustes, corail, oursins, etc.	11		9 720 647	
		TOTAL	89 586 728	

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il peut être intéressant aussi de montrer quelle a été l'évolution du rendement des pêches maritimes ; il est naturel d'éliminer d'une étude de ce genre la pêche des espèces voyageuses : hareng, sprat, anchois, sardine, maquereau, etc., on arrive alors aux résultats indiqués dans le tableau suivant, dressé par M. Roché, dans son livre : *la Culture des Mers* (Paris, Alcan, 1898).

Comparaison, par périodes de 10, 15 et 5 années, des rendements bruts fournis par les pêches côtières françaises, autres que celles qui capturent les poissons réputés de passage : Hareng, Sprat, Anchois, Sardine, Maquereau, etc.

PÉRIODES COMPARÉES.	DE LA FRONTIÈRE BELGE JUSQU'A LA POINTE DE LA HAGUE — BOULONNAIS ET NORMANDIE.	DE LA POINTE de la HAGUE JUSQU'AUX ÎLES GLÉNANS — NORD DE LA BRETAGNE ET FINISTÈRE.	GOLFE DE GASCOGNE. DES ÎLES GLÉNANS à NOIRMOUTIER.	GOLFE DE GASCOGNE. DE NOIRMOUTIER à la BIDASSOA	TOTAUX des RENDEMENTS décimaux pour les côtes ouest de la France.	DE CERBÈRE à Vintimille et l'île de Corse. — MÉDITERRANÉE.
	Francs.	Francs.	Francs.		Francs.	Francs.
1865-1875. .	116 020 313	53 622 359	92 732 351		262 375 023	63 783 272
1875-1885. .	169 370 267	71 796 890	157 940 614		399 107 771	72 756 217
1885-1895. .	173 166 000	78 826 580	211 694 164		463 686 744	67 499 244
1865-1880. .	198 408 025	88 329 431	160 202 538		476 939 994	100 550 631
1880-1895. .	260 148 165	115 916 398	302 164 591		678 229 154	103 488 102
1865-1870. .	54 929 578	17 029 196	39 850 624		111 809 398	33 102 157
1870-1875. .	61 098 745	36 593 163	52 881 727		150 565 635	30 681 115
1875-1880. .	82 387 702	34 707 072	67 470 187		184 564 961	36 767 359
1880-1885. .	86 982 563	37 089 818	90 470 427		234 542 810	35 988 858
1885-1890. .	84 634 867	35 887 985	101 119 418		221 642 270	32 517 808
1890-1895. .	88 531 133	42 938 593	110 574 746		242 044 474	34 981 436

Cette classification par période de plusieurs années permet d'éliminer les influences passagères telles que mauvais temps, etc., qui peuvent amener des variations dans le rendement de deux années successives.

Ce tableau montre que le maximum d'augmentation est obtenu dans les régions où se sont développées les pêches en haute mer (Manche, golfe de Gascogne).

En Méditerranée, où les procédés de travail n'ont pas varié, les rendements sont restés sensiblement les mêmes. Pendant les mêmes périodes, le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nombre des pêcheurs et des bateaux de pêche a toujours été en augmentant:

Périodes quinquennales.	Nombres moyens annuels des pêcheurs.	Nombres moyens annuels des bateaux.
1870-1875	64 916	19 263
1875-1880	70 186	21 561
1880-1885	73 325	22 594
1885-1890	75 252	24 447
1890-1895	80 866	22 368

Ces considérations générales établies, nous allons étudier en détail les différentes pêches, en insistant davantage sur celle du poisson frais, dont l'importance tend à augmenter chaque jour davantage.

PÊCHE A LA MORUE

Cette pêche s'étant toujours exercée dans des parages éloignés des côtes de France, n'a pas été affectée par la crise de transformation dont nous avons parlé ; son armement, les conditions de commandement de ses navires font l'objet de dispositions spéciales, de règlements particuliers, ce qui la place un peu en dehors du cadre de cette étude. Les navires qui vont à Terre-Neuve sont généralement des goélettes de 125 à 300 tonneaux. Leur équipage est d'environ trente hommes ; les goélettes qui pêchent en Islande ont une jauge plus faible : 100 tonneaux environ, et n'ont que vingt à vingt-cinq hommes d'équipage ; la pêche commence en mars, pour se terminer en septembre ; son produit moyen annuel est d'environ 8 millions de francs pour Terre-Neuve et de 5 millions pour les mers d'Islande. — La morue pêchée ne reçoit, la plupart du temps, qu'un premier traitement à bord des navires (salaison en vert), et ce sont les établissements des ports métropolitains (Saint-Nazaire, la Rochelle, Bordeaux, Cette, Port-de-Bouc) qui lui font subir les préparations qui doivent assurer sa conservation définitive.

PÊCHE AUX HARENGS

Nous avons déjà vu que cette pêche se pratique à l'aide de filets flottants. Ceux-ci (fig. 3) sont munis de flottes de liège à la partie supérieure, et lestés à la partie inférieure avec des cordages de façon à rester verticaux une fois immergés.

Ils sont constitués par une série *d'alèzes* de 27 mètres de long environ, dont l'ensemble s'appelle *la tessure*, et forment ainsi des barrages de plusieurs kilomètres de long. Le hareng voyageant en bande serrée rencontre cet engin, dont il ne peut pas soupçonner l'existence, et s'engage dans ses mailles. Sentant

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

alors une résistance, il veut reculer, pour cela il est obligé d'ouvrir ses ouïes

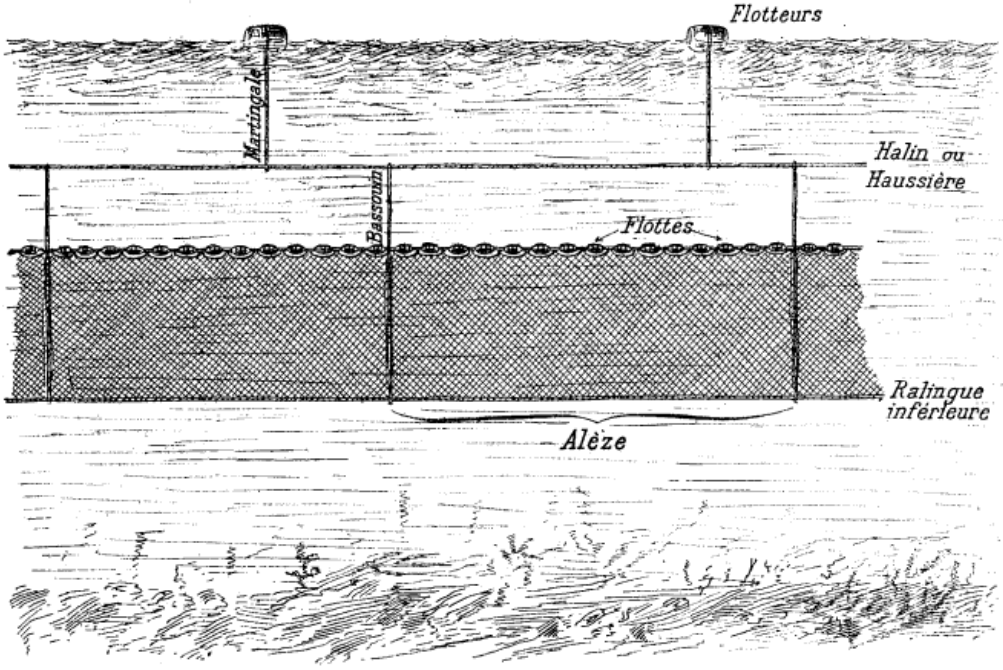


Fig. 3. — Filet vertical pour la pêche aux harengs.

qui s'engagent dans les mailles ; le poisson est pris, il est « maillé » (fig. 4).

La tessure (fig. 3) est fixée au bateau par une *haussière* à laquelle elle se rattache au moyen de cordages appelés bassouins. Ce filet peut être immergé à une profondeur variable suivant le banc de harengs qu'il s'agit de capturer ; à cet effet, l'haussière est reliée à des flotteurs constitués par de petits tonnelets réunis entre eux par un câble que l'on appelle *la fincelle*. L'armement d'un bateau boulonnais travaillant dans la mer du Nord se compose généralement de 275 alèzes.

Fig. 4. — Visite d'un filet à hareng après la pêche, d'après une photographie du Dr Canu de Boulogne.

L'opération du *levage des filets* est très pénible avec les cabestans à bras :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

si on songe, en effet, qu'une tessure peut avoir jusqu'à 6 kilomètres de long, que le cabestan a généralement une multiplication de 5 pour diminuer l'effort à développer, on voit que le levage du filet exige de la part des marins un parcours de 30 kilomètres, en poussant devant eux les barres de manœuvre. Aussi les bateaux qui se livrent à cette pêche sont-ils généralement munis de *cabestans à vapeur*.

Éléments principaux des cabestans à vapeur des bateaux harengiers.

FABRICANTS.	VILLES.	NOMBRE de cylindres.	TIMBRE.	POIDS TOTAL.	DIAMÈTRE des cylindres.	COURSE des pistons.	PRIX.	OBSERVATIONS.
Noirtier	Boulogne.	1	6	3000	160	225	3200	Complet.
Robey.	Lincoln.	1	4,5	2600	178	203	3000	Machine seulement.
—	—	2	6	2800	114	203	3500	
Rusten	Londres.	2	6	3400	114	203	2900	Complet.
Ransom's	—	2	5 1/2		127	203	2650	Complet.

Les prix, dans tous les tableaux, sont approximatifs, ceux des appareils fabriqués à l'Étranger ne comprennent pas les droits.

Le cabestan seul avec un embrayage pèse à peu près 1200 kilos et vaut, en France, environ 720 francs. Les machines font 6 chevaux approximativement. Les cabestans avec moteurs à pétrole sont d'un prix plus élevé, 6200 francs au total, mais le poids n'est plus que de 2200 kilos.

La figure 5 donne une idée d'une installation de ce genre, et montre la dis-

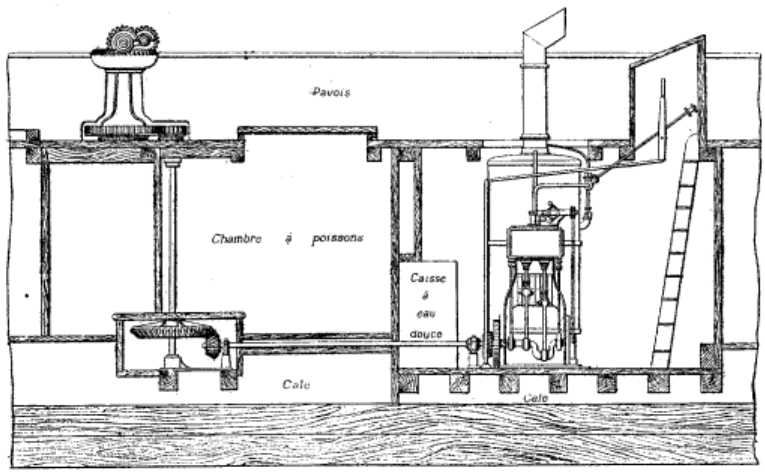


Fig. 5. — Installation d'un cabestan à vapeur à bord d'un bateau harenguier.

position la plus généralement employée pour commander le moteur depuis le pont du bateau.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les formes des bâtiments les plus usitées pour cette pêche sont le lougre et et le *ketch;* le tonnage de ces navires varie entre 50 à 100 tonneaux de jauge réelle. Leur équipage se compose de 17 à 20 hommes (fig. 6).

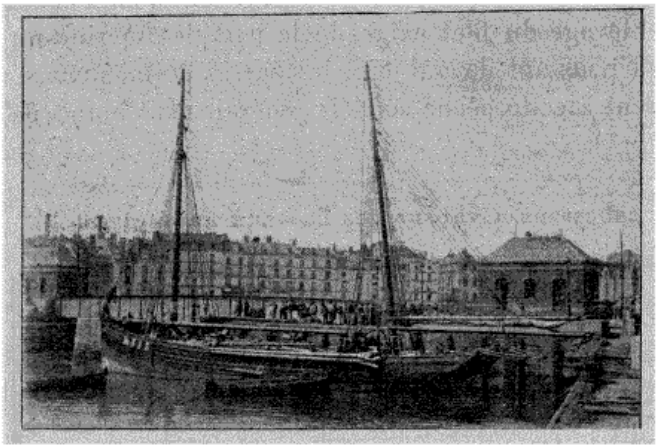


Fig. 6. — Bateau harenguier de Dieppe, d'après une photographie de M. Lavieuville.

Le hareng une fois pêché subit une salaison provisoire en barils, ou bien, vers la fin de la saison, est simplement conservé dans la glace. Les bateaux boulonnais peuvent contenir jusqu'à 1 000 barils de harengs salés.

La pêche du hareng com-

Fig. 7. — Carte de la pêche aux harengs et aux maquereaux, d'après le Dr Eug. Canu.

mence sur les côtes d'Écosse, du mois de juillet au mois d'août, c'est la pêche

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'été, puis le hareng descend vers nos côtes, où on le trouve vers le mois de novembre (fig. 7).

PÊCHE DU MAQUEREAU

La pêche du maquereau se pratique avec des filets en tous points semblables à ceux dont on se sert pour capturer le hareng. Leurs dimensions sont seulement un peu plus réduites ; la tessure n'a guère que 3 kilomètres ; cette pêche a lieu dans les mers d'Irlande d'avril à juin.

Sur nos côtes, on prend également ce poisson à l'aide de lignes flottantes, généralement vers le mois d'août. Ces lignes se composent d'un grelin à l'extrémité duquel se trouve un plomb pesant 3 kilos environ ; sur ce grelin, on attache un petit bout de bois auquel est fixée une empile en fil de caret de 5 à 6 mètres de long qui porte l'hameçon.

L'embarcation, sous voile, entraîne ces lignes après elle avec une vitesse de plusieurs nœuds, de façon à la faire flotter entre deux eaux.

L'amorce consiste dans des tranches de peau de maquereau, qui scintillent par suite du mouvement de rotation imprimé à la ligne et imitent à s'y méprendre les petits poissons dont le maquereau fait sa nourriture.

Cette pêche fait l'objet d'une industrie importante à Dieppe (pêche à la balle, fig. 8 *bis*). Le maquereau est consommé à l'état frais, ou bien il subit des préparations diverses pour assurer la conservation : maquereau salé, mariné, etc.

PÊCHE DU THON ET DU GERMON

Cette pêche s'exerce aussi à l'aide de lignes flottantes traînées par des embarcations sous voiles ; dans ce cas, la ligne ne porte qu'un hameçon de forte taille fixé à un avançon en laiton ; cet avançon est lui-même rattaché à la ligne par l'intermédiaire d'un émerillon.

Dans la Méditerranée, le thon est également capturé dans les bordigues qui se trouvent en assez grand nombre sur les côtes.

Dans le golfe de Gascogne, la pêche du germon (thon blanc) est l'objet d'une industrie très active ; de nombreux dundees de Groix, des Sables-d'Olonne, de la Rochelle, Saint-Jean-de-Luz, poursuivent ce poisson en haute mer, et restent au large plusieurs jours de suite.

Les grésillons sont généralement associés par groupe de cinq à six navires ; lorsque la pêche est suffisante, l'un d'eux se détache et porte le produit de tous les navires dans les ports du littoral.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

PÊCHE A LA SARDINE

Dans la pêche à la sardine il faut distinguer deux époques, qui correspondent à deux états particuliers de ce poisson. De mai à novembre, on prend ce

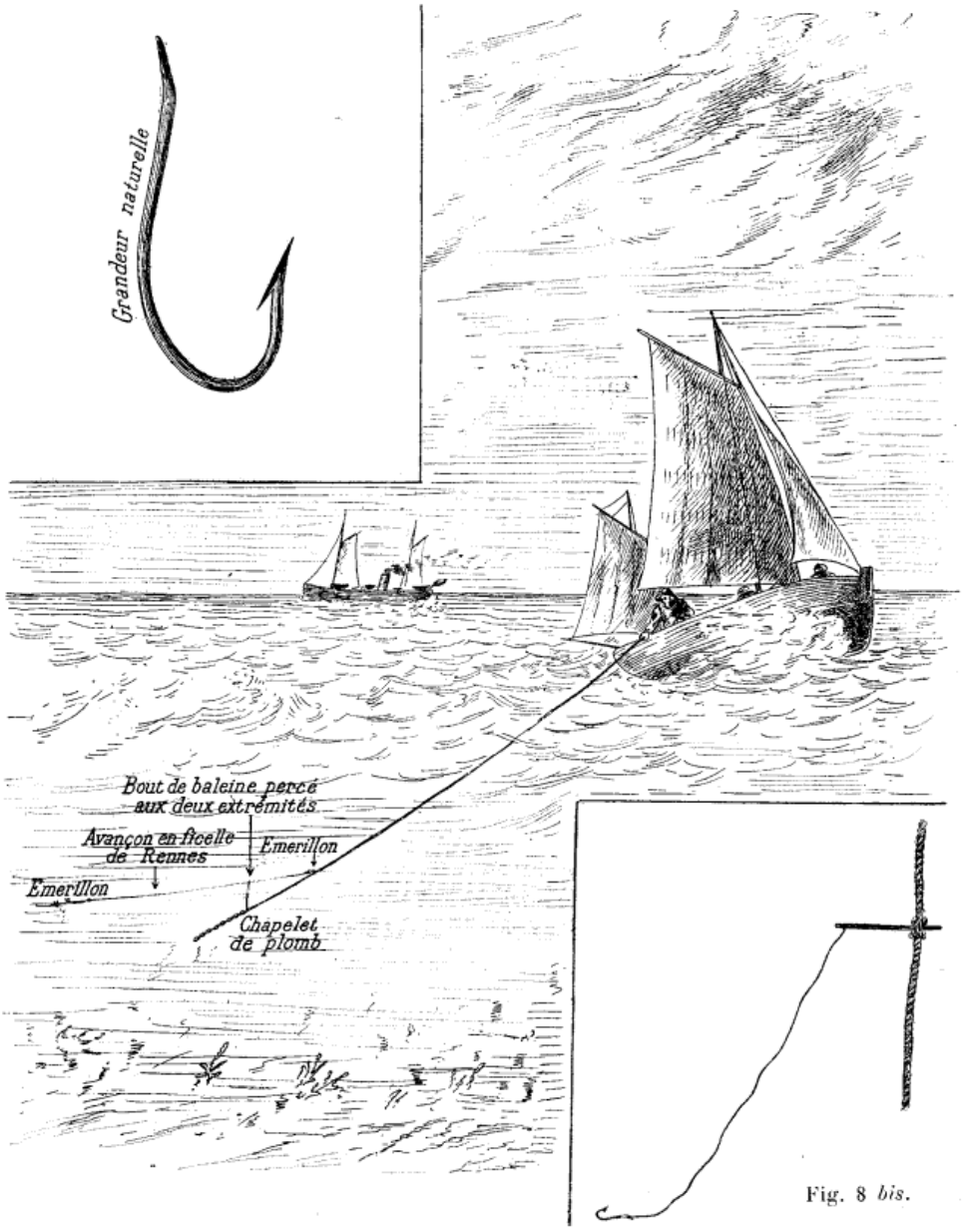


Fig. 8. — Pêche du Gros Lieu et du Bar sur les côtes de Bretagne.

Fig. 8 *bis*. — Disposition employée dans la pêche du maquereau.

que l'on appelle la *sardine de rogue*, qui tire son nom de la manière dont elle est capturée ; de janvier à mai, la *sardine de dérive*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La pêche à la sardine de rogue est de beaucoup la plus importante. Elle se pratique en traînant doucement dans le sillage de l'embarcation un filet vertical en fil très fin, de chaque côté duquel on jette comme appât des œufs de morue salés, qui constituent ce que l'on appelle *la rogue*. La sardine, très friande de cet appât, monte à la surface de l'eau pour se jeter sur la rogue, et, par les évolutions auxquelles elle se livre à cet effet, vient se mailler dans le filet; lorsque celui-ci est suffisamment chargé, le pêcheur l'abandonne après y avoir attaché une bouée portant son numéro. Deux fois par jour, on procède au levage des filets.

Les embarcations employées dans cette pêche sont de formes diverses suivant la région. Sur le littoral sud-ouest de la France, on emploie des *pinasses*, en Bretagne des canots à deux mats, munis de voiles auriques; aux Sables-d'Olonne, les bateaux sardiniers jaugent de 2 à 4 tonneaux et valent 2 400 francs environ, leur gréement est aussi différent. Ils sont montés par cinq à six hommes. Le produit de la pêche à la sardine est très variable, suivant les années. Il s'élève en moyenne à 9 ou 10 millions de francs.

La rogue constitue une très forte dépense; chaque embarcation en consomme quinze à vingt barils de 100 kilos, dont le prix varie de 40 à 80 francs. Ce produit nous est fourni par la Norvège. En 1890, l'importation de rogue a été de 77 890 hectolitres à 13 kroners l'hectolitre, soit, en chiffres ronds 1 million et demi de francs.

La mer étant ouverte sur les côtes scandinaves, il y aurait lieu, pour nos armateurs dont les équipages sont inactifs pendant l'hiver, de tenter une croisière dans le Westjord pour nous affranchir de cet impôt payé à l'étranger. Les appels qu'on leur a faits jusqu'ici sont restés sans écho.

PÊCHE DE L'ANCHOIS

C'est avec des filets flottants que les pêcheurs méditerranéens pêchent l'anchois; ils allument à cet effet un grand feu à l'arrière de leur embarcation; l'anchois, attiré par la lumière, vient en bande serrée; une deuxième barque entoure alors la première à l'aide d'un filet vertical; cette opération terminée, le pêcheur éteint son feux et fait du bruit en agitant l'eau avec les rames; effrayé, le poisson s'enfuit et vient se mailler dans le filet qui lui barre le passage.

PÊCHE DU POISSON FRAIS

La pêche du poisson frais est, comme nous l'avons déjà vu, celle qui présente le plus d'importance. Sur nos plages, on capture environ 1 500 000 francs de poissons dans les parcs, les verveux, etc.; près des côtes, les pêcheurs se livrent en bateau à la pêche aux lignes à main ou aux lignes de fond; d'autres fois, ils tendent au fond de l'eau de longs filets en forme de poche où les poissons plats viennent s'emprisonner (pêche follière).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nous ne ferons que citer à nouveau les madragues et les bordigues des côtes méditerranéennes, mais nous insisterons davantage sur le barrage métallique établi entre le lac *salé de Byzerthe* et la mer, qui retient chaque jour de 1 500 à 2 000 kilogrammes de poisson, parmi lesquels on trouve surtout le mulet, le bar et la dorade.

Ce barrage est doublé, à cet effet, d'une nappe de filet interrompue de distance en distance pour former des chambres à double fond où le poisson s'engage et d'où il ne peut plus sortir. L'ouverture de ces chambres est tantôt disposée du côté de la mer, tantôt du côté du lac, de façon à retenir les poissons dans les évolutions qu'ils pratiquent dans ces deux sens.

Une passerelle située au-dessus du barrage dessert toutes ces chambres ; on y a établi une voie sur laquelle circulent des wagonnets chargés de recueillir les produits de la pêche pour les transporter aussitôt dans des chambres froides, où ils sont placés en attendant leur expédition vers les différents points où ils doivent être consommés.

Cette chambre froide, dont le constructeur est M. Douanne, ingénieur à Paris, présente certaines dispositions intéressantes. Comme l'indique la figure 9, elle est placée dans un local voûté, et se compose de deux chambres isolées de l'extérieur par des matières imperméables à la chaleur.

La première n'est qu'un long couloir dans lequel arrivent les trains de wagonnets chargés de poisson. Ce couloir est séparé de la deuxième chambre par une cloison imperméable à la chaleur, dans laquelle on a ménagé un certain nombre de portes constituées avec la même matière isolante que cette cloison elle-même. Une série de voies et de plaques tournantes permettent aux wagonnets de pénétrer à l'intérieur de ces chambres.

Les machines productrices du froid sont dans une pièce à côté ; elles sont du système Douanne, à chlorure de méthyle, et viennent refroidir une solution de chlorure de calcium contenue dans l'appareil appelé frigorifère ; une petite pompe de circulation met en mouvement cette solution et l'envoie dans les grands bacs situés à la partie supérieure des chambres à poisson ; après avoir été utilisé, le liquide revient au frigorifère.

Cette surface réfrigérante sert à entretenir l'air des chambres dans le voisinage de zéro ; mais, lorsque l'on introduit les wagonnets, on apporte une quantité de chaleur assez considérable, qu'il s'agit d'éliminer rapidement ; c'est le but du serpentin situé en dessous, dans lequel on fait également circuler à ce moment le liquide réfrigérant, ce qui double ou triple la surface refroidissante.

Cette description, un peu en dehors de notre sujet, nous a paru intéressante à indiquer en raison des installations de même ordre qui pourraient être faites dans nos ports, et aussi parce que des chambres froides de ce système sont montées à bord de certains chalutiers à vapeur.

Cette entreprise des pêcheries de Byzerthe mise à part, on peut dire que la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pêche côtière, soit à pied soit en bateau, ne donne plus les mêmes bénéfices qu'autrefois.

Il faut maintenant, comme nous l'avons dit au commencement de cette com-

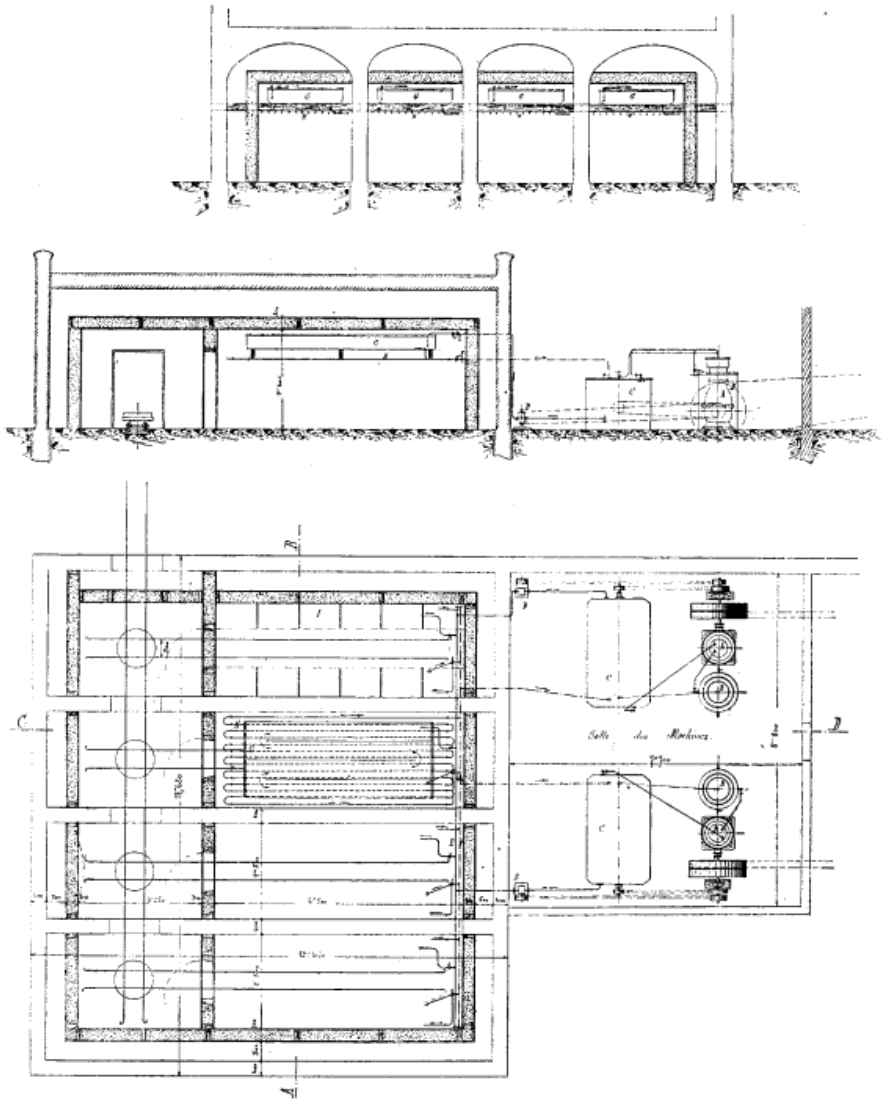


Fig. 9. — Chambres froides de la Société des pêcheries du lac de Byzerthe. M. Douanne, ingénieur-constructeur à Paris.

A, compresseurs; B, liquéfacteurs; C, frigorifères; D, pompe de circulation du chlorure de calcium; E, collecteur du chlorure de calcium allant aux chambres; F, collecteur de retour des chambres; G, Bacs de circulation du chlorure de calcium; H, Tuyauterie de circulation du chlorure de calcium; I, casiers à clayons.

munication, pour obtenir une pêche suffisamment rémunératrice, poursuivre le poisson en haute mer.

Aussi, ce sont les *chalutiers* et les *cordiers* qui fournissent la plus grande partie du poisson frais apporté sur nos marchés.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

PÊCHE AUX CORDES

On pêche aux cordes le congre, le chien de mer, les poissons plats : la raie, la plie, le turbot, etc.

Les cordes sont des lignes de fond constituées (fig. 10) par un petit câble en chanvre goudronné portant de distance en distance une série de cordelettes plus fines auxquelles sont fixés les hameçons. Les dimensions de toutes ces parties varient suivant les poissons qu'il s'agit de capturer.

Les grandes cordes ont généralement 10 millimètres de diamètre; les lignes

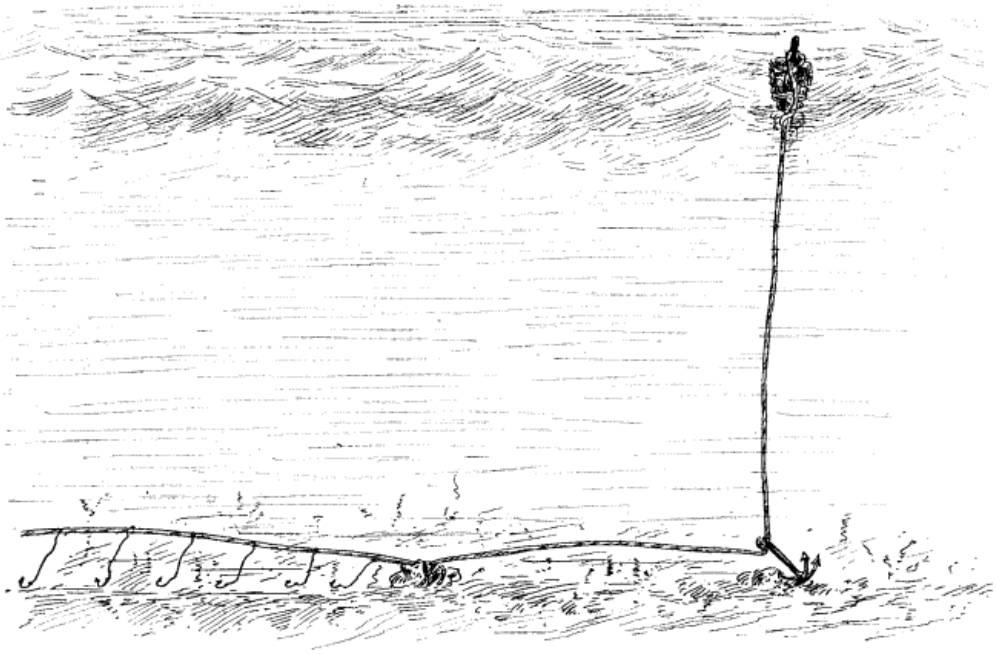


Fig. 10. — Pêche aux cordes.

portant les hameçons ont 3 mètres de long environ, et sont espacées de 5 en 5 mètres; on les emploie pour la pêche du congre et du chien.

Les *petites cordes* ont au contraire de 4 à 7 millimètres de diamètre; les petites lignes à hameçons ont une demi-brasse de long (1), et sont fixées de brasses en brasses environ sur la corde principale.

Une pièce de corde peut avoir jusqu'à 500 mètres de long et les grands bateaux cordiers possèdent jusqu'à vingt pièces.

L'appât dont on se sert dans cette pêche, la *boette*, comme l'appellent les pêcheurs, est constitué par des morceaux de seiche, d'encornet, de hareng fraîchement pêché, etc.

(1) La brasse vaut 1m,65.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'opération qui consiste à fixer l'appât sur l'hameçon s'appelle le *boettage;* les lignes, une fois boettées, sont disposées circulairement dans des mannes en osier, en enroulant la corde principale suivant une série de cercles concentriques à celui de la manne et en rangeant les petites cordes qui reçoivent l'hameçon les unes à côté des autres en dehors de l'enroulement; de cette manière, les appâts sont placés sur un même plan, par rang et par couche, ce qui rend plus facile la mise à l'eau des cordes.

Le patron du cordier arrivé sur le lieu de pêche, s'assure au moyen de la sonde que la profondeur et la nature du fond sont convenables; ce résultat atteint, il fait carguer les voiles ou stopper la machine.

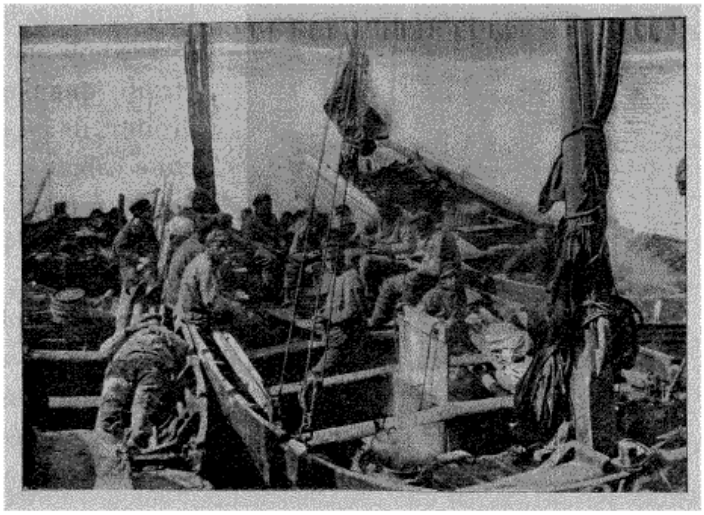


Fig. 11. — Cordiers à voiles de Boulogne. D'après une photographie du Dr Canu.

Mouillage des lignes. — On commence alors (fig. 10) par jeter à la mer une bouée fixée à l'une des extrémités d'un cable, dont l'autre extrémité porte une petite ancre à laquelle est attachée la première pièce de corde; le bateau est ensuite mis en marche lentement (à rames dans le cas des cordiers à voiles), et on immerge successivement toutes les pièces de corde en les attachant bout à bout. Pour faciliter cette opération et faire en sorte que les lignes restent bien au fond de l'eau, on a soin de les munir de gros cailloux, et cela tous les 5 mètres environ. Lorsque l'on arrive à la dernière, on fixe à son extrémité une bouée et une ancre, comme on l'a fait pour la première. Il faut avoir grand soin en faisant cette opération du mouillage des lignes, de s'assurer que la *nature du fond* et le *brasseyage* (c'est-à-dire la profondeur) sont restés convenables.

On abandonne ensuite l'ensemble pendant un nombre d'heures variable, deux heures environ, et on procède au levage de l'engin.

Pour cela, le bateau est dirigé obliquement à la direction des cordes; un matelot placé près de la lisse tire doucement sur la ligne; un second range à mesure les pièces dans les mannes, pendant que deux autres sont occupés à visiter les hameçons et à détacher les poissons qui ont été capturés. *Les grosses pièces* font souvent, en arrivant à la surface, des efforts violents pour se détacher; pour éviter

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cet accident, un matelot muni d'un harpon les pique dès qu'il les aperçoit, et, d'un seul coup, les projette sur le pont.

Fig. 12. — Cordier à vapeur de Dieppe.
D'après une photographie de M.Lavieuville.

Les bateaux cordiers sont de dimensions très diverses, les premiers employés étaient des *cordiers à voile*.

La figure 11 montre en raccourci deux de ces canots cordiers dans le port de Boulogne, où ils existaient autrefois en nombre considérable. Ils jaugent de 3 à 4 tonneaux; leur équipage est de dix hommes environ. Ces canots possèdent une haute dérive étroite (que l'on voit relevée dans celui de droite); ils ne sont pas pontés et n'ont aucune cabine.

Le repas se prend à cheval sur deux bancs voisins. Pas de poêle à bord ! la cuisine se fait sur un feu de bois allumé dans un grand chaudron en fonte déposé au pied du mât de misaine. Et cela a lieu pendant toute l'année, même pendant les nuits d'hiver, où l'on pêche le merlan et le congre. Leurs matelots doivent manier, pendant les longues heures que dure le mouillage et le levage des lignes, les lourds avirons au nombre de cinq paires, en général, dont sont munies ces embarcations. Leur travail terminé, ils n'ont d'au

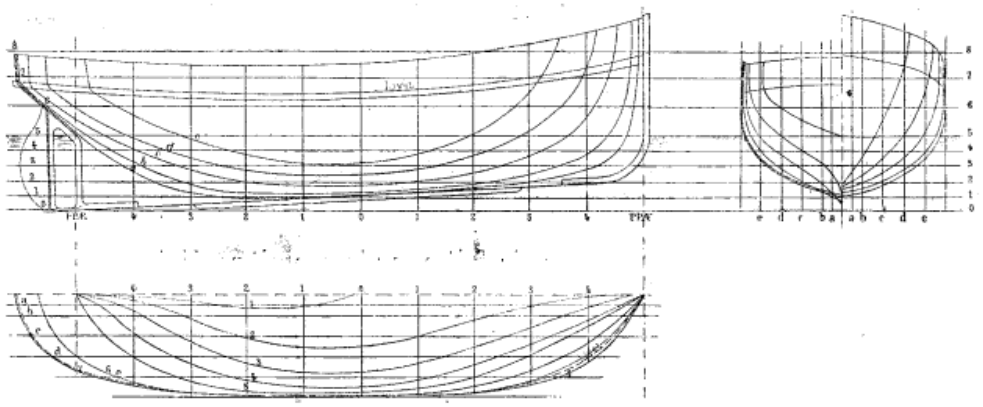


Fig. 13. — tude d'un cordier en acier. (Échelle de 0m,005 pour 1 mètre.)

Dimensions principales : longueur entre perpendiculaires, 14 mètres; largeur maximum au fort, 5 mètres; tiran d'eau sur quille à la P.P.A.R., 1m,85; creux sur quille au milieu, au livet, 2m,55; surface immergée au maître-couple, 5mq,11; déplacement correspondant à la ligne 5, 44t,127; rapport du volume de la carène à celui du parallélipipède circonscrit, 0,433.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tre abri que la voile de misaine abattue au-dessus des bancs. On voit quel dur métier font ces pêcheurs.

Ajoutons qu'ils restent plusieurs jours à la mer, où ils sont quelquefois surpris par le brouillard ou la tempête.

Ils étaient autrefois à Boulogne en nombre considérable, mais ils tendent à disparaître maintenant depuis l'apparition des *cordiers à vapeur* (fig. 12).

Sur ceux-ci, quoique encore très pénible, la manœuvre se trouve considérablement facilitée, le pêcheur n'a plus d'avirons à faire mouvoir, et, son ouvrage terminé, il peut prendre à l'intérieur du navire un repos bien gagné, à l'abri du froid et du vent. Enfin, le bénéfice réalisé par les cordiers à vapeur étant plus considérable, le pêcheur retire de son travail un profit plus grand.

Les cordiers à vapeur jaugent généralement de 20 à 40 tonneaux et possèdent une machine de 100 à 120 chevaux leur permettant de réaliser une vitesse de 9 nœuds en pleine marche.

Dimensions d'un cordier en acier, de Dieppe :

Longueur au maître-couple.	14m,00
Largeur.	4m,80
Profondeur..	1m,80
Jauge.	25 tonneaux.
Machine.	100 chevaux.

L'équipage de ces cordiers est généralement composé de 13 hommes, y compris le patron, le mécanicien et 2 chauffeurs.

Leur prix est d'environ 75 000 francs. Les frais d'armement s'élèvent en moyenne à 40000 francs. Le rapport, variable suivant les années, peut être évalué en moyenne à 60000 francs.

La figure 12 montre la photographie d'un cordier à vapeur de Dieppe. Sur le pont, on peut voir les mannes contenant les lignes, symétriquement rangées près du bordage. Derrière ce navire, un certain nombre de petits cordiers à voiles.

Les figures 13 à 23, que nous avons extraites d'une étude sur les cordiers à vapeur, faite par M. Dubar, dans le *Bulletin* de la société *l'Enseignement professionnel et technique des pêches maritimes*, montrent quelles devraient être, suivant l'auteur, la forme et les dimensions à adopter pour ces navires.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ENSEMBLE GÉNÉRAL

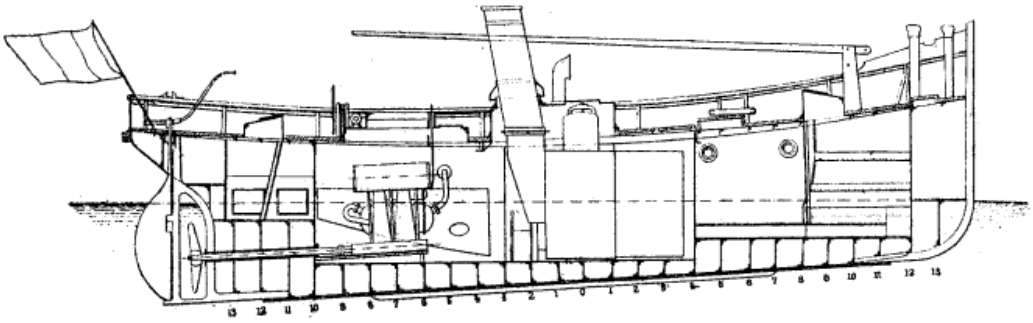


Fig. 14. — Coupe longitudinale. Échelle 0m,0066 pour 1 mètre.

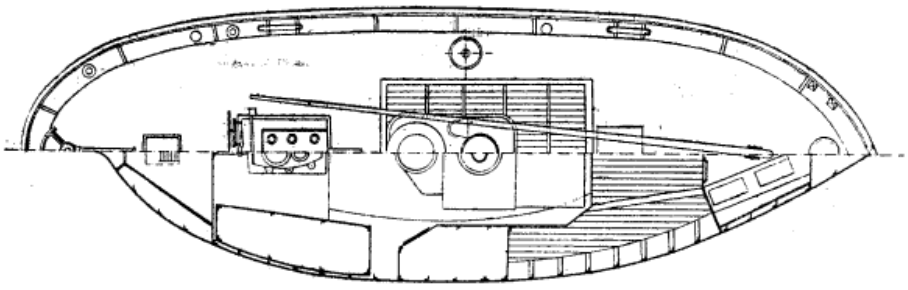


Fig. 15. — Demi-vue du pont et demi-coupe horizontale.

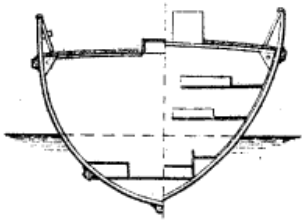


Fig . 16. — Demi-coupe entre 5 et 6 AV. Vue d'AR.Demi-coupe entre 8 et 9 AV. Vue d'AR.

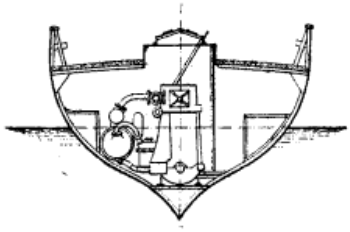


Fig. 17. — Coupe transversale entre 8 et 9. Vue d'AR.

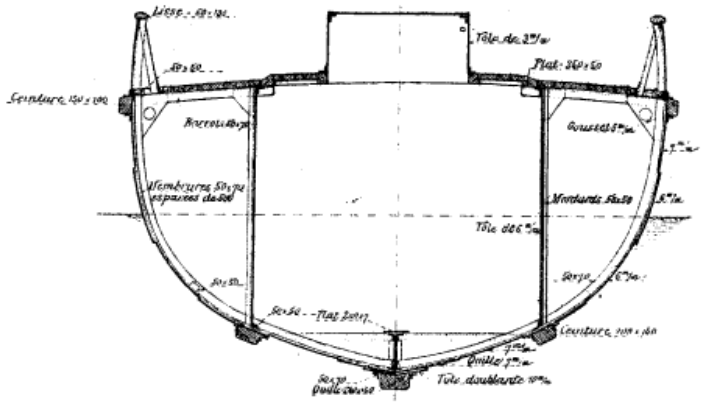


Fig. 18. — Coupe au maître. Échelle 0m,0132 pour 1 mètre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ÉTUDE D'UN CORDIER A VAPEUR EN ACIER

MACHINE PILON COMPOUND

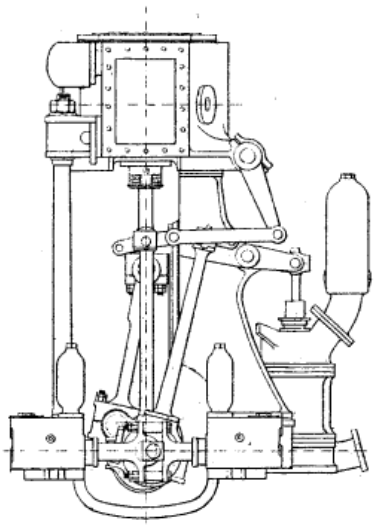


Fig. 19. — Vue transversale.
Échelle 0m,033 pour 1 mètre.

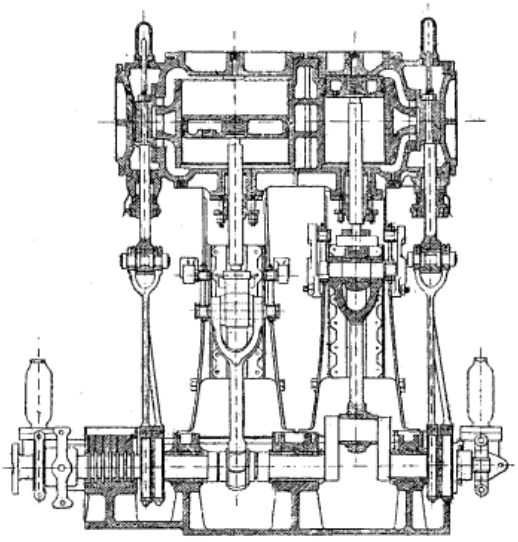


Fig. 20. — Coupe longitudina e.
Échelle 0m,033 pour 1 mètre.

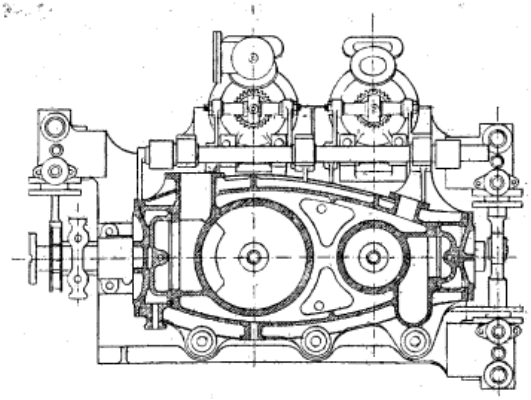


Fig. 21. — Coupe horizontale.

Puissance de la machine, 95 chevaux : diamètre du cylindre HP, 240 millim. ; diamètre du cylindre BP, 420 millim. ; course des pistons, 280 millim. ; nombre de tours environ, 200 ; diamètre des pompes à air et de circulation, 200 millim. ; course, 135 millim. ; diamètre des pompes alimentaires et de cale, 70 millim. ; course, 60 millimètres.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ÉTUDE D'UN CORDIER A VAPEUR EN ACIER

CHAUDIÈRE

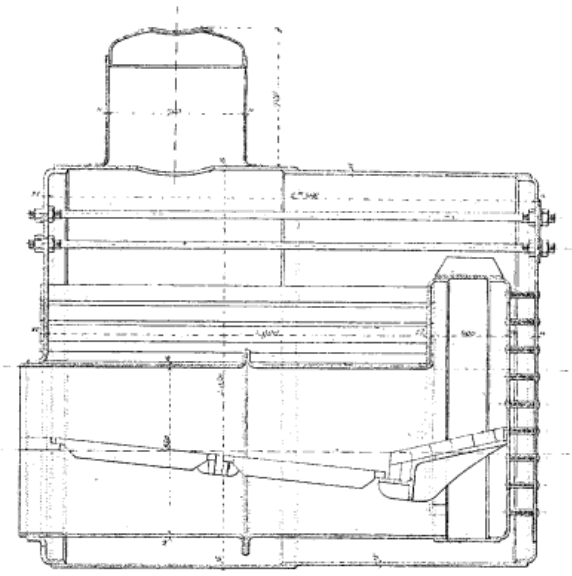


Fig. 22. — Coupe longitudinale. Échelle 0m,025 pour 1 mètre.

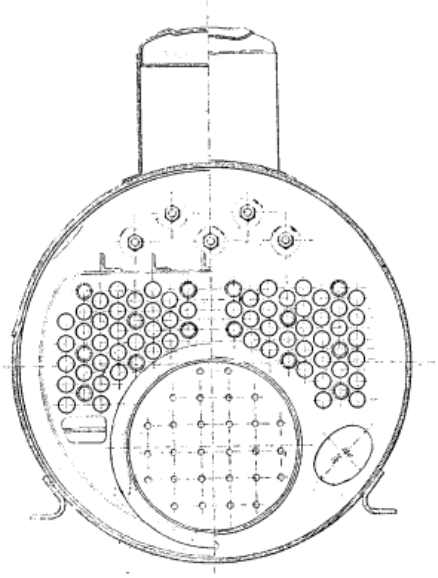


Fig. 23. — Demi-coupe. Demi-vue transversale. Échelle 0m,025 pour 1 mètre.

Nombre de tubes entretoises, 14; nombre total des tubes, 74; surface de grille, 1mq,35; section du cendrier, 0mq,285; section des tubes, 0mq,30; diamètre et section de la cheminée, 600/0mq,2827; timbre de la chaudière, 7 kilos, surface de la chauffe directe, 5 mètres carrés; surface tubulaire, 35 mètres carrés; surface de chauffe totale, 40 mètres carrés; diamètre des tubes à feu ordinaires, 74/80 millim.; nombre, 50.

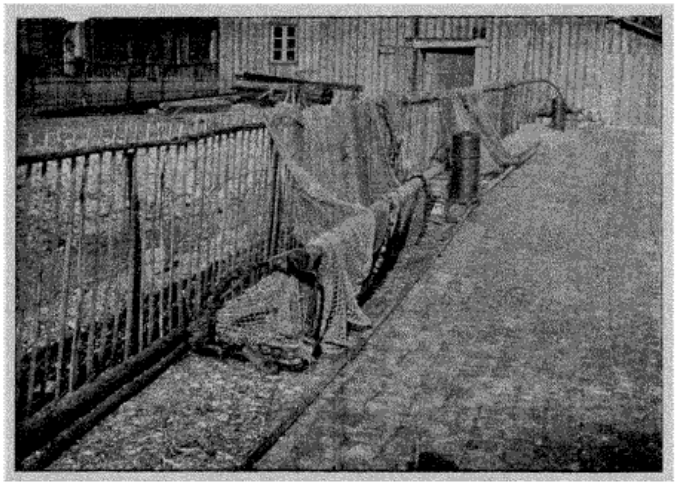


Fig. 24. — Chalut.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

PÊCHE AU CHALUT

La pêche au chalut est plus généralement répandue que la pêche aux cordes ; on la pratique en traînant au fond de l'eau (fig. 25), avec une vitesse suffisante pour que le poisson n'en puisse sortir, une sorte de poche en filet que maintient béante une armature constituée par une perche en bois fixée à deux patins en fer. A la partie inférieure du filet, et formant le quatrième côté de l'armature, se trouve une chaîne tendue enveloppée de filins. Le câble de traîne, appelé *fune* ou *halin*, vient se relier aux patins par deux autres câbles formant ce que l'on appelle *la patte d'oie*.

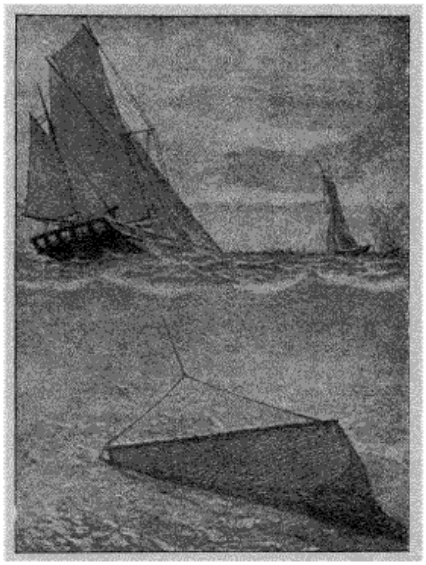


Fig. 25. — Pêche au chalut.

Les dimensions de cet engin sont variables, les petits chaluts ont une perche de 10 mètres de long, pour les plus grands; cette longueur peut aller jusqu'à 30 mètres.

Les perches sont généralement en acacia; leur diamètre est de 10 cm à 12 cm, à bord des voiliers et de 25 cm à 30 cm, à bord des vapeurs; elles sont formées de deux parties différentes ajustées en bec de flûte. Les patins en fer présentent, suivant les ports, des formes assez variables (figures 26 et 27), leur hauteur varie de 0,7m0 à 1m,50.

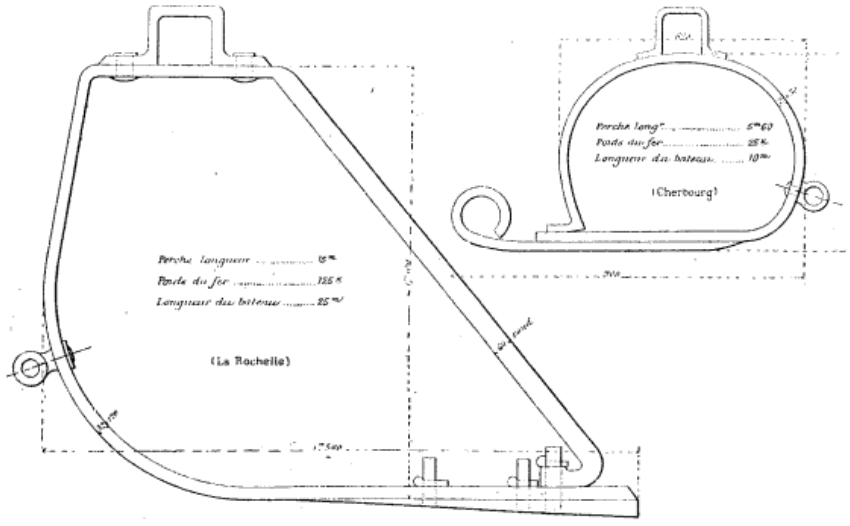


Fig. 26. — Formes diverses des patins de chalut.

Le filet est généralement fermé au moyen d'un grelin suiffé qui lace le fond de la poche,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans certains pays, notamment en Angleterre, on a cherché à supprimer la perche et les patins. On les remplace par deux planches inclinées, disposées à l'entrée du filet, sur les deux côtés de l'ouverture. Elles sont réunies par deux câbles à la fune, de façon à s'écarter de l'axe de traîne par suite de la résistance de l'eau, et maintiennent ainsi l'entrée du chalut toujours béante. Le principe de leur fonctionnement a la plus grande analogie avec celui du cerf-volant.

Cet engin ainsi constitué, porte le nom d'*otter-trawl*. La plupart des chalutiers anglais de la Manche l'ont adopté ; nos pêcheurs restent fidèles au chalut à patins.

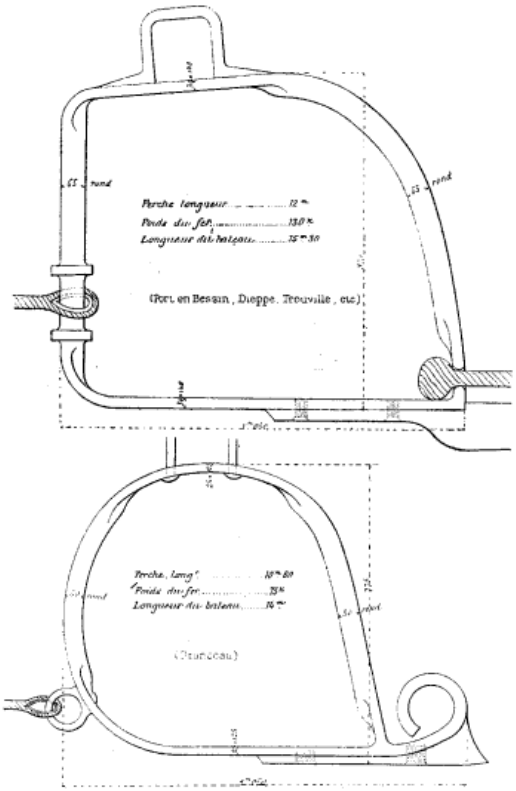


Fig. 27. — Formes diverses de patins de chalut.

Nous n'insisterons pas sur les avantages et les inconvénients que peuvent présenter l'une et l'autre disposition ; et nous allons montrer maintenant comme se fait la mise à l'eau du chalut à patin, dans quelles conditions s'effectue la traîne, et comment on procède ensuite au levage de cet engin. Nous décrirons cette opération telle que nous l'avons vue pratiquée par les chalutiers à vapeur de Dieppe ; nous expliquerons ensuite en quoi diffère la manœuvre faite à bord des bâtiments à voiles.

Pendant la route, le chalut est fixé sur le bordage du bâtiment (fig. 28), le filet étant à l'intérieur sur le pont. Lorsque le patron du navire est arrivé sur les lieux de pêche, et qu'il a reconnu au moyen de sondages répétés que la profondeur et la nature du fond sont convenables, il fait stopper le navire, qui est dirigé debout à la mer ; à son ordre on jette à l'eau la poche en filet qui s'étale, puis on dégage du bordage un des patins de manière à amener la perche dans une position verticale. On détache ensuite le second patin et on laisse filer une petite quantité des deux branches de la patte d'oie, et on arrête la manœuvre ; la résistance de l'eau produite par la vitesse restante du bateau fait alors gonfler la poche. Ce résultat atteint, le navire est mis en marche à petite vitesse, les deux branches de la patte d'oie sont réunies, et on affale l'engin doucement. On dévide ainsi une longueur de « *fune* » égale à trois fois environ la profondeur mesurée. Dans certains

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

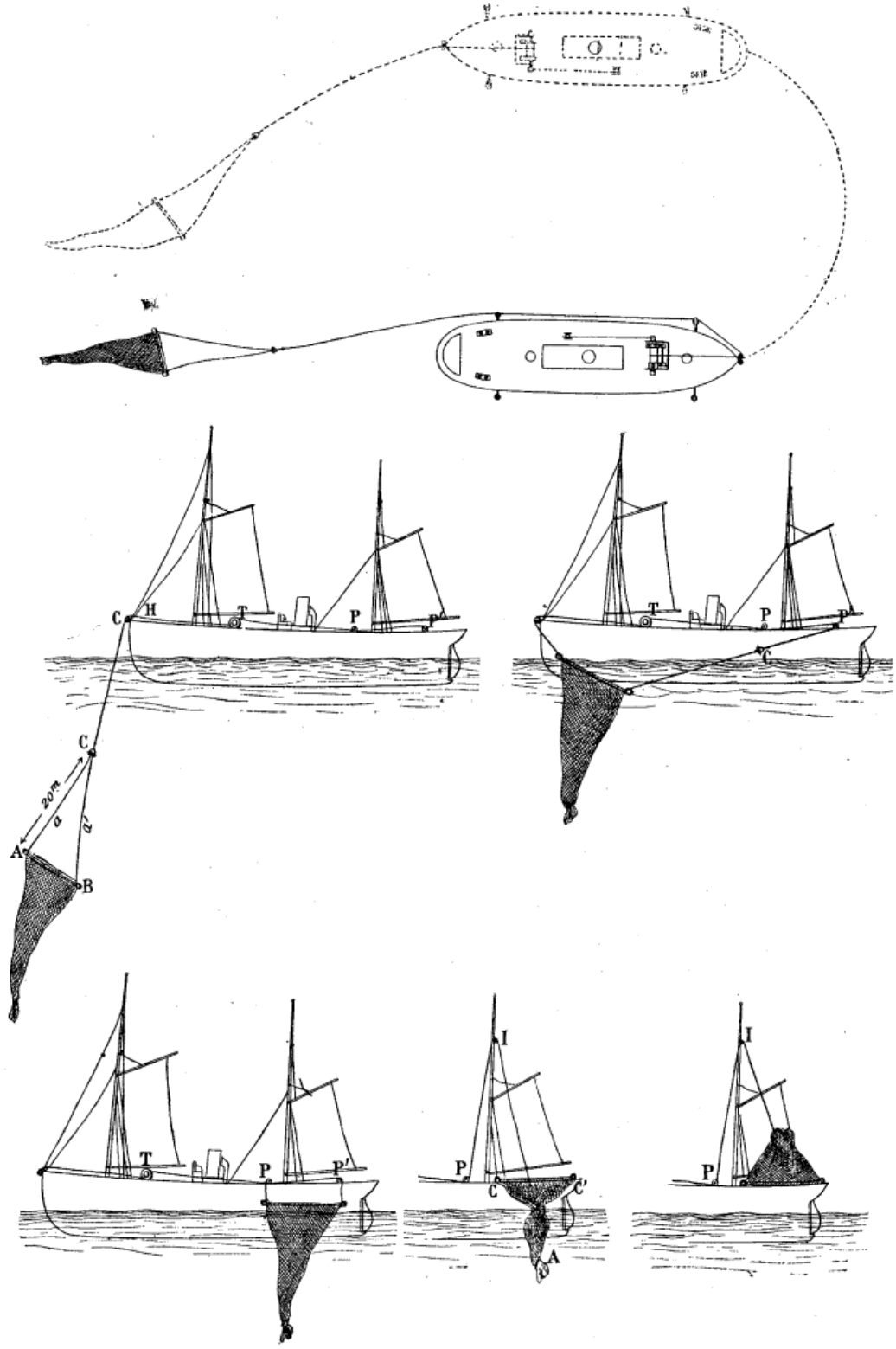


Fig. 28 à 33. — Schémas indiquant les différentes phases du evage du chalut.

C, point d'attache de la patte d'oie (fig. 29, 30): AC, BC, patte d'oie; T, treuil à vapeur; PP' et I; I, poulies.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

chalutiers, le câble est solidement maintenu, à l'arrivée du navire, par un stopeur; dans d'autres, au contraire, un dispositif de frein spécial permet de bloquer le treuil, qui supporte alors toute la charge de traction. Un matelot se tient près du bordage, la main sur la fune. Les vibrations transmises par ce câble lui font connaître ce qui se passe au fond de la mer; il fait augmenter, ralentir ou même arrêter la marche du bateau, suivant les indications ainsi recueillies.

La *vitesse de traîne* doit être suffisante pour que les poissons capturés ne puissent s'échapper de l'engin, mais elle ne doit pas s'effectuer trop rapidement, ce qui aurait pour effet d'abîmer les produits de la pêche et pourrait même occasionner un traînage de l'engin entre deux eaux. Cette vitesse varie généralement de 2 nœuds à 2 nœuds et demi.

La *durée de traîne* est très variable, suivant la profondeur à laquelle on pêche, suivant les dimensions de l'engin et suivant la saison. — Les vapeurs du golfe de Gasgogne lèvent leur chalut toutes les six ou sept heures. Dans la Manche, au contraire, le trait de chalut est assez souvent de trois heures.

Lorsque le patron pêcheur juge qu'il doit procéder au *levage du chalut*, il fait stopper le navire, puis on dégage la fune du stoppeur ou du galet d'arrière, le bateau décrit un demi-cercle (fig. 28), et vient debout à la mer, mouillé sur son chalut. On met alors le treuil en marche et on lève cet engin comme on le ferait pour une ancre (fig. 29). Lorsque l'on arrive à la patte d'oie, on la dissocie, ne laissant qu'un des liens attaché à la fune, on frappe un grelin sur l'autre lien B C, que l'on conduit sur l'arrière, où on le fait passer dans une poulie P, et on l'enroule ensuite sur la poupée du treuil T (fig. 30); on détache alors le second lien de la patte d'oie, et on procède pour celui-ci comme on a fait pour le premier. Le treuil est mis en marche, et la perche du chalut monte ainsi jusqu'à sa position de route sur le bastingage (fig. 32), où on la fixe solidement, après avoir fait exécuter aux patins une demi-révolution pour fermer et tendre la chaîne inférieure; on saisit alors celle-ci avec des gaffes et on la rentre à bord, ainsi que la plus grande partie du filet (fig. 34). Lorsque l'on arrive à la poche contenant le poisson, la manœuvre directe à bras serait trop difficile; on noue alors un câble autour du filet, et, par l'intermédiaire d'une poulie I fixée en haut du mât d'artimon, on amène, au moyen du treuil, le fond du filet au-dessus du pont. On détache le grelin suiffé qui ferme le fond de la poche et la masse grouillante de la pêche vient s'étaler sur le navire. Le pont est d'ailleurs rapidement débarrassé. Les poissons sont classés par catégories : les coquillages, les zoophytes et le menu fretin sont jetés à la mer, pendant qu'une autre équipe de matelots visite le chalut et répare rapidement les déchirures toujours assez nombreuses qu'il présente. Le chalutier, aussitôt la pêche terminée, a été remis en route à toute vitesse et regagne les parages où il devra rejeter son engin à la mer.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Sur les vapeurs, cette manœuvre, quoique assez pénible, ne dure guère plus de vingt minutes. A bord des voiliers, l'immersion de l'engin se fait de la même manière. Pour le levage, le navire, presque à sec de toile (les chaloupes conservent la grande voile, les dundees, le tape-cul), est amené debout au vent. Le treuil est armé et cinq hommes se mettent à virer le câble pendant que le patron le guide au sortir du rouleau. Quand on arrive à la patte d'oie, on la dissocie en laissant la branche antérieure attachée à la fune, et on vire au cabestan jusqu'à ce que le patin antérieur soit arrivé près du bordage; le chalut est alors suspendu à l'avant du bateau; on passe l'autre branche sur la poulie d'arrière et, de là, sur la poupée du treuil, et on achève de lever la partie postérieure de l'engin. La perche est amenée à bord en la saisissant aux deux extrémités par des palans fixés aux mâts. Cette manœuvre est des plus dures et exige de l'équipage des efforts longtemps soutenus. Elle dure parfois jusqu'à trois heures, par les gros temps, souvent même il faut l'interrompre et rester debout à la mer mouillé sur la drague. Dans bien des cas, le pêcheur essuie, dans cette position critique, les plus affreuses tempêtes, résistant jusqu'au dernier moment pour ne pas abandonner son train de pêche, et quand il se décide enfin à couper la fune qui l'immobilisait, il est souvent trop tard. Nombre de naufrages ont été causés par la difficulté de haler le chalut dans les gros temps.

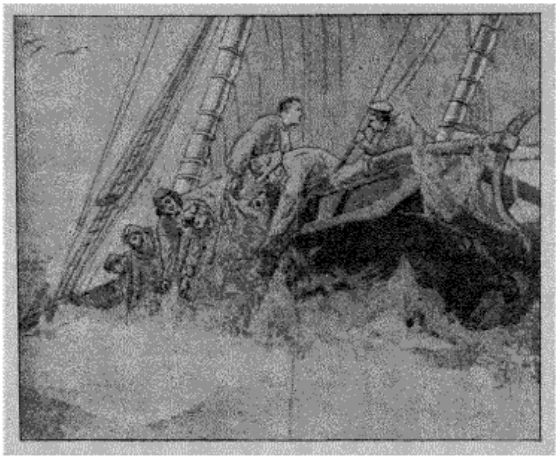


Fig. 34. — La plus grande partie du filet est ainsi rentrée à bras.

En temps ordinaire, cette manœuvre est moins longue : il faut environ une demi-heure pour mouiller l'engin, de une heure à une heure et demie pour le relever suivant les fonds sur lesquels on opère. Ceux-ci varient en effet de 30 à 70 brasses (50 à 130 mètres).

Pour faciliter l'opération du halage, on a songé à munir les voiliers de cabestans à vapeur (fig. 35), mais cette solution ne donne pas encore toute satisfaction.

De nombreux accidents en cours de route, la rencontre de rochers, obligent souvent à haler l'engin au moment où l'on s'y attend le moins ; il faut mettre la chaudière en pression, et, malgré l'emploi d'appareils à vaporisation rapide, on perd beaucoup de temps. On a aussi essayé d'employer des treuils commandés par des moteurs à pétrole (fig. 36), mais les informations que nous avons recueillies sur l'emploi de ces engins sont contradictoires. Nous signalons ce fait

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

aux constructeurs français, certains que notre industrie saura apporter à cet appareil si utile tous les perfectionnements qu'il comporte.

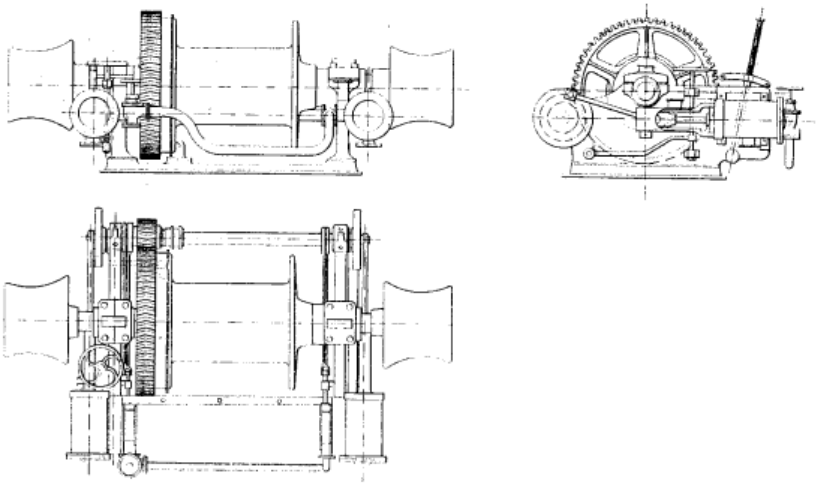


Fig. 35. — Treuils à vapeur des chalutiers Sainte-Marie, Eugénie et Pauline d'après le *Bulletin de la Société* « l'Enseignement professionnel et technique des pêches maritimes ». Échelle 1/50e.

Pression aux boîtes à tiroir, 3 kilogs; diamètre des cylindres, 200 millim.; course des pistons, 200 millim.; poids de l'appareil, 2 650 kilogs.

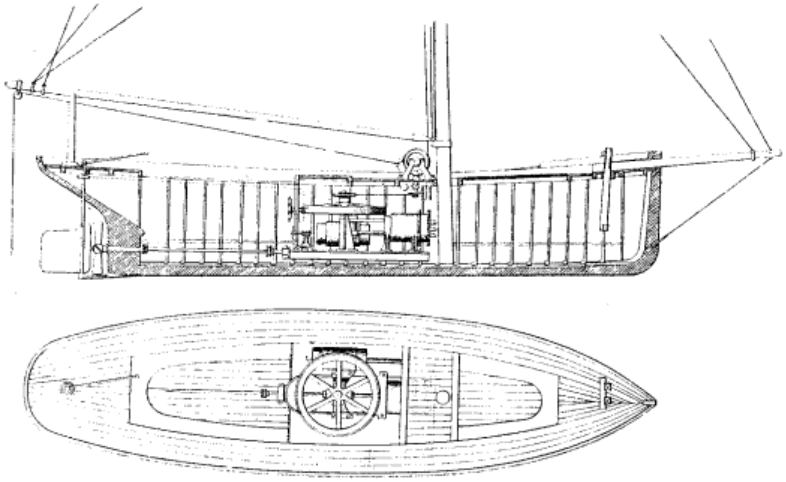


Fig. 36. — « *Isis* » bateau de pêche construit pour la station zoologique d'Alger. Moteur à pétrole de huit chevaux. F. Forest, constructeur à Paris, d'après le *Bulletin de la Société* « l'Enseignement professionnel et technique des pêches maritimes ». Échelle 0m,01 par mètre.

Pendant toute cette opération du levage, le bateau doit rester debout à la mer; presque toujours, il est soumis à l'action des courants qui l'écartent assez loin des lieux de pêche, et il lui faut quelquefois plus d'une heure, une fois l'opération terminée, pour regagner l'endroit propice au dragage. Il y a donc, pour ces navires, beaucoup de temps perdu. — De plus, la vitesse nécessaire à la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

traîne exige une assez forte brise. Avec les voiliers, on ne peut donc pas draguer par tous les temps. La durée de traîne est variable suivant les profondeurs auxquelles on opère, suivant les appareils de halage que l'on a à sa disposition. Les voiliers de Saint-Martin-de-Ré traînent de dix-huit à vingt heures; ceux du Croisic, douze heures. D'une manière générale, les chalutiers à voile du golfe de Gascogne ne draguent pas moins de huit heures d'un seul coup. Ces longs traits de chalut ne sont pas sans abîmer le poisson. Pour le conserver, les matelots le placent, aussitôt pêché, dans des caisses en bois remplies de glace, où il demeure jusqu'à l'arrivée du chalutier au port de pêche.

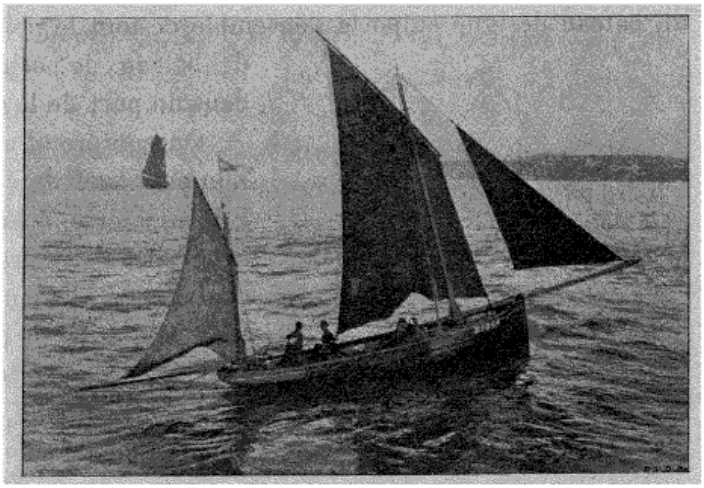


Fig. 37. — Chaloupe de Boulogne d'après une photographie de M. Meys correspondant de l'*Illustration*. »

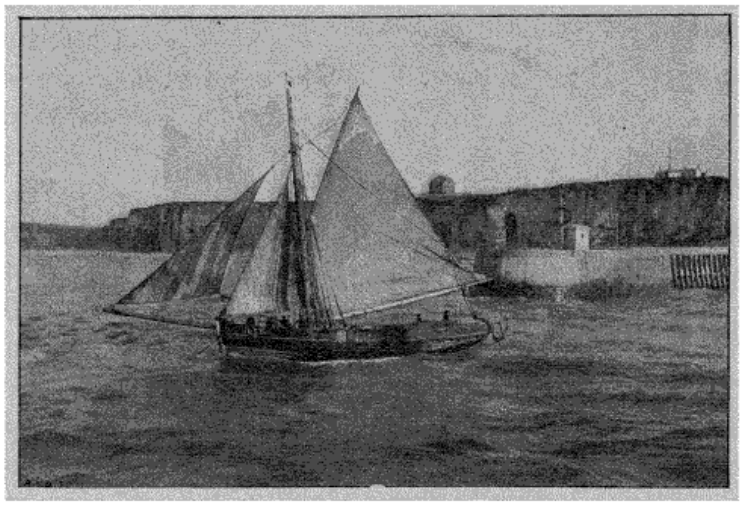


Fig. 38. — Cotre de Dieppe armé pour la pêche au chalut, d'après une photographie de M. Lavieuville.

Beaucoup restent ainsi huit jours à la mer; quand ils se décident à regagner la côte, ils peuvent rencontrer des vents contraires, et quelquefois le produit de la pêche devient invendable, le pêcheur est obligé de le jeter à la mer.

Heureusement, ce dernier cas est assez rare, et la glace permet de conserver le poisson assez longtemps sans avoir cet accident à craindre. Mais il est possible d'éviter en partie un grand nombre des inconvénients que nous venons d'énumérer en appliquant une manière plus rationnelle de pêcher, nous voulons parler de *la pêche en société*, appliquée par les Anglais depuis plusieurs années.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans ce cas, les chalutiers se syndiquent; ils élisent un chef de pêche qui détermine les fonds sur lesquels on doit chaluter, puis, par un système de signaux, dirige toutes les opérations de la flottille qu'il a sous ses ordres. Chaque jour, un bateau désigné emporte l'ensemble de tout le poisson pêché par l'escadrille des bateaux de pêche, et va vendre ces produits dans un port de la côte.

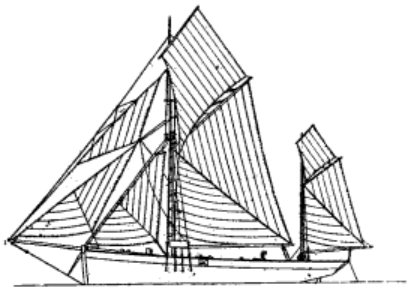


Fig. 39. — Dundee armé pour la pêche au chalut.

On comprend aisément tout le parti que l'on peut tirer de cette manière de procéder. En Angleterre, à Yarmouth, Hull et Grimsby, cette pêche est pratiquée par l'ensemble des chalutiers; plusieurs *transports à vapeur* relient la flottille de pêche avec la côte et apportent aux pêcheurs les vivres, les filets, la glace dont ils ont besoin, les bateaux à voile restent ainsi en mer de deux à trois mois.

En France, cette pêche n'est guère appliquée qu'à Groix et aux Sables-d'Olonne pour *la pêche du thon*. Pour des raisons diverses, nos pêcheurs se montrent réfractaires à toutes les tentatives faites dans le but de provoquer la formation de ces syndicats.

Aussi, pour éviter les manœuvres difficiles des chalutiers à voile, pour avoir la possibilité de draguer par tous les temps et d'apporter les produits de la pêche à des heures déterminées par les marchés, a-t-on construit depuis quelque temps un assez grand nombre de chalutiers à vapeur. Avec ceux-ci, on n'a plus à s'inquiéter du vent; la manœuvre de l'engin se pratique très aisément à tous les moments où il est convenable de le faire; si le navire s'écarte quelque peu des fonds poissonneux où il doit draguer, sa machine lui permet de les regagner en peu de temps. La pêche terminée, il rentre au port à toute vitesse et peut vendre ses produits dans de meilleures conditions que les voiliers dont le poisson est en moins bon état.

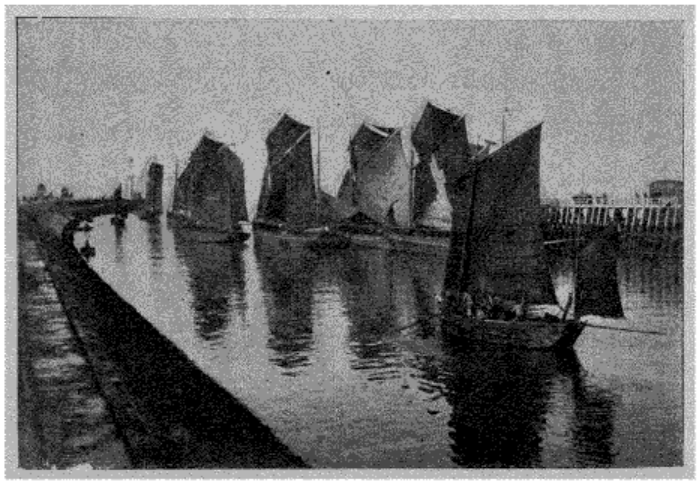


Fig. 40. — Sortie de bateaux de pêche du port de Boulogne. D'après une photographie de M. Meys.

Les bateaux chalutiers sont de formes et de dimensions très diverses, depuis

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les embarcations qui pêchent la crevette jusqu'aux grands vapeurs qui vont draguer en haute mer, et dont certains jaugent jusqu'à 180 tonneaux.

D'une manière générale, les bateaux à voiles qui pratiquent le chalutage sont de trois types distincts : *la chaloupe* (fig. 37), *le cotre* (fig. 38), *le dundee* (fig. 39).

La chaloupe (fig. 3) est surtout employée par les pêcheurs d'Étaples, de Saint-Valéry-sur-Somme, de Cayeux et aussi par les marins bretons.

Le dundee semble préféré pour sa warangue creuse et ses qualités de vitesse par les pêcheurs de Boulogne, où il est presque universellement employé.

A la Rochelle, et à Groix, c'est encore la forme dundee qui domine. Le cotre est le type des chalutiers du Tréport, de Dieppe et de Trouville. Dans la photographie qui représente la sortie des bateaux de pêche du port de Boulogue (fig. 40) on voit au premier plan une chaloupe, plus loin des chalutiers gréés en Dundees, et des Harenguiers gréés en Ketchs (les premiers ont les deux mâts de hauteur inégale, les seconds n'offrent pas cette particularité).

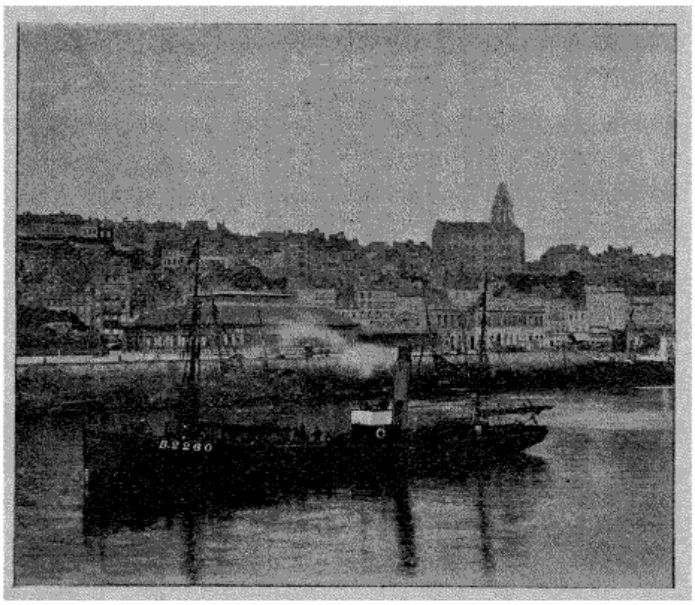


Fig. 41. — Chalutier à vapeur de Boulogne.
D'après une photographie de M. Meys.

L'aménagement intérieur de ces bateaux présente peu de différence. Dans ces trois types, une chambre à l'arrière sert pour le poste d'équipage ; le reste de la cale est occupé par les chambres à glace, les réserves de filets et les pièces de rechange. Le tonnage de ces bâtiments est très variable ; les plus petits jaugent de 18 à 20 tonneaux, leur chalut n'a guère plus de 10 mètres de long ; les plus grands jaugent 25, 40 et même 50 tonneaux. L'*Iéna*, dundee des Sables-d'Olonne, présente les dimensions suivantes : longueur de quille, $12^{m},75$; longueur au maître, $5^{m},50$; profondeur, $3^{m},65$; tonnage, 34 tonneaux.

L'équipage est généralement de six hommes et un mousse. L'armement de ces chalutiers varie de 10 000 à 20 000 francs.

Les chalutiers à vapeur sont de dimensions diverses. A Boulogne, les plus grands (fig. 41) ont 37 mètres de long, jaugent 180 tonneaux ; leur machine à triple expansion est de la force de 450 chevaux indiqués ; leur vitesse aux essais a été

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHALUTIER A VAPEUR « LE SAINT-JACQUES » DE DIEPPE

(ÉCHELLE $0^{m},057$ POUR 1 MÈTRE)

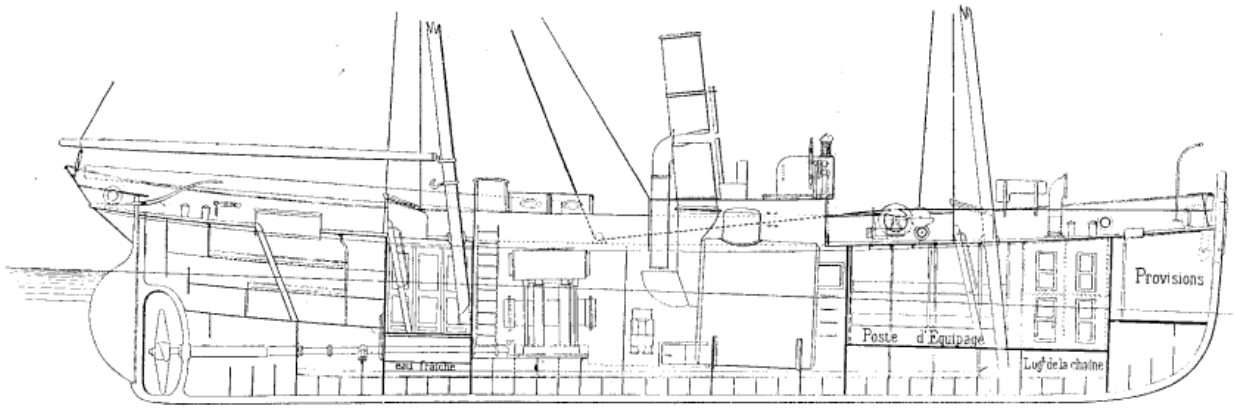


Fig. 42. — Coupe longitudinale.

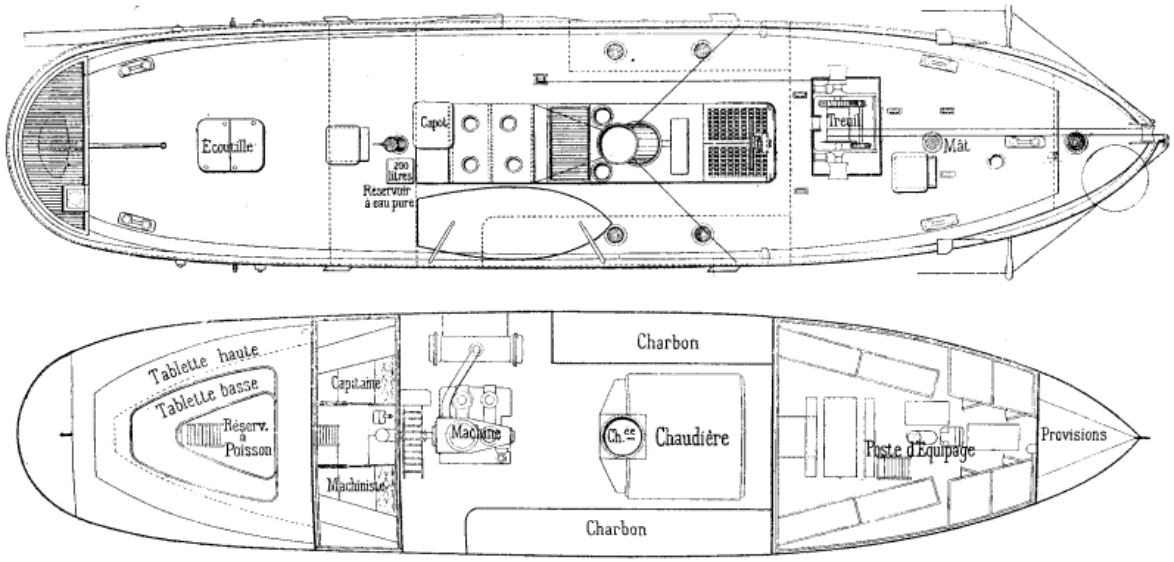


Fig. 43. — Plans.

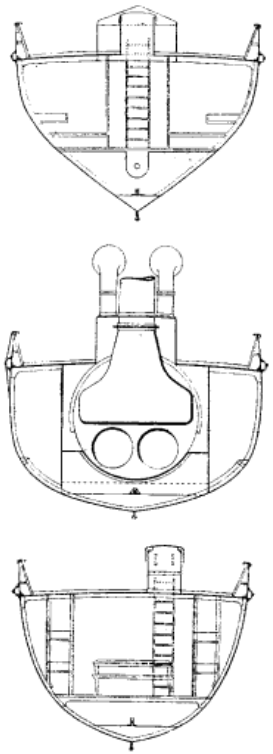


Fig. 44. — Sections transversales.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de 12 nœuds et ils réalisent 9 nœuds en cours de route. Leur équipage se compose de 15 hommes employés au chalut, 1 patron, 1 mécanicien et 3 chauffeurs. Les frais d'armement annuels s'élèvent à :

Charbon	20 000	francs.
Salaire et nourriture de l'équipage	40 000	—
Usure du matériel de pêche	12 000	—
Réparation et entretien	20 000	—
Assurances, 4 0/0 sur 200 000 fr.	8 000	—
Divers : glace, etc.	10 000	—
	100 000	francs

Leur rapport moyen annuel varie de 130 000 à 150 000 francs.

D'autres ont 28 mètres de long, jaugent 125 tonneaux, et possèdent une machine compound de 360 chevaux indiqués.

Les plus petits pratiquent généralement la pêche au chalut ou la pêche aux cordes, suivant que l'un ou l'autre de ces deux procédés donne plus ou moins de bénéfices. Leur longueur est de 19 mètres environ; ils jaugent 40 tonneaux. Leur machine compound est de la force de 120 chevaux indiqués. La vitesse qu'ils peuvent réaliser ne s'élève guère à plus de 7 nœuds. Leur rapport moyen est d'environ 60 000 francs.

A Dieppe, il existe 8 chalutiers à vapeur, qui ont rapporté de 85 000 à 90 000 francs en 1896.

L'un d'eux, « le Saint-Jacques », jauge 90 tonneaux; sa longueur est de 24 mètres, sa largeur $5^{m},70$, sa profondeur $3^{m},40$.

Son équipage n'est que de 7 hommes : 1 patron, 1 mécanicien, 2 chauffeurs et 1 mousse. Son prix est d'environ 100 000 francs, les frais d'armement de 65 000 francs.

Les figures 42 à 44 indiquent la disposition intérieure de ce bâtiment. Sur le pont, nous voyons à l'avant le treuil à vapeur, dont nous avons indiqué la manœuvre.

Dans la cale, à l'arrière, est la chambre à poisson, qui était munie autrefois d'une surface réfrigérante analogue à celle employée dans les chambres froides de Bizerte. On l'a supprimée en raison du séjour assez court que ce navire fait à la mer. Il faut d'ailleurs remarquer que le fonctionnement de ces appareils producteurs de froid semble trop délicat pour les mécaniciens et patrons des barques de pêche. Ils préfèrent, malgré les inconvénients de toute nature que présente cette manière de procéder (décomposition des tissus, etc.), employer la glace en contact avec le poisson.

Après cette soute se trouvent les chambres du mécanicien et du patron, et, entre elles deux, un petit carré qui leur sert de salle à manger. Un hublot disposé dans la première chambre permet au mécanicien de surveiller ce qui se passe

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans la machinerie située à côté. Sur l'avant se trouve le poste de l'équipage et un local servant de magasin aux agrès et aux pièces de rechange.

IMPORTANCE DE LA PÊCHE A VAPEUR EN FRANCE ET A L'ÉTRANGER

Le nombre des chalutiers à vapeur français n'est pas très élevé ; on en compte actuellement 3 à Boulogne, 7 à Dieppe, 8 à Arcachon, 3 à Saint-Jean-de-Luz. Si on ajoute à ce nombre les cordiers à vapeur : 17 à Boulogne, 8 à Dieppe, et les 8 vapeurs qui pratiquent *la pêche aux bœufs* dans la Méditerranée, nous trouvons, au total, que la France possède 54 vapeurs de pêche. L'Allemagne nous a distancés de beaucoup dans cette évolution ; elle ne possédait en 1886 qu'un seul vapeur de pêche ; en 1894, elle en avait déjà 67, et aujourd'hui ce nombre s'élève à 103.

Le montant des produits pêchés a augmenté dans les mêmes proportions.

Il est passé de 515 889 marks (environ 645 000 francs) en 1887, à 5 227 988 marks (6 535 000 francs) en 1895, pour l'ensemble des trois ports de pêche de Altona, Geestemunde et Bremerhaven.

En Angleterre, plus de 700 vapeurs pratiquent la pêche au chalut, et ce nombre s'accroît tous les ans. De plus, 1 500 chalutiers à voiles munis de haleurs à vapeur, de Yarmouth, Hull et Grimsby, pratiquent la pêche en société et sont reliés avec les ports de vente par des chasseurs à vapeur.

Le produit de la pêche s'est élevé en 1895, pour l'ensemble du Royaume-Uni à 185 millions de francs. Le nombre des pêcheurs des Iles Britanniques étant d'environ 120 000, cette somme, répartie fictivement d'une manière égale entre eux, leur assurerait à chacun environ 1 500 francs. En France, nous avons vu que la pêche en bateau s'élevait à 89 600 000 francs, ce qui, réparti de la même manière entre les 90 000 pêcheurs français, ne donnerait à chacun d'eux que 995 francs.

Empressons-nous de dire que le produit de la pêche est bien loin d'être réparti également entre tous les pêcheurs, et que, de plus, une assez grande partie de l'argent provenant de la vente du poisson passe entre les mains des armateurs.

Examinons d'ailleurs de plus près cette question du salaire de nos pêcheurs français.

SALAIRE DES PÊCHEURS

A bord des navires à vapeur, les matelots gagnent, à Boulogne, de 90 à 100 francs par mois, et ont 1 0/0 sur le produit brut de la pêche ; le patron, qui est rémunéré à la part de pêche, peut gagner de 4 000 francs à 5 000 francs. A Dieppe, les salaires sont moins élevés ; 70 francs par mois pour les matelots, 125 francs par mois, 3 0/0 sur le produit brut de la pêche pour le patron. A

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

bord des chalutiers à voiles, les matelots sont simplement payés à la part. Sur le montant brut du produit de pêche, on prélève une certaine partie, un demi ou un tiers, qui est attribué à l'armateur; le reste est partagé entre l'équipage, le patron étant plus ou moins avantagé dans ce partage. Avec ce système, les produits annuels sont très variables, suivant les barques de pêche, suivant la capacité des patrons qui les dirigent.

NÉCESSITÉ D'UN ENSEIGNEMENT PROFESSIONNEL A FAIRE AUX PÊCHEURS

Si nous consultons le tableau fourni par le service de l'écorage à Dieppe, nous voyons que certains bateaux de pêche de ce port ont rapporté 1 800 francs à leurs matelots, tandis que, pour d'autres, le gain de l'année n'a pas dépassé 400 francs. Ces pêcheurs moins favorisés sont souvent ceux qui n'osent pas quitter les parages rapprochés des côtes parce que les dimensions de leurs barques ne le leur permettent pas, parce que leurs connaissances sont insuffisantes pour se diriger en haute mer. Le pêcheur côtier étant devenu hauturier par la force des choses, il est juste qu'il puisse trouver des écoles professionnelles qui lui fourniront le moyen d'exercer son industrie avec plus de profits et moins de dangers, en lui apprenant à faire le point, à se servir des instruments nautiques, à suivre une route tracée sur une carte marine.

Il faut profiter de ces cours nautiques, que les pêcheurs suivent avec grande assiduité, parce qu'ils reconnaissent qu'ils leur sont indispensables, pour leur donner aussi quelques notions d'économie sociale, pour leur enseigner tous les bienfaits de l'association, leur montrer la sagesse des institutions d'assurance ou de prévoyance. Dans leur périlleux métier, les pêcheurs sont aussi exposés à bien des accidents, et la connaissance des premiers soins à donner en attendant les secours du médecin, qui n'arriveront peut-être qu'au bout de quelques jours, leur est aussi bien indispensable.

Fournir aux marins toutes ces notions, c'est améliorer leur sort, en augmentant le profit qu'ils retirent de leur industrie, en diminuant les risques de leur profession. C'est nous permettre de conserver en aussi grand nombre ces hardis pêcheurs qui sont la pépinière de nos équipages de guerre. C'est donc faire œuvre à la fois d'humanité et de patriotisme.

ENCOURAGEMENT AU DÉVELOPPEMENT DE L'INDUSTRIE DES PÊCHES MARITIMES EN FRANCE

De plus, la mer étant libre en dehors de la zone territoriale, nous devons encourager en France le développement de la pêche à vapeur, qui semble rapporter un profit plus grand et assure en tout cas aux marins des salaires plus élevés et moins aléatoires.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Mais ce n'est pas tout de pêcher le poisson, encore faut-il le transporter en bon état jusqu'au port et le vendre aux meilleures conditions possibles; aussi il est utile d'étudier les meilleurs procédés de conservation du poisson frais et de les faire adopter par les pêcheurs; d'emménager nos ports de pêche suivant l'exemple donné par les Anglais, en construisant sur les quais, des halles aux poissons reliées par des embranchements aux gares de chemins de fer; d'obtenir des compagnies, l'organisation de trains de marée plus nombreux, l'adoption de wagons mieux aménagés pour le transport des produits de la pêche.

PROGRAMME DE LA SOCIÉTÉ DE « L'ENSEIGNEMENT PROFESSIONNEL ET TECHNIQUE DES PÊCHES MARITIMES »

Depuis assez longtemps déjà, les étrangers ont reconnu la nécessité de donner aux pêcheurs une instruction nautique suffisante pour leur permettre de se diriger en haute mer. Des écoles de pêche existent en Angleterre, en Belgique, en Allemagne; des sociétés puissantes, comme la Seefischerei-Vereins, s'occupent aussi du développement de l'industrie des pêches. La France ne devait pas rester en arrière. Aussi, en 1894, la question de l'enseignement professionnel des marins fut-elle agitée devant le Congrès de sauvetage tenu à Saint-Malo, sous la présidence de M. l'amiral Duperré. Pour donner suite aux vœux formés par ce congrès, un certain nombre de personnes dévouées, MM. Cacheux, Roché, Coutant, R. de Cuers, Guillard, Hamon et Dubar fondèrent la société *l'Enseignement professionnel et technique des pêches maritimes,* dont le but principal fut d'abord la création d'écoles de pêche.

Cette société ne tarda pas à réaliser son programme; quelques mois après sa constitution, une école était fondée à Groix. A l'heure actuelle, nous avons en France *neuf écoles de pêche,* dont les cours sont suivis par de nombreux élèves : à Boulogne, Dieppe, Le Croisic, Groix, les Sables-d'Olonne, la Rochelle, Arcachon, Marseille et Philippeville.

Des cours d'adultes sont institués à Trouville, Honfleur, Villerville et au Tréport, et une dixième école est en voie d'organisation à Cherbourg.

L'île de Groix, où fut créée la première école de pêche, est un centre important de la pêche bretonne. Sa population est de 5 000 habitants, qui fournissent à l'inscription maritime environ 1 500 marins. Le nombre des barques grésillonnes est d'environ 300, et leur tonnage moyen de 15 à 20 tonneaux. Cette école de pêche a rendu dans la région les plus grands services. En 1896, 149 élèves ont suivi ses cours. M. Guillard, son distingué directeur, s'est attaché à créer un enseignement pratique; les élèves sont exercés au maniement du sextant et de l'octant; ils apprennent à calculer la longitude et la latitude; ils étudient l'emploi des cartes marines, savent diriger leurs navires suivant une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

route tracée sur ces cartes, ou, inversement, peuvent y reporter le chemin parcouru par leurs barques. On leur enseigne la connaissance des règlements maritimes, des feux du balisage, et on leur donne des notions d'atterrissage qui leur sont des plus utiles sur les côtes si dangereuses de Bretagne. Un vieux pêcheur apprend aux jeunes mousses le ramendage des filets. Un médecin de la marine fait aux élèves quelques conférences sur l'hygiène et les premiers soins à donner en cas d'accidents.

Le programme des autres écoles est analogue à celui qui est réalisé à Groix. Chaque école conserve cependant son caractère très personnel et s'adapte aux mœurs, aux habitudes des pêcheurs de la localité.

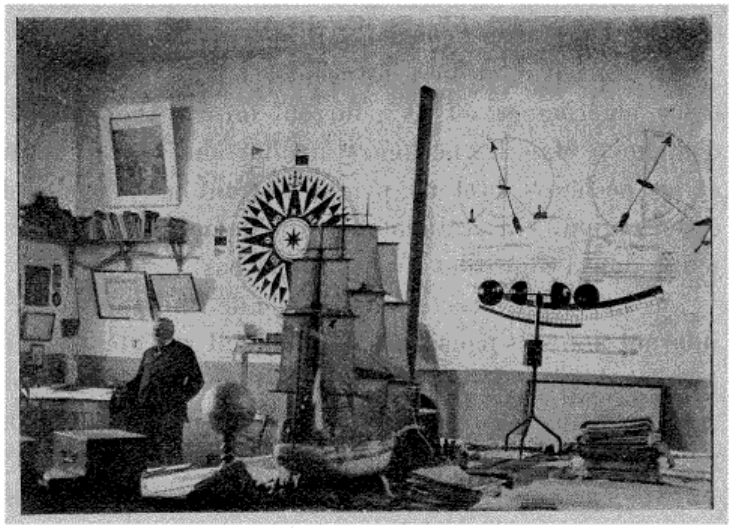


Fig. 45. — Intérieur de l'École de Groix. D'après une photographie de M. Guillard, directeur de l'École.

A Boulogne notamment, l'enseignement doit être très étendu pour répondre à ces exigences locales.

Nous avons vu combien la pêche maritime s'est développée dans ce port. La valeur des produits pêchés par les Boulonnais s'est élevé en 1894 à 13 549 500 francs. Sur les 385 bateaux immatriculés dans ce port, 185 sont munis d'appareils auxiliaires à vapeur (treuils, cabestans, etc.), et 20 de propulseurs à vapeur.

Dans les cours qui sont faits à l'*École de Boulogne*, il a fallu inscrire au programme, en outre des connaissances nautiques enseignées dans les autres écoles, l'étude du fonctionnement des appareils à vapeur et des moteurs à pétrole, et celle des procédés de conservation du poisson.

L'école est installée à bord d'un bateau déclassé, obligeamment concédé par l'État, ce qui permet, en outre des cours de l'école proprement dits, de faire des conférences dans les ports de la mer du Nord, Dunkerque, Calais, Gravelines, Boulogne, Étaples, Berck... et aussi d'exercer à la pratique de leur métier, sur les lieux mêmes de pêche, les élèves et les patrons pêcheurs embarqués à bord du bateau école.

L'École de Boulogne est donc en quelque sorte *une école supérieure de pêche*.

Nous n'entrerons pas dans le détail des cours professés dans les autres

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

écoles de la société, nous dirons quelques mots seulement sur l'École de Philippeville, en indiquant les services qu'elle est appelée à rendre dans cette région. La pêche sur les côtes d'Algérie est presque entièrement pratiquée par des Italiens, dont un certain nombre n'ont pas hésité à se faire naturaliser Français pour pouvoir pêcher dans la zone territoriale. Mais, comme ils le disent eux-mêmes, ils ne sont Français que « *pour le ventre* », et, la campagne de pêche terminée, ils regagnent l'Italie où les attendent leurs femmes et leurs enfants. Certains figurent même sur les rôles d'équipage de nos navires de guerre et en même temps sur ceux des cuirassés italiens... Une autre partie de ces naturalisés habitent l'Algérie avec leurs familles; c'est à leurs enfants que sont faits les cours de l'*École de Philippeville*.

Il y aurait donc lieu de décider nos pêcheurs à pratiquer la pêche sur les côtes algériennes, où ils pourront faire d'abondantes récoltes de sardines et d'anchois. Mais les pêcheurs méditerranéens sont réfractaires à ces tentatives, et les pêcheurs bretons, peu au courant des procédés de pêche employés dans cette région, s'y acclimatent difficilement. Il fallait s'adresser à un élément jeune dont l'éducation serait faite là-bas.

M. Laÿrle, le directeur de l'École de Philippeville, a eu l'idée d'y annexer un internat dont les pensionnaires seraient recrutés parmi les pupilles de l'Assistance publique. La question est à l'étude ; tout fait espérer qu'elle aboutira. Ajoutons qu'en Angleterre il existe depuis longtemps des institutions de ce genre, qui ont déjà formé plus de 3000 mousses.

Nous venons d'exposer tout un côté du programme de la Société : l'enseignement professionnel des pêcheurs ; mais son action ne se borne pas à la seule création des écoles de pêche, et toutes les questions susceptibles d'améliorer le sort des marins font l'objet de ses travaux.

Pour s'entourer de renseignements utiles, la Société a mis cette année à l'étude la question suivante : « Étudier l'une des pêches d'un port maritime français en indiquant les améliorations que l'on pourrait y apporter. » Cette question a été traitée dans de nombreux mémoires, qui ont valu à certains de leurs auteurs un prix du Président de la République, deux prix du Ministre de la Marine, et trois du Ministre de l'Instruction publique.

Enfin, pour étudier d'une manière plus fructueuse les questions d'intérêt général, elle organise des *congrès internationaux de pêche maritime*. Le premier, qui a été réuni aux *Sables-d'Olonne* en 1896, sous la présidence de M. Ed. Perrier, membre de l'Institut, a été des plus brillants et a eu un grand retentissement à l'étranger. La publication du compte rendu de ses séances forme un gros volume, où toutes les questions d'actualité intéressant la pêche sont traitées. Le prochain congrès aura lieu à Dieppe en 1898. De nombreux délégués français et étrangers ont déjà envoyé leur adhésion, et tout porte à croire que son

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

intérêt pratique dépassera encore celui qu'a pu présenter le Congrès des Sables-d'Olonne.

Ajoutons enfin que la société *l'Enseignement professionnel* a été chargée d'organiser la *section française* de l'*Exposition Internationale des pêches* qui doit s'ouvrir à Bergen l'an prochain, et que cette exposition, à laquelle les Allemands et les Anglais participeront, sera des plus fertiles en enseignements de toutes sortes. Les Français pourront y apprendre, entre autres choses, les procédés de traitement des produits de la pêche, la fabrication de certaines conserves de poisson, qui sont, en Norvège et en Allemagne, l'objet d'une industrie importante.

Nous n'insisterons pas sur les avantages que peuvent retirer les pêches maritimes et les industries qui s'y rattachent d'une participation importante à l'Exposition de Bergen. Cette question sortirait du cadre de cette communication

Cette société *l'Enseignement professionnel et technique des pêches maritimes* répond donc à plusieurs des exigences créées par la transformation de l'industrie des pêches. Pour lui permettre de réaliser son vaste programme, l'État, qui s'intéresse vivement à cette œuvre, a alloué soit à la Société elle-même, soit aux écoles de pêche 27 200 francs de subvention en 1897.

Il nous a paru intéressant de présenter ces faits devant la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale, comme rentrant tout à fait dans le cadre de ses travaux que son titre indique si éloquemment. Nous serions heureux que cette étude imparfaite d'une industrie qui touche de près à nos intérêts les plus chers, ait pu intéresser les membres de cette société au sort de nos marins pêcheurs et à l'amélioration de l'industrie des pêches maritimes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

NOTES DE MÉCANIQUE

MOTEUR *Diesel*.

Ce nouveau moteur a combustion continue est fondé sur le principe que la température de combustion du combustible moteur — charbon pulvérisé, pétrole ou gaz —

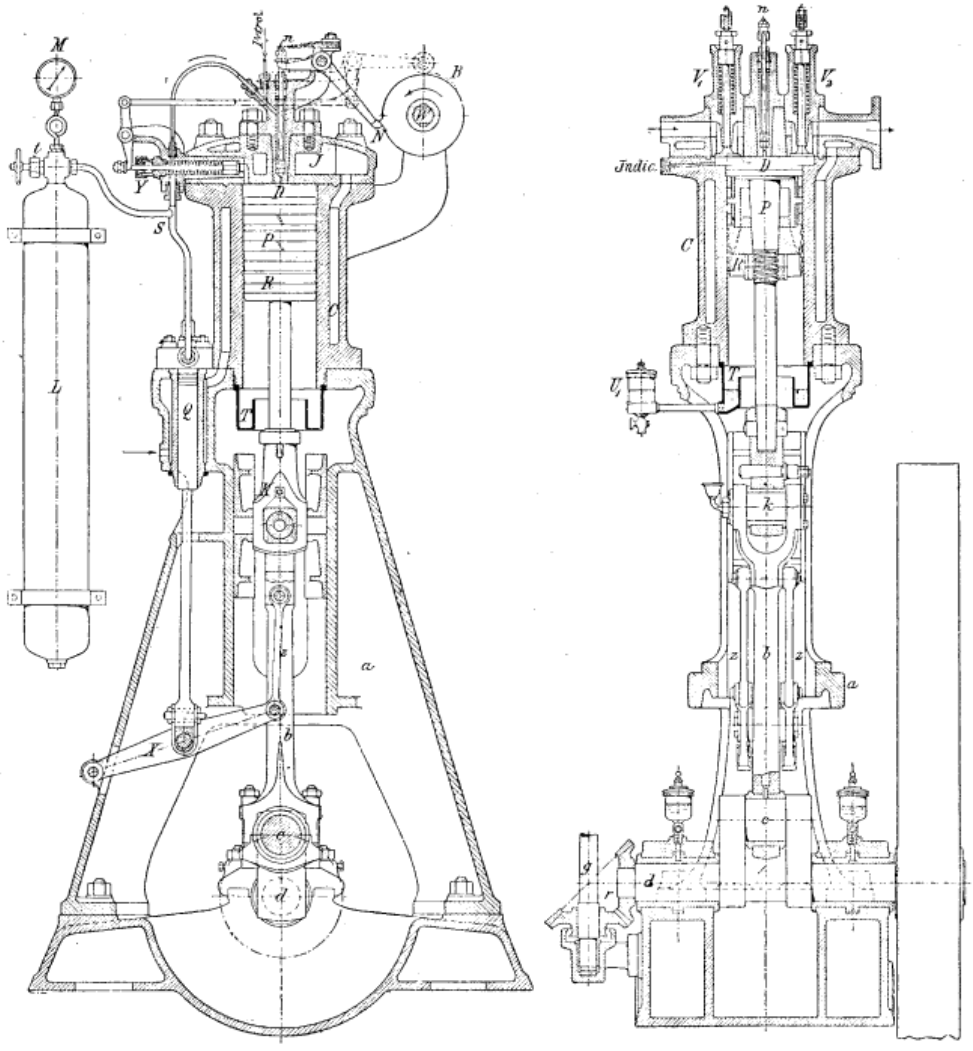


Fig. 1 et 2. — Moteur *Diesel* de 1897. Coupes verticales orthogonales.

doit être produite avant cette combustion et entièrement par une compression mécanique suffisamment élevée et rapide de l'air comburant. Cette compression doit être adiabatique — autant que possible — et non pas isothermique, ce qui permet d'abaisser très notablement les pressions correspondantes : à 30 à 50 atmosphères au

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lieu de 100 à 200. Dans l'air ainsi porté par compression à la température de combustion, le combustible doit être injecté peu à peu, de manière que la chaleur, développée graduellement, soit absorbée à mesure par le travail de la détente, sans élévation notable de température, et ce, dans un grand excès d'air.

Après de nombreux et très intéressants essais, qu'il serait trop long de décrire ici (1), M. Diesel est parvenu à réaliser la machine de 20 chevaux, à cylindre de 250 × 400 de course, représentée par les figures 1 à 4, et qui fonctionne au pétrole.

Ce moteur est pourvu d'une petite pompe à air Q, actionnée par la bielle Z et le levier X, et destinée à maintenir la charge d'air comprimé du réservoir L à une pression supérieure à la plus haute pression de compression dans le cylindre ; cette pression se transmet à la chambre d'injection D par l'intermédiaire de la conduite S. C'est aussi dans cette chambre d'injection qu'arrive le pétrole, qui y est envoyé par une petite pompe, non indiquée sur la figure, dans les intervalles laissés entre les périodes de combustion par le fonctionnement à quatre temps. Lorsque l'aiguille d'injection se soulève, le pétrole pénètre, par suite de son excès de pression, dans la chambre de compression, à travers l'orifice de l'ajutage, en produisant ainsi la période de combustion. La forme et la longueur de la courbe de combustion peuvent être modifiées suivant la puissance que doit fournir la machine en modifiant soit la durée de la période d'admission, soit la pression de l'air du réservoir L, ou en faisant commencer l'injection en différents points de la compression.

La figure 4 représente l'ensemble de la distribution et en particulier le dispositif pour la mise en route du moteur au moyen de l'air comprimé du réservoir L. W représente l'arbre de distribution avec ses cames I à V. Pendant la marche à quatre temps la came I commande la soupape V ; III l'aiguille d'injection du combustible dans l'ajustage D, et V la soupape V_2. L'ensemble de cette distribution sert aussi pour la mise en route de la machine en faisant passer dans le cylindre, par la soupape Y (fig. 1), l'air comprimé de L, qui fait avancer ainsi le piston et qui s'échappe ensuite par la soupape V_2. Pendant cette période très courte de mise en marche, le levier H (fig. 4) se trouve dans la position pointillée H^1, dans laquelle la sou-

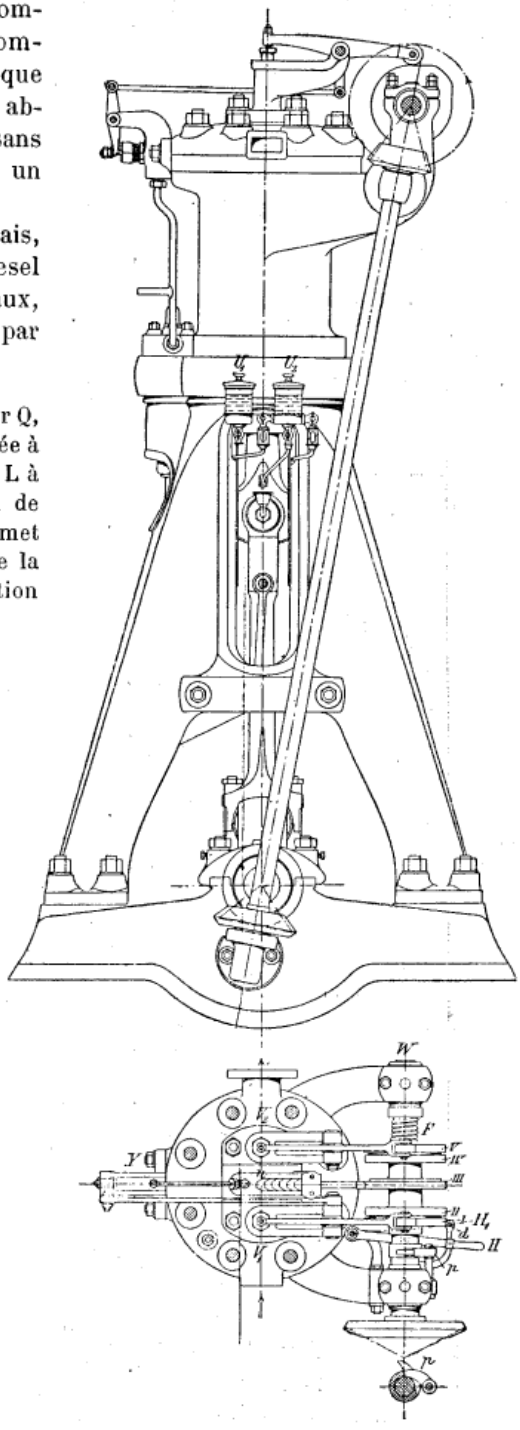


Fig. 3 et 4. — Moteur *Diesel* de 1897. Élévation et plan.

(1) *Revue de mécanique*, novembre 1897.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pape Y est commandée par la came II, la soupape V_2 par la came IV (au lieu de V) tandis que la came III commande l'aiguille d'injection, la came I de la soupape d'aspiration se trouvant alors écartée. Après un petit nombre de tours, la machine acquiert sa vitesse normale; à ce moment, on enlève une goupille *d* (fig. 4) qui maintient le levier dans la position H_1 ; celui-ci revient, avec les cinq cames, automatiquement à sa position normale, par l'action du ressort F, et le régime de marche normale s'établit sans qu'il y ait interruption dans le fonctionnement. Pour que les cames se déplacent au moment voulu, leur rejet ne peut avoir lieu qu'au moment exact où une échancrure *ad hoc*, pratiquée dans le moyeu des cames, passe devant le aquet *p*.

Des essais exécutés avec ce moteur en présence de M. L. Sauvage ont donné les résultats consignés au tableau ci-joint et illustré par le diagramme correspondant.

NUMÉRO DE L'ESSAI		1	2	3	4	5	6
Durée de l'essai en minutes . . .		60	40	30	20	30	15
Charge du frein, en kilogrammes.		65,15	75,15	35,15	75,15	35,15	0
Nombre moyen de tours par min.		165,06	150,1	169,2	150,5	170	166,6
Puissance indiquée moyenne en chevaux. .	Piston moteur.	26,7	26,7	19,4	26,6	18,9	8,3
	Pompe à air. .	1,0	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0
	Différence. . .	25,7	25,8	18,4	25,6	17,9	7,3
Puissance effective au frein. . . .		19,1	20,0	10,5	20,0	10,5	0
Puissance absorbée par les résistances passives		6,6	5,8	7,9	5,6	7,4	7,3
Pétrole consommé, en grammes, par heure et par cheval	Indiqué.	180	210	165	215	170	181
	Effectif .	242	271	288	276	288	»
Rapport de la puissance effective à la puissance indiquée. . . .		0,74	0,78	0,58	0,78	0,59	»
Proportion p. 100 des calories produites transformées en travail	Indiqué.	34,5	29,5	37,5	28,8	36,5	34,5
	Effectif.	26.6	23,5	21,5	22,5	21,5	»
Température des gaz d'échappement		395° à 401°	381° à 422°	284° à 296°	289° à 424°	389° à 424°	» (1)
Eau de circulation.	Température à la sortie.	35°5 à 35°	34°5 à 37°	34° à 38°5	35° à 36°	35°5 à 36°	35° à 37°
	Débit en litres par minute.	12,9	14,3	14,9	»	9,5	»

(1) La température n'a pu être relevée dans cet essai, la colonne de mercure du thermomètre n'étant plus visible.

D'après ces essais, qui confirment ceux antérieurs de M. *Schröter* (1), on voit que la dépense de ce petit moteur a varié, par cheval-heure effectif, de 242 à 276 grammes de pétrole en pleine charge et n'a pas dépassé 288 grammes à demi-charge, avec un rendement thermique indiqué de 29 à 36 p. 100 (diminuant avec la charge), supérieur à celui des meilleurs moteurs à gaz. En outre, la marche est régulière, très douce, sans ratés, d'une conduite extrêmement facile et d'une mise en train instantanée. L'encras-

(1) *Revue du mécanique*, novembre 1897.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sement est presque nul, et l'odeur de l'échappement très faible grâce à la combustion complète du pétrole.

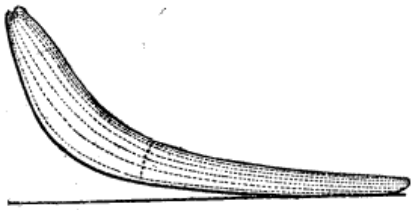


Fig. 1. Diagrammes successifs lors de la suppression de la charge du frein.

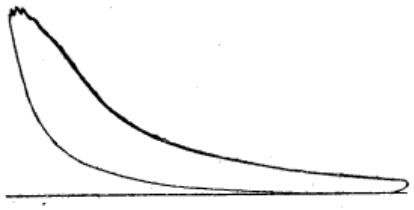


Fig. 2. Diagramme tracé par 83 passages du crayon d'indicateur.

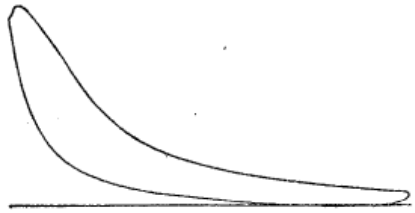


Fig. 3. Diagramme de l'essai n° 1.

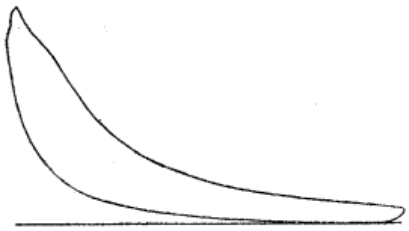


Fig. 4. Diagramme de l'essai n° 2.

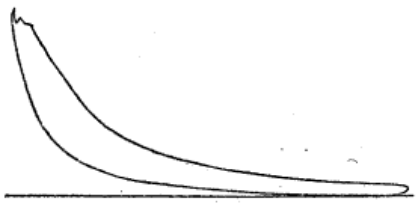


Fig. 5. Diagramme de l'essai n° 3.

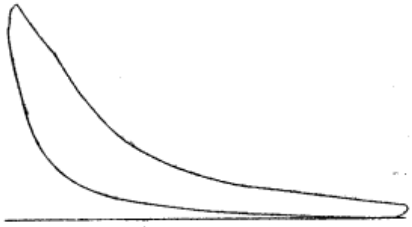


Fig. 6. Diagramme de l'essai n° 4.

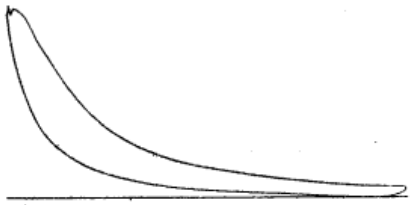


Fig. 7. Diagramme de l'essai n° 5.

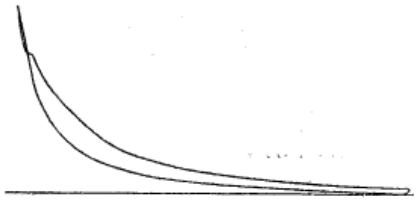


Fig. 8. Diagramme de l'essai n° 6.

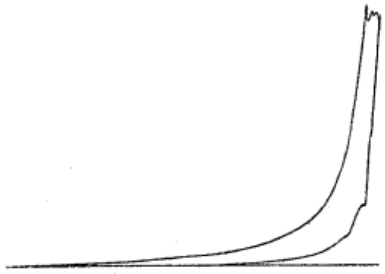


Fig. 9. Diagramme relevé sur la pompe à air.

Fig. 5 (n° 1 à 9). — Diagramme des essais du moteur *Diesel* en 1897.

On poursuit actuellement les essais du moteur Diesel non seulement avec le gaz d'éclairage et les gaz pauvres, mais aussi avec les charbons pulvérisés. dont l'emploi

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

permettrait d'augmenter notablement l'économie de ces moteurs, en même temps qu d'en étendre indéfiniment les applications en variété et en puissance.

LA POSTE PNEUMATIQUE DE NEW-YORK (1)

Le réseau pneumatique de New-York qui, pour le moment, ne s'étend que sur une longueur de 1 200 mètres, entre le Produce Exchange et le General Post Office, est exploité par les appareils du système Batcheller, de Philadelphie.

A la station principale, un compresseur à double effet C (fig. 6) à cylindre de 610 × 500 de course, comprime à la faible pression de $0^{kg},5$ de l'air, qui va, suivant les flèches du transmetteur A, au tube F, puis au récepteur fermé P, d'où il revient par le second transmetteur N, le tube G et le récepteur ouvert B, au réservoir E, ouvert à la pression atmosphérique, dans lequel il se débarrasse de ses poussières et de son humidit avant de retourner au compresseur. Les porteurs (fig. 17), introduits à la main par les transmetteurs dans la canalisation, qu'ils parcourent à la vitesse d'environ $13^{m},50$ par seconde, sont automatiquement déchargés, par les récepteurs, sur une table, au moyen d'un éjecteur que fait fonctionnner la pression même de l'air refoulé par l'avant du porteur.

Les tubes de la canalisation, en sections de $3^{m},60$ de long, ont un diamètre de $0^{m},205$ dans les parties droites et de $0^{m},213$ dans les courbes. Leurs joints au plomb sont (fig. 10) parfaitement ajustés. Les tranchées, profondes de $0^{m},90$ à $2^{m},40$ en moyenne, sont placées autant que possible au milieu de la chaussée, en rachetant les petites déviations par des angles aux joints ne dépassant guère 2° (fig. 9), et des inclinaisons de 1/84 en moyenne. Les coudes, en tubes de laiton sans soudures, ont au moins $2^{m},40$ de rayon, et sont (fig. 11) pourvus de brides en fer soudées.

La figure 8 représente la disposition des tubes au General Post Office pour trois lignes, dont une seule est actuellement en service, et l'on a représenté en figure 12 la sous-station du Produce Exchange.

Les porteurs, de $0^{m},60 \times 0^{m},175$ de diamètre, sont (fig. 14 et 17) en acier de $0^{mm},8$ d'épaisseur, rivés, soudés, avec tampon en cuir et feutre à l'avant, et deux garnitures en fibre, maintenues chacune par deux cornières en acier, dont une rivée au porteur. Ces garnitures peuvent supporter un parcours d'environ 1 600 kilomètres. A l'arrière, le porteur est fermé par une porte à trois verrous radiants, commandés simultanément par une came excentrée, comme pour les portes des boîtes à fumée des locomotives, au moyen d'un levier qui, dans la position de fermeture, est vertical comme sur la figure 14. Dans cette position, le levier est calé par les parois mêmes du tube. Les porteurs pèsent à vide $5^{kg},45$ et, en charge, 7 à 11 kilogrammes, avec environ 600 lettres. On peut les expédier à des intervalles de 10 secondes, ce qui donne une capacité de 3 600 lettres par minute. Dès qu'un porteur est envoyé, il soulève un poids qui ferme l'appareil émitteur ou transmetteur et ne lui permet de se rouvrir qu'après sa chute, dont la durée est réglée par un *dash-pot* au minimum de 10 secondes, de manière à empêcher d'encombrer le tube.

L'appareil transmetteur se compose (fig. 12) essentiellement d'un prolongement du tube, de $0^{m},60$ de long, à brides pouvant former exactement joint avec celles du tube, et tournant autour d'un arc horizontal à $0^{m},60$ au-dessus du tube. Quand on retire le

(1) *Engineering Record*, 23 octobre 1897.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

transmetteur du tube en le faisant ainsi basculer, il rétablit graduellement la continuité du tube par une dérivation, puis on le réintercale de même dans le tube après l'avoir chargé de son porteur. Cette manœuvre, commandée par un petit cylindre à air comprimé, se fait en deux secondes.

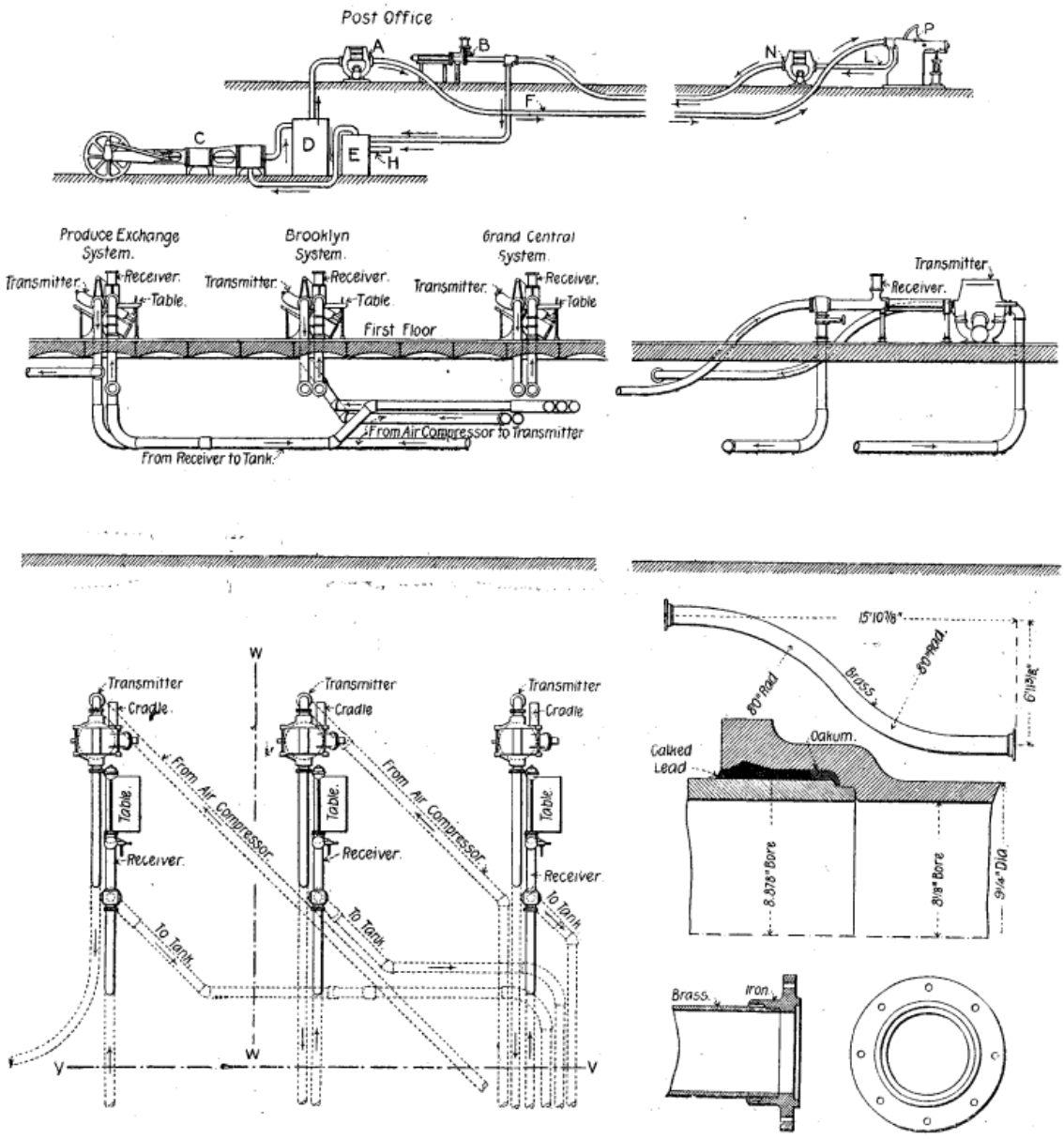


Fig. 6 à 11. Poste pneumatique de New-York. — Dispositions d'ensemble au *General Post Office* et au *Produce Exchange*. Détail d'un joint et d'une bride.

A l'extrémité de son parcours, le porteur pénètre dans le récepteur constitué (fig. 18) par une chambre de 1m,20 de long, disposée dans le prolongement du tube. L'air emprisonné dans cette chambre par l'arrivée même du porteur l'arrête sans choc, mais sans rebondissement, parce que le récepteur est fermé par une soupape qui laisse

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

évacuer l'air refoulé par le porteur. En avant du récepteur, se trouvent des ouvertures par où, aussitôt après le passage du porteur, l'air comprimé du tube passe à l'appareil envoyeur correspondant. Une fois le porteur entré dans le récepteur, le cylindre à air comprimé E fait basculer le récepteur de manière à le séparer du tube, qu'il ferme par C, et à rejeter le porteur sur la plate-forme K, à contrepoids W, suffisant pour le main-

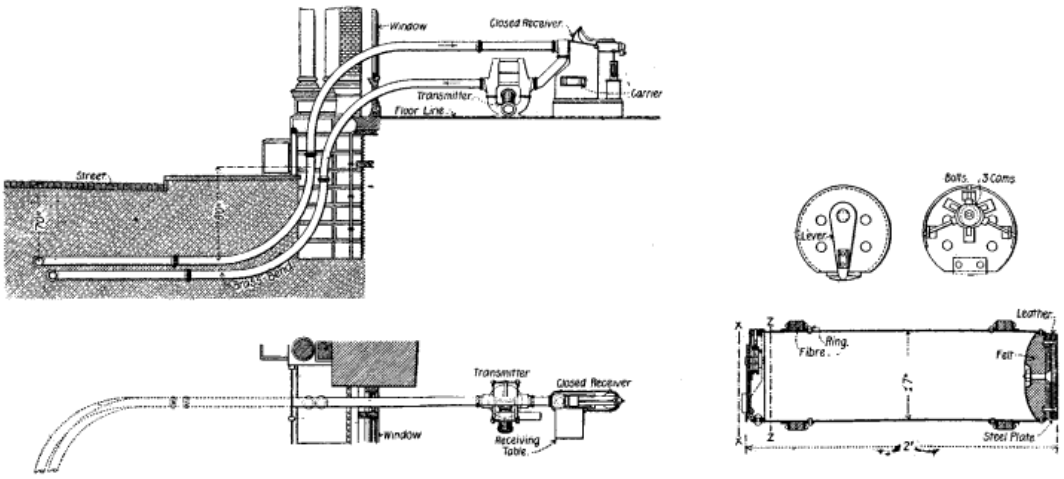


Fig. 12 à 16. — Poste pneumatique de New-York. Sous-station de *Produce Exchange* et détail d'un porteur.

tenir relevé à vide, mais qui le laisse céder à la charge du porteur et le dépose doucement à terre. Quant à la bascule du récepteur, elle s'effectue automatiquement parce que le tuyau G admet l'air refoulé par l'arrivée du porteur au petit cylindre qui commande le distributeur F du cylindre E de manière qu'il lui fasse exécuter cette bascule par l'entrée même du porteur dans le récepteur. La durée de la manœuvre du

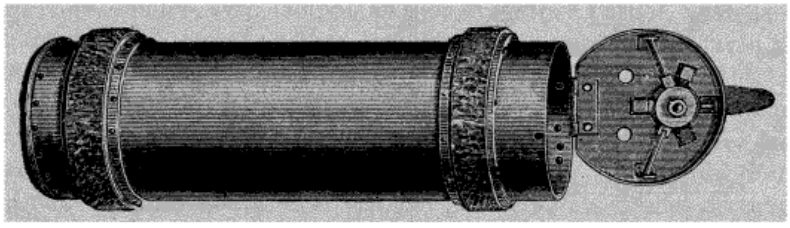


Fig. 17. — Poste pneumatique de New-York. Détail d'un porteur.

récepteur, depuis l'entrée jusqu'à la sortie du porteur, est d'environ trois à quatre secondes.

Au bureau central, la pression dans le tube de retour est extrêmement faible, de sorte qu'on peut en laisser le porteur sortir directement par le mécanisme récepteur très simple représenté par la figure 20. Cet appareil se compose d'une section de tube SB, de 1m,20 de long, fermé par une vanne B. Quand le porteur arrive, dès qu'il dépasse les ouvertures S, l'air qui le suit s'échappe par PV au réservoir de retour E (fig. 6) et l'air confiné par le porteur vers B l'arrête sans choc; puis le piston A du cylindre C,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

actionné comme celui de E, par un distributeur automatique que commande par D l'air refoulé par les porteurs, ouvre la vanne B, qui laisse le porteur, légèrement poussé par la faible pression de l'air, passer dans la chambre ouverte qui suit B, et d'où

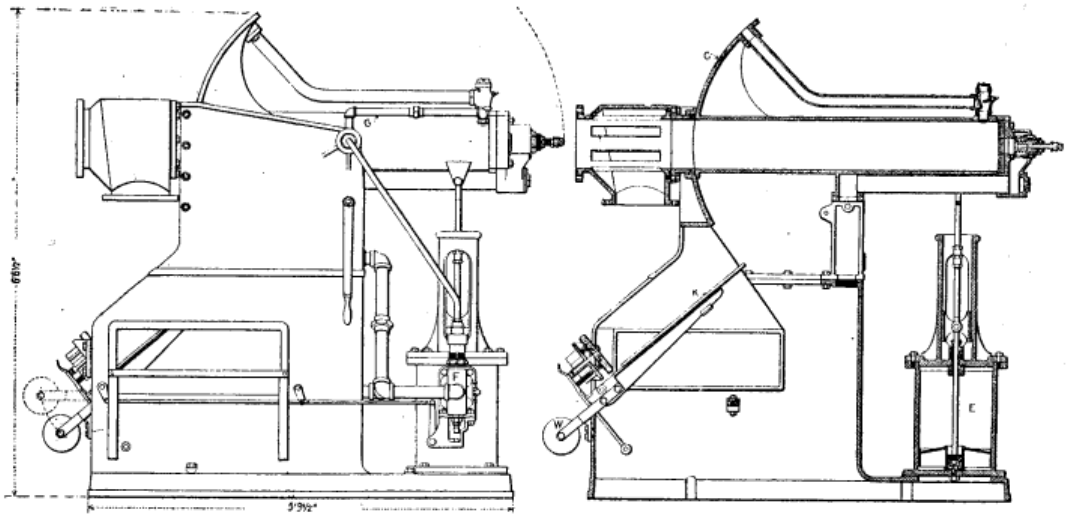


Fig. 18 et 19. — Poste pneumatique de New-York. Détail d'un récepteur.

il tombe sur une table de recette, après avoir amorti son lancé par un tampon de choc. En entrant dans cette chambre, le porteur est soulevé par un loquet F, qui commande le distributeur de C de manière à fermer B. Une vanne V, disposée sur le

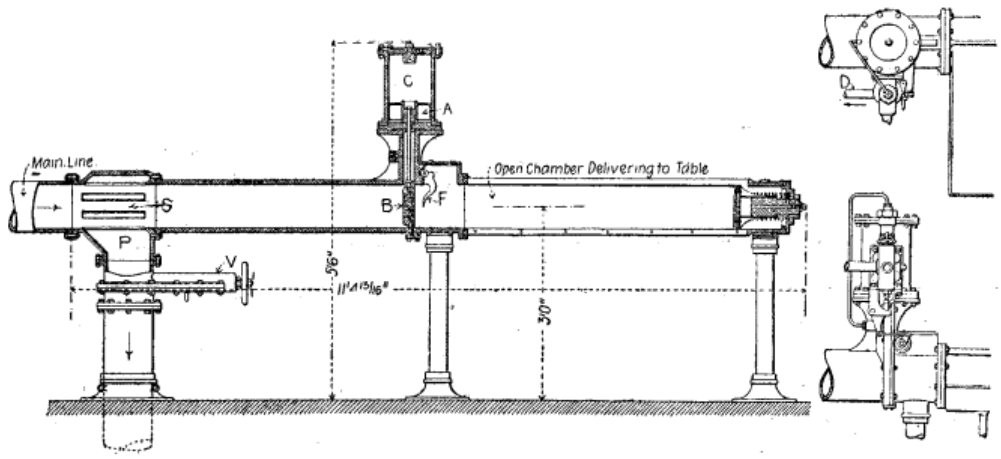


Fig. 20 à 22. — Poste pneumatique de New-York. Réception du poste central.

tube de retour P, permet, en étranglant plus ou moins ce retour, de régler la pression en S de manière à projeter convenablement le porteur dans la chambre de décharge.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MANUTENTION DES CHARBONS DU LAC ÉRIÉ (1)

Les wagons amenés d'une voie surélevée (fig. 23) descendent par la gravité en B, d'où un wagonnet pousseur C, tiré par une chaîne (appelé *disappearing carriage*, et qui disparaît dans une petite fosse par-dessus laquelle passe le wagon avant d'arriver en B, pousse le wagon au basculeur D. Ce basculeur saisit le wagon par des pinces hydrauliques, comme en figure 26, et porte six poches ou *buckets* (fig. 24) qui, au moment de cette prise, se trouvent renversées au-dessus du wagon. Pendant la bascule, le charbon du wagon se vide sans bris dans ces poches qui, ensuite, à la fin du mouvement de bascule, se plongent, comme en figure 27, dans les six trémies du wagon

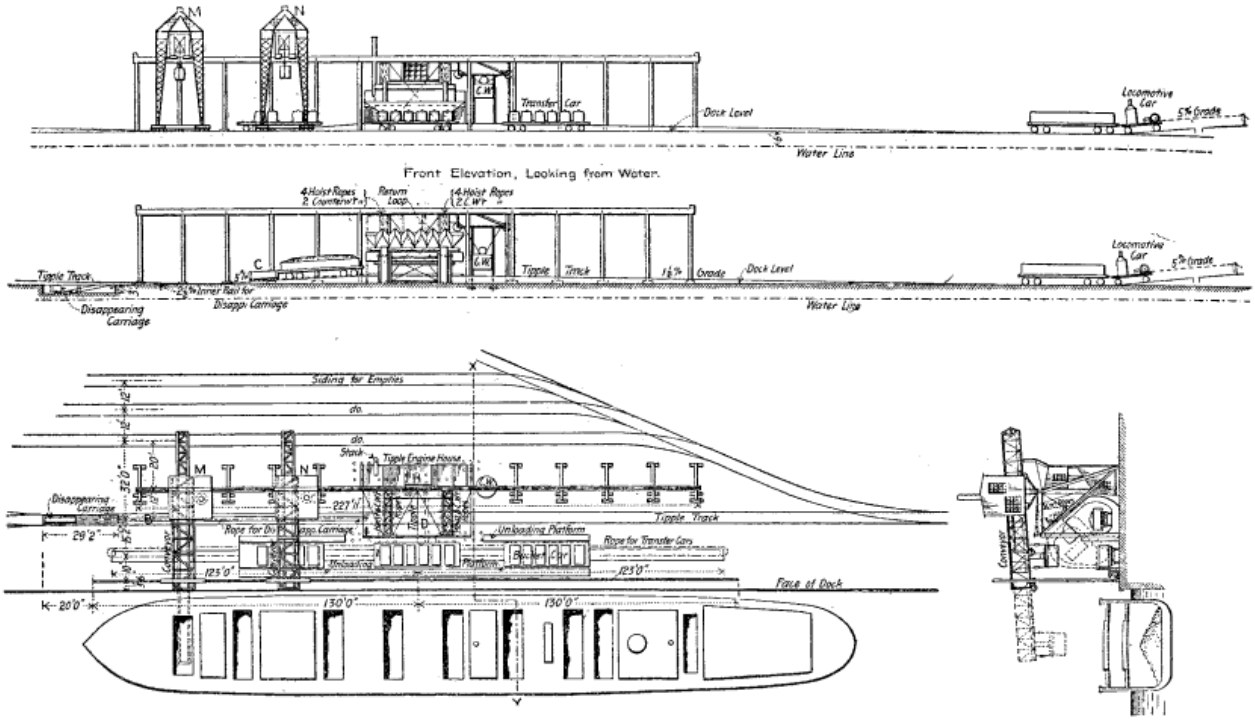


Fig. 23 à 25. — Manutention des charbons au rivage du lac Érié.

de décharge placé sur une voie parallèle à B. Quand les poches du basculeur sont ainsi bien enclavées dans ces trémies, leurs parois inclinées se déclanchent, s'ouvrent et déposent sans choc le charbon dans les trémies, puis le retour du basculeur les ramène à leur position primitive (fig. 26), avec fermeture automatique de leur fonds. Les wagons à trémies sont au nombre de trois, d'une capacité de 36 tonnes chacun — 6 tonnes par trémie — et manœuvrés par un câble.

Le charbon est déchargé de ces trémies dans le bateau par deux grues roulantes M et N, qui peuvent se déplacer indépendamment à la vitesse de $2^{m},5$ à 3 mètres par seconde. Les trémies sont amenées par les bras de ces grues à fond de cale du navire, basculées, puis ramenées au wagon.

(1) *Engineering News*, 7 octobre 1897.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Un seul homme placé en H (fig. 24) commande toutes les manœuvres du basculeur ; chaque grue est dessservie par deux hommes ; l'installation complète occupe neuf ouvriers

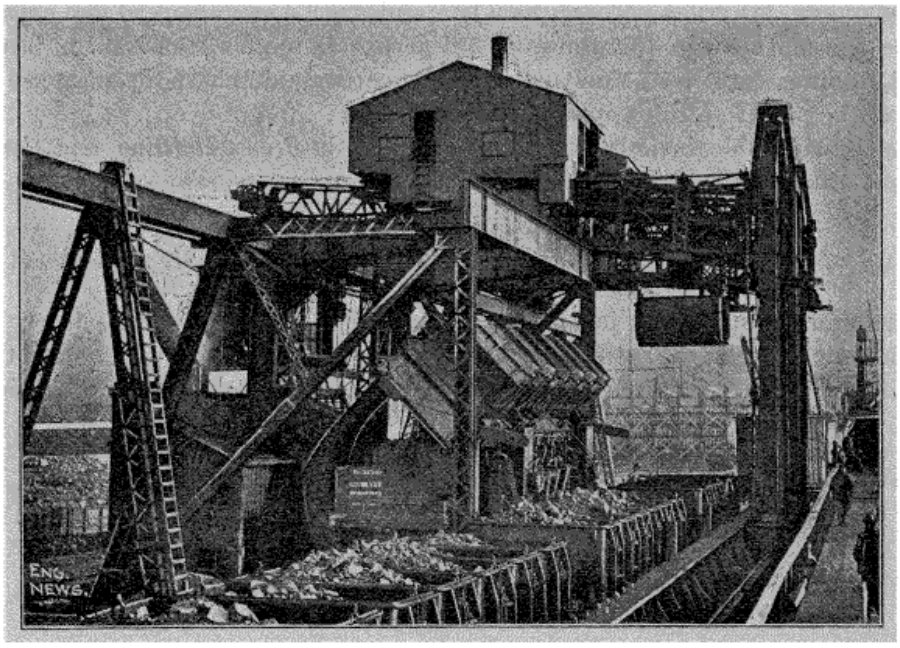


Fig. 26. — Manutention des charbons au lac Érié. Prise des wagons par le basculeur.

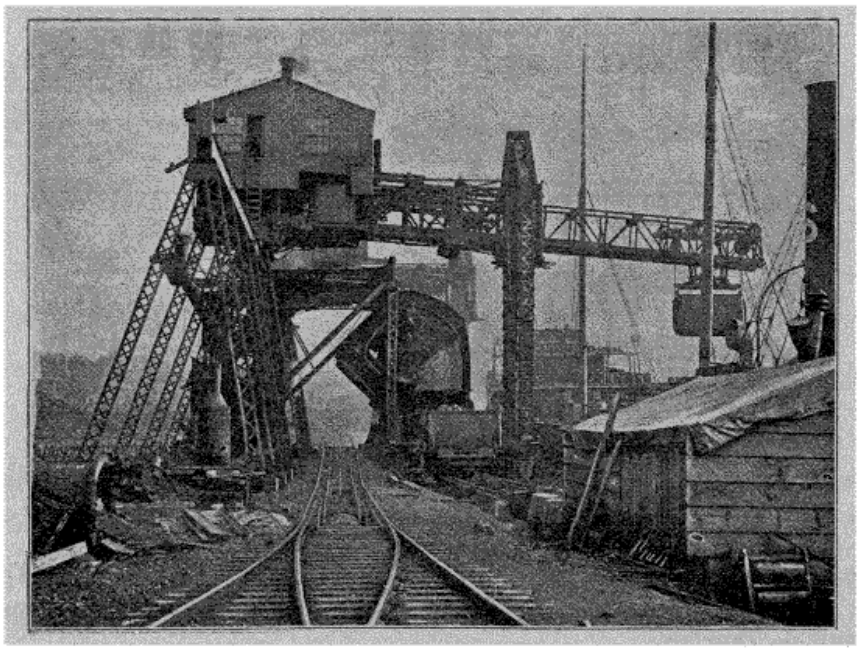


Fig. 27. — Manutention du charbon au lac Érié. Déchargement des wagons par le basculeur.

et un contremaître. La dépense totale : salaires, charbon, huile, amortissement, est d'environ 200 francs par jour. On peut, avec de grands wagons, charger 400 tonnes de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

charbon par heure, au prix d'environ 5 centimes par tonne, mais le basculeur peut manutentionner jusqu'à 900 tonnes par heure si les wagons suffisent à les lui amener et si l'on ajoute les grues nécessaires à leur enlevage. Les wagons, d'une capacité de 30 tonnes, pèsent environ 13 tonnes, ce qui porte à 43 tonnes la charge du basculeur opérant, comme on le voit, sans aucune chute verticale du charbon, qui ne se trouve ainsi presque pas brisé.

Cette remarquable installation a été établie par la *Brown Hoisting and Conveying Machine C°*, de Cleveland (Ohio).

MANUTENTION DES MINERAIS AUX HAUTS FOURNEAUX, D'APRÈS *M. A. Sahlin* (1).

Actuellement, pour tous les hauts fourneaux situés sur des lignes de chemin de fer, l'unité de chargement est le wagon plein de 10 tonnes en Europe, de 25 et 30 aux États-Unis. L'une des méthodes les plus fréquemment employées pour leur décharge-

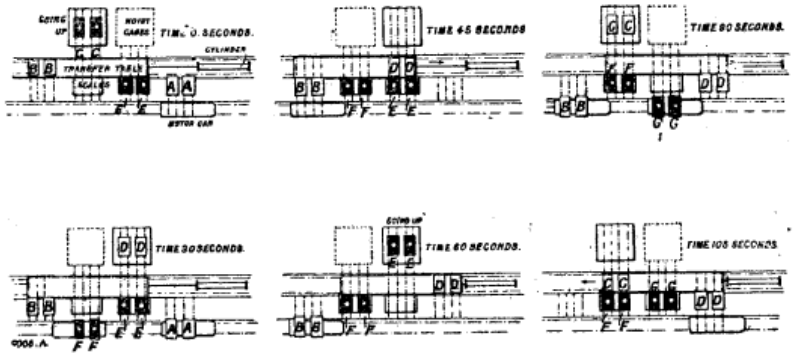


Fig. 28 et 29 (n° 1 à 6). — Manutention des hauts fourneaux de la *Maryland Steel C°*.

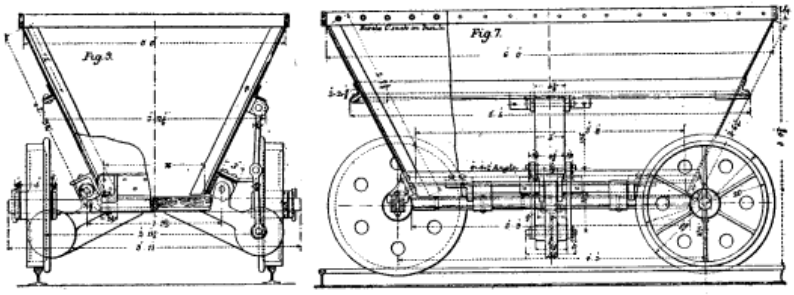


Fig. 30 et 31. — Wagonnets de la *Maryland Steel C°*.

ment consiste à amener ces wagons sur des voies surélevées ou jetées, d'où on les décharge dans des trémies de distribution. On peut citer, entre autres, l'installation bien connue de Dowlais.

Aux forges de la Maryland Steel Comp., à Sparrow-Point, les jetées s'étendent à une longue distance des hauts fourneaux, difficulté dont on a triomphé par l'emploi

(1) *American Institute of Mining Engineers. Meeting* de Chicago (*Engineering News*, 5 août 1897. *Engineering*, 1 octobre 1897).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de l'électricité. Derrière les hauts fourneaux, se trouve une halle de 345 × 30 mètres de large, avec quatre voies sur tréteaux de 6 mètres de haut, et qui se prolongent à 180 mètres au delà. Devant ces voies et la halle, s'étend une voie étroite, encaissée, à câble aérien sous 250 volts, actionnant par trolleys des locomoteurs de 6 chevaux chacun, au nombre de deux par haut fourneau, marqués *Motor Cars* sur les figures 28 et 29 (nos 1 à 6), où l'on a indiqué les wagonnets pleins par des noirs et les vides par des blancs. Les wagonnets AA (n° 1) passent sur le locomoteur (n° 2) d'où ils sont roulés sous les deux trémies correspondantes, qui les chargent en EE′; de là, ils vont se faire

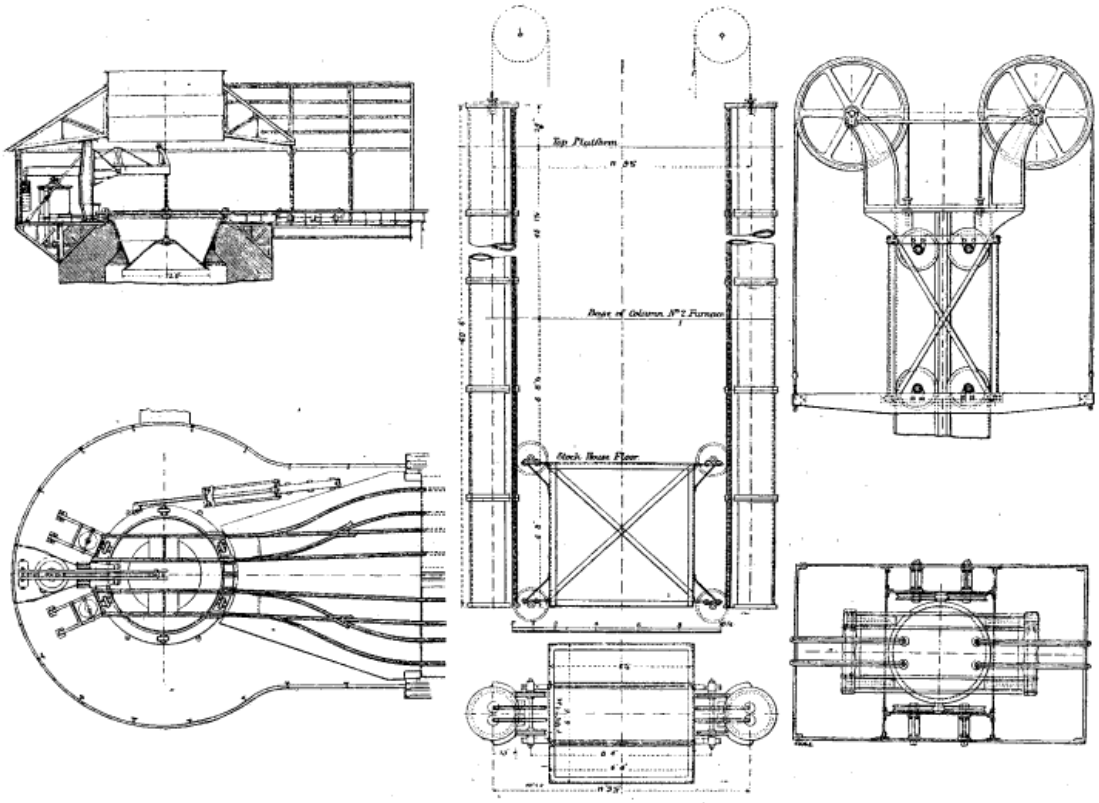


Fig. 32 à 37. — Manutention à la *Maryland Steel C°*. Décharge des gueulards et monte-charges *Fritz*.

peser en FF (n° 3), puis, montés par la grue suivant les opérations indiquées des figures n° 1 à n° 6, opérations effectuées grâce à l'emploi d'une table transbordeuse. (*Transfer Table*) manœuvrée par l'air comprimé, et qui porte six paires de rails transversaux, écartés de manière, qu'à chaque fin de course de la table, quatre de ces voies correspondent à celles des bascules et des grues et deux avec celles du retour des wagonnets vides. Un peseur, deux aides et deux gamins aux locomoteurs suffisent pour alimenter ainsi un haut fourneau de 10000 tonnes par mois, faisant jusqu'à 392 tonnes en vingt-quatre heures. Les wagonnets (fig. 30) à fonds s'ouvrant et maintenus par un enclenchement très simple, ont: ceux à coke, une capacité de $1^{m3},56$ et ceux à minerai $0^{m3},85$. Une opération complète : chargement, déchargement et retour à vide

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'un transbordeur, avec quatre wagonnets, exige de deux à deux minutes et demie. Les wagonnets sont amenés sur une plaque tournante à deux voies (fig. 32) au-dessus du gueulard du haut fourneau, qu'un cylindre à air comprimé tourne, à chaque décharge, d'un huitième de tour, pour assurer une répartition uniforme des charges; puis un autre cylindre soulève l'une des extrémités de la voie qui porte le wagon déchargé de manière à le renvoyer à la voie de retour. Chaque gueulard est desservi

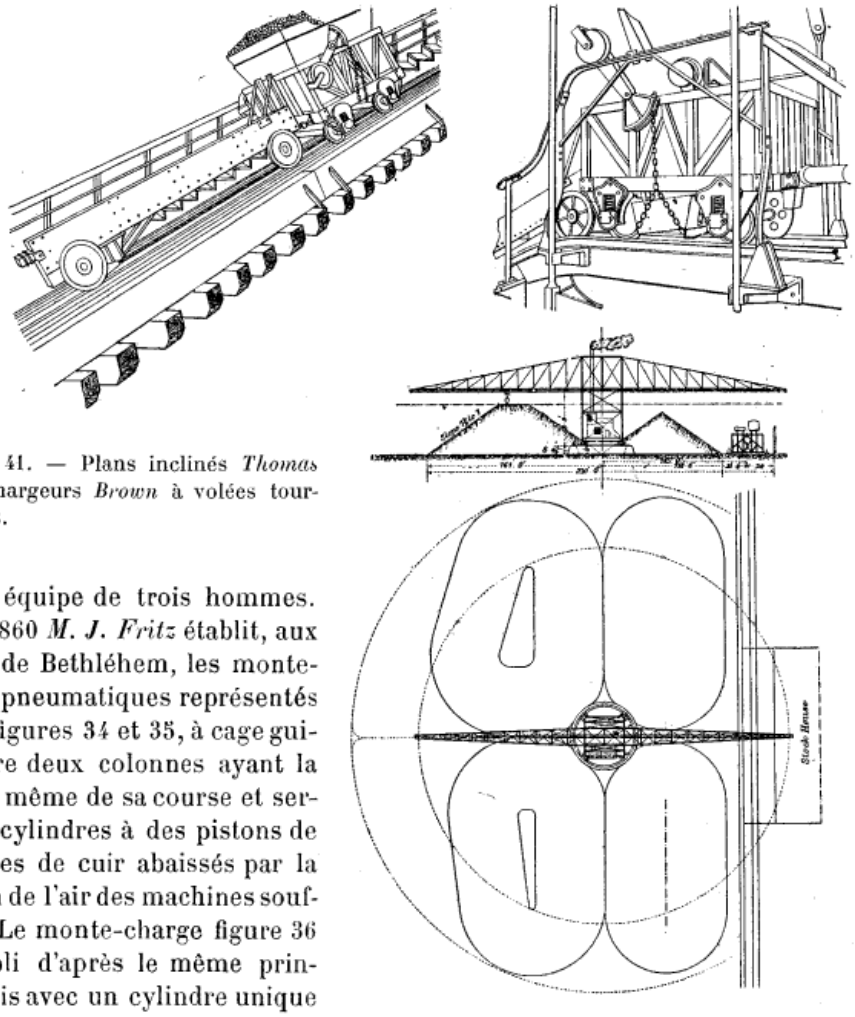


Fig. 38 à 41. — Plans inclinés *Thomas* et déchargeurs *Brown* à volées tournantes.

par une équipe de trois hommes.

En 1860 *M. J. Fritz* établit, aux aciéries de Bethléhem, les monte-charges pneumatiques représentés par les figures 34 et 35, à cage guidée entre deux colonnes ayant la hauteur même de sa course et servant de cylindres à des pistons de garnitures de cuir abaissés par la pression de l'air des machines soufflantes. Le monte-charge figure 36 est établi d'après le même principe, mais avec un cylindre unique et central. Ces monte-charges verticaux à air comprimé, supérieurs aux anciens types à vapeur, ont été remplacés par des appareils à vapeur perfectionnés; puis, dans les grandes productions actuelles, on a dû renoncer à élever verticalement à 25 ou 30 mètres des charges de 1 600 tonnes par vingt-quatre heures, avec retour de leurs wagonnets vides, et remplacer les monte-charges verticaux par des plans inclinés à grands wagons, amenant à chaque passe d'énormes charges, dont la distribution est faite automatiquement au gueulard par une double trémie. Aux forges de Lebanon, un plan incliné à voie de $2^{m},30$ de large et de 91 mètres de long dessert un haut fourneau de 30 mètres de haut par une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

trémie de $2^m,55$ de diamètre sur $2^m,30$ de haut, au-dessus de la cloche du gueulard. Ce plan, actionné par un treuil à vapeur rivé à l'enveloppe du haut fourneau, monte sa charge en deux minutes.

Le chargeur *Thomas*, installé aux Pioneer Furnaces, emploie des wagonnets pouvant porter environ 900 kilos de coke et 2 900 kilos de minerai, chargés sous des jetées à trémies à 45 mètres du haut fourneau, puis montés par une voie de $0^m,75$ sur un plan incliné de 25°, où ils sont poussés par un truck roulant sur une voie intercalaire de $0^m,56$ et tiré par un câble (fig. 38). Arrivés au-dessus du gueulard, les contrepoids du wagonnet rencontrent (fig. 39) des buttoirs qui les relèvent de manière à laisser

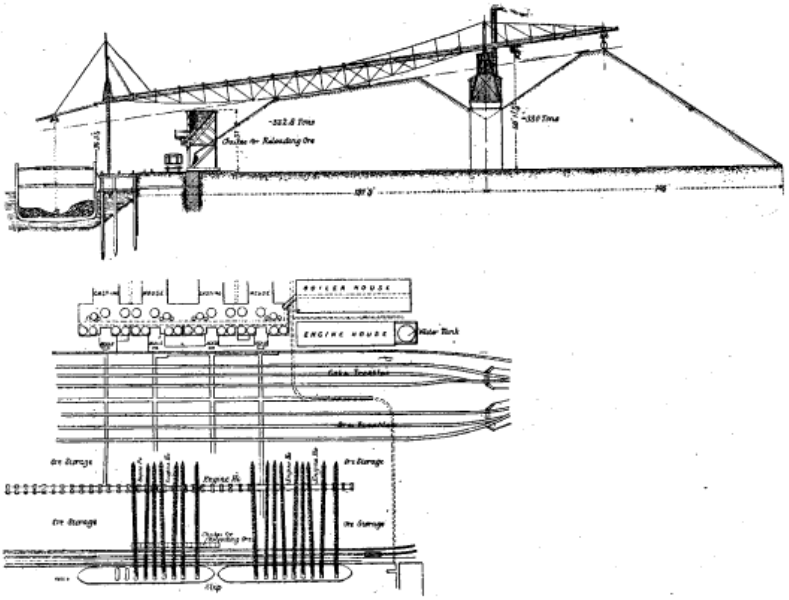


Fig. 42 et 43. — Déchargeurs *Brown* à volées parallèles de l'*Illinois Steel Co*.

le fond du wagonnet s'ouvrir et se décharger, pour les refermer ensuite automatiquement au retour. On peut ainsi monter facilement 5 500 tonnes par semaine. On a récemment employé avec succès, et pour de très grands débits, des plans inclinés à double voie, notamment dans l'installation des hauts fourneaux de Duquesne.

Pour les hauts fourneaux installés auprès des voies navigables, on emploie presque universellement aux États-Unis les appareils de la Brown Hoisting C° à volée tournante (fig. 40), très puissants, simples et d'un prix peu élevé. Aux Illinois Steel Works, Chicago, une de ces machines à volée parallèle (fig. 42) décharge et transporte à 85 mètres du bateau jusqu'à 600 tonnes de minerai en dix heures avec un personnel de huit hommes. En septembre 1894, neuf de ces machines, attaquant à la fois les neuf écoutilles d'un navire de 4569 tonneaux, l'ont vidé en onze heures, avec un personnel de soixante-quinze hommes, dont soixante-trois dans le navire et douze aux machines. Ces machines sont actionnées à l'électricité ou par la vapeur.

On emploie fréquemment, surtout en Europe, pour les longs transports et l'enlèvement des scories, des câbles à portées de 100 à 120 mètres, qui franchissent facile-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ment les terrains les plus accidentés. A la Buffalo Furnace C°, ces câbles manipulent jusqu'à 3 000 tonnes de minerai par jour, distribuées jusqu'à 600 mètres du rivage.

A Duquesne, les transbordeurs, commandés par l'électricité, ont une portée de 70 mètres, couvrant le sol de décharge à une hauteur de 17m,50 et prolongée par une volée de 10 mètres au-dessus des voies. La décharge des minerais des wagons sur le sol se fait par des bennes culbuteuses automatiques, et leur chargement aux trémies des hauts fourneaux par des écopes automatiques. La capacité de chaque grue est de 1 500 à 2 000 tonnes par dix heures.

L'extrême facilité avec laquelle l'électricité s'applique aux machines les plus diverses et se transporte aux points les plus dispersés d'un chantier l'a fait adopter dans un grand nombre de forges pour le transbordement et le levage, le cassage des fontes, le tamisage des minerais, etc., isolément ou avec le concours des appareils à vapeur, et en procurant une grande économie de main-d'œuvre et de temps.

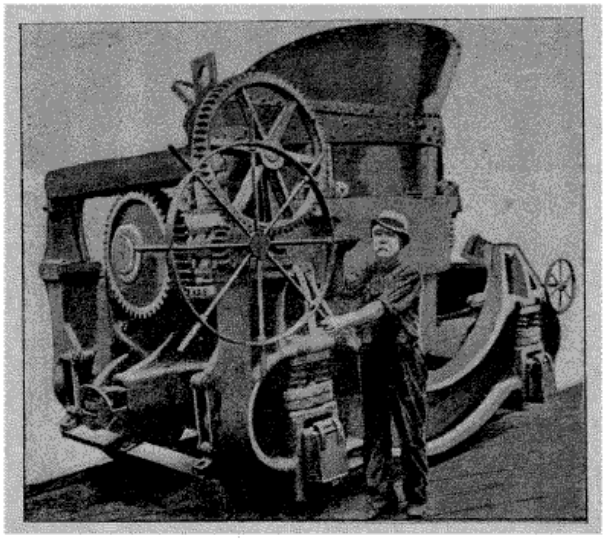


Fig. 44. — Poche de coulée de la *Maryland Steel Co.*

La manutention a fait moins de progrès dans la *halle de coulée*. Lorsque le haut fourneau fait partie d'une aciérie, l'on fait souvent la coulée directement dans une poche (fig. 44) qui apporte la fonte en fusion au Bessemer.

A Dowlais, l'on emploie, pour briser les fontes, l'appareil représenté par les figures 45-47. La planche de gueuses, de 2 et demi à 3 tonnes, est posée par une grue hydraulique sur l'enclume *a* et le bogie *h*, avancée de trois en trois gueuses par le poussoir hydraulique *k*, sous le casseur hydraulique *bc*, à trois têtes *eee*, qui brise successivement les trois gueuses en leur milieu, puis au marteau *r*, qui casse les côtés de la planche. Quatre hommes suffisent pour la halle de coulée de deux hauts fourneaux produisant 400 à 450 tonnes par jour, grâce au remplacement de la manutention de gueuses de 30 à 50 kilogrammes par celle de planches de 3 tonnes.

Aux forges de la Maryland Steel C°, l'on emploie, pour fermer le trou de coulée, l'appareil de *M. S. Vanghen*, composé d'un cylindre à air comprimé (fig. 48) dont le piston refoule au travers d'un tube, et dans le trou de coulée, après en avoir été rapproché par une grue, l'argile nécessaire pour le fermer.

L'on a beaucoup cherché, dans ces derniers temps, à réaliser la coulée continue des hauts fourneaux au moyen de *transbordeurs mouleurs;* celui de *Uehling*, analogue à l'appareil de Langhlin (1) employé aux foyers de Lucy (Pittsburg) fig. 51, a deux chaînes mouleuses de 27 mètres de long, marchant à la vitesse de 4m,50 par minute, avec poches versant alternativement la fonte dans une chaîne puis dans l'autre. Le trajet dure six minutes, au bout duquel les gueuses sont suffisamment refroidies par

(1) *Bulletin* d'août 1897, p. 1155.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rayonnement et arrosage pour être transmises à un conveyeur, qui les passe dans un baquet d'eau et les porte directement au wagon de chemin de fer. Les moules sont en fonte grise de $560 \times 300 \times 180$ et de 20 millimètres d'épaisseur, et peuvent supporter quarante-cinq jours de travail continu, avec un débit allant jusqu'à 729 tonnes par jour. Le conveyeur est en tôle d'acier de 13 millimètres d'épaisseur, rivée sur chaînes. On peut espérer, avec ces machines, économiser la main-d'œuvre coûteuse et encombrant

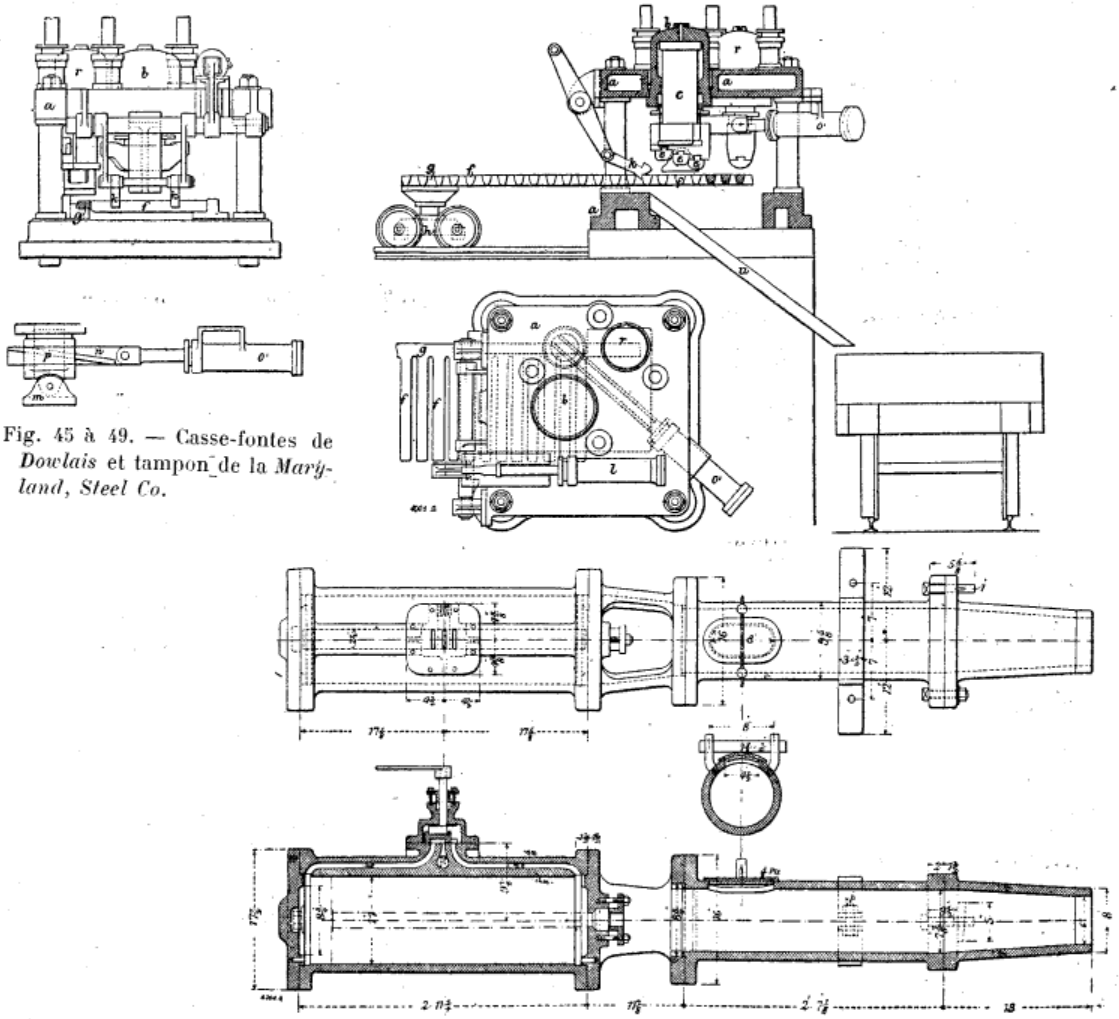


Fig. 45 à 49. — Casse-fontes de *Dowlais* et tampon de la *Maryland, Steel Co.*

des halles de coulées actuelles. En outre, elles donnent des fontes sans sable, très avantageuses pour les fours du procédé basique et de pudlage, dont elles ne détruisent pas le garnissage, permettant de donner aux fontes leur teneur maxima en silice et d'employer des fontes qui ne sauraient être utilisées avec la moindre addition de sable. Au Bessemer, ces fontes réduisent la proportion de scories, le travail et la dépense de combustible. A poids égal, la fonte coulée dans des moules métalliques vaut, par tonne, au moins 1 fr. 25 de plus que celle coulée en sable.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Fig. 50 à 54. — Poche de coulée *Weiner*. Transbordeur mouleur *Uehling* et transporteur de lingots *Howden*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La manutention des laitiers et scories des hauts fourneaux se fait aujourd'hui très économiquement, notamment par les poches à bascule de *Weimer* (fig. 50), d'une capacité de 5^{m3},70, avec garnissage réfractaire ou en douilles de fonte très résistantes. Le conveyeur pour laitiers de *Howden* se compose (fig. 53) d'une chaîne de plateaux en fonte peu profonds, divisés chacun en trois sections, portés par deux essieux et s'imbriquant aux extrémités de façon à former comme une courroie continue. Le conveyeur à 30 mètres de long ; ses premiers 7^{m},50 sont horizontaux, puis il s'abaisse pour traverser un réservoir de 7^{m},50 de long, dont l'eau entoure ses plateaux sans y pénétrer de manière à refroidir le laitier sans ébullition, puis, pendant les 15 derniers mètres, le conveyeur élève le laitier, arrose d'eau la croûte formée pendant son premier refroidissement, jusqu'au wagon où il se décharge à l'état granuleux. Au retour le conveyeur passe sous le réservoir et revient refroidi au bac de coulée (1).

GRIP POUR FUNICULAIRES *Bleichert* (2)

Dans le chariot A (fig. 55), qui roule sur le câble porteur, se trouve guidé verticalement le bloc B, auquel la charge est suspendue par E D, et B est lui-même suspendu

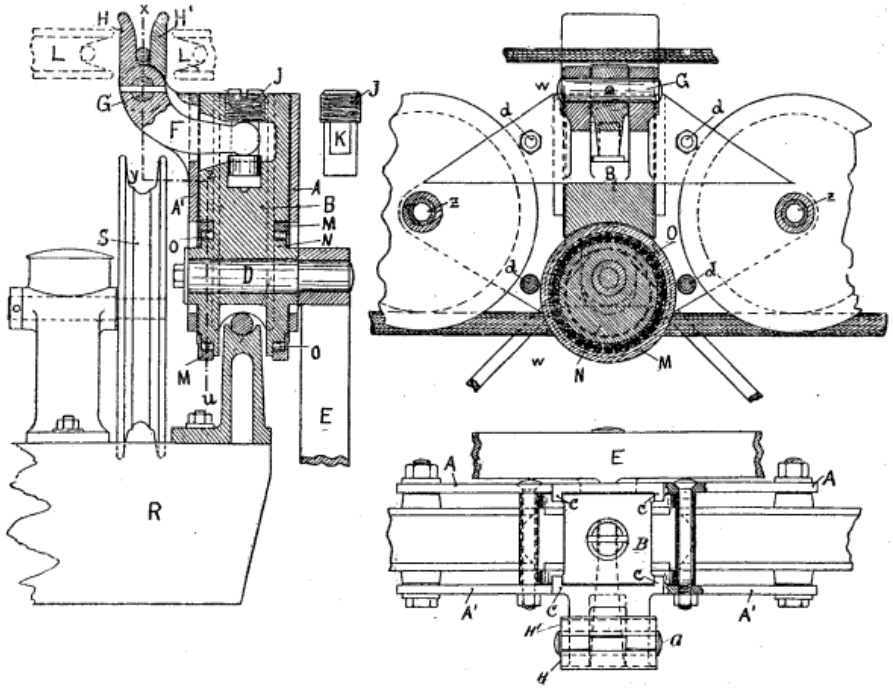


Fig. 55 à 57. — Grip *Bleinchert* en dessus.

au levier T, articulé en G sur A, et qui saisit le câble tracteur entre son petit bras H et sa contre-partie H', fixée sur A. Ce levier exerce ainsi sur le câble tracteur une pression égale à trois ou quatre fois la charge du câble porteur et plus que suffisante pour

(1) Voir aussi l'article de *M. H. J. Slifer* « Iron Ore Loading on the american great Lakes » *Engineering Magazine*, novembre 1897, p. 275).

(2) *Bulletin* de novembre 1894, p. 829.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

en assurer le remorquage dans les courbes et sur les pentes. En outre, le bloc B porte deux couronnes à roulements sur billes M et O, excentrées par rapport à D, et qui, à l'extrémité du parcours où le chariot quitte le câble pour le rail P (fig. 59) montent sur les gardes Q, de manière à soulever P et à ouvrir, comme en figure 58 et en $x\,x'$ (fig. 59)

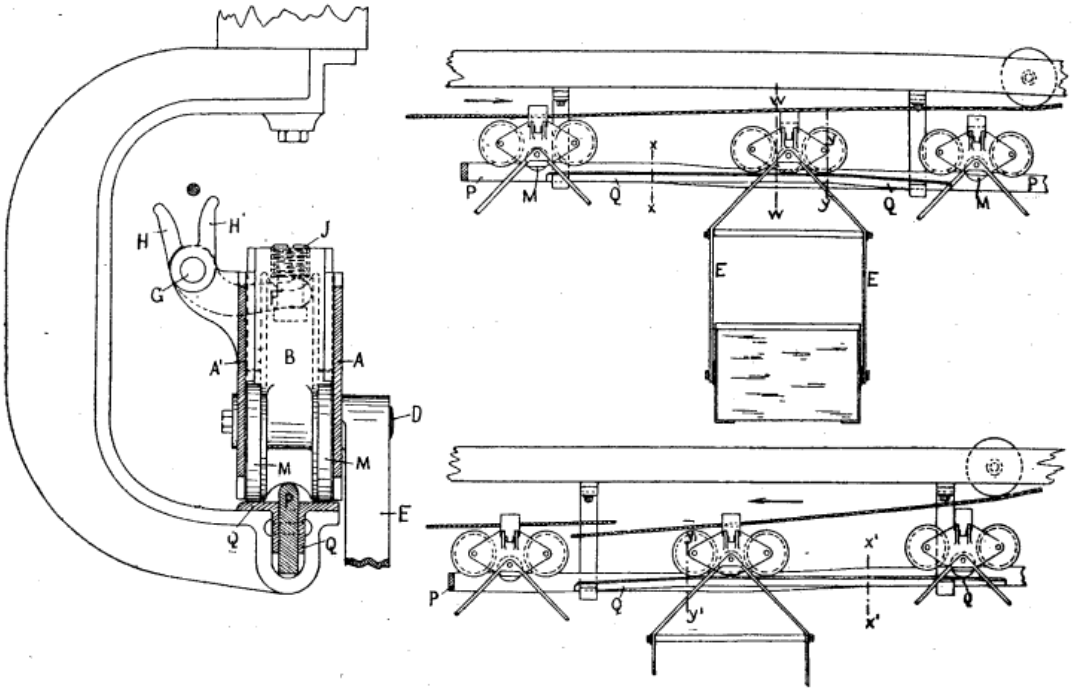


Fig. 58 à 60. — Grip *Bleichert* en dessus. Détail du fonctionnement.

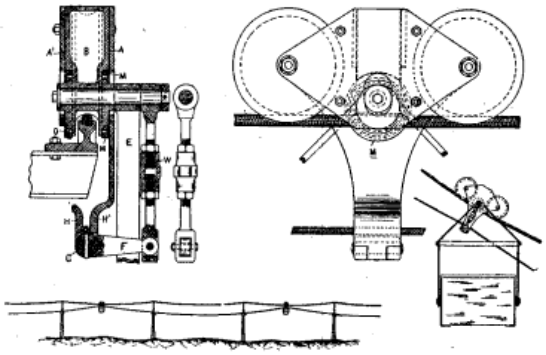


Fig. 61 à 64. — Grip *Bleichert* en dessous.

la pince H H′, pour lâcher le câble tracteur; après avoir vidé le chariot, il revient (fig. 60) au câble tracteur de retour, qu'il saisit en passant de la position $x'\,x'$ à $a\,y'\,y'$, pour passer de P au câble porteur de retour.

Les figures 61 représentent l'application de ce même principe à un grip placé sous le câble porteur et réglable en w.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ROULEMENT SUR GALETS *Thierry*

La principale caractéristique de ce système est le remplacement des lanternes ordinairement employées pour maintenir la séparation des galets A (fig. 65) par des rondelles D,

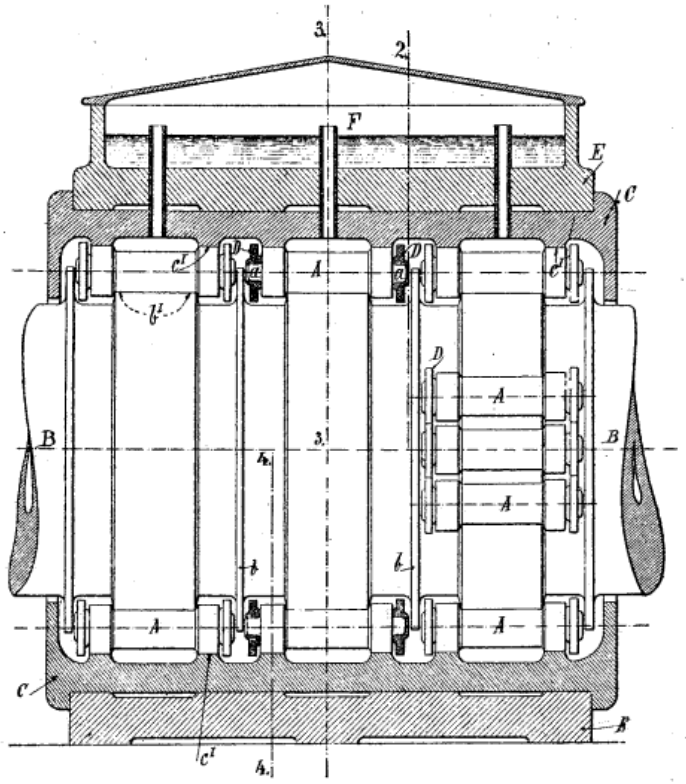


Fig. 65. — Roulement sur galets *Thierry*.

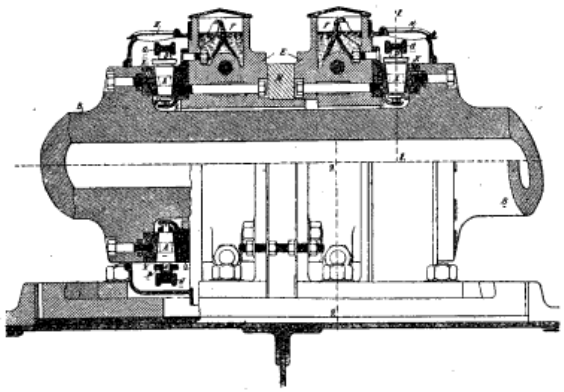


Fig. 66. — Palier de butée *Thierry*.

se touchant et folles sur des fusées de petit diamètre a, de manière à conserver l'indépendance des galets et à faciliter la division des roulements en groupes de petits galets,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

— trois groupes en figure 65 — d'un ajustage plus facile que les longs galets. En outre, le galet A roule sur son arbre B par une portée de diamètre plus petit que celles c, par

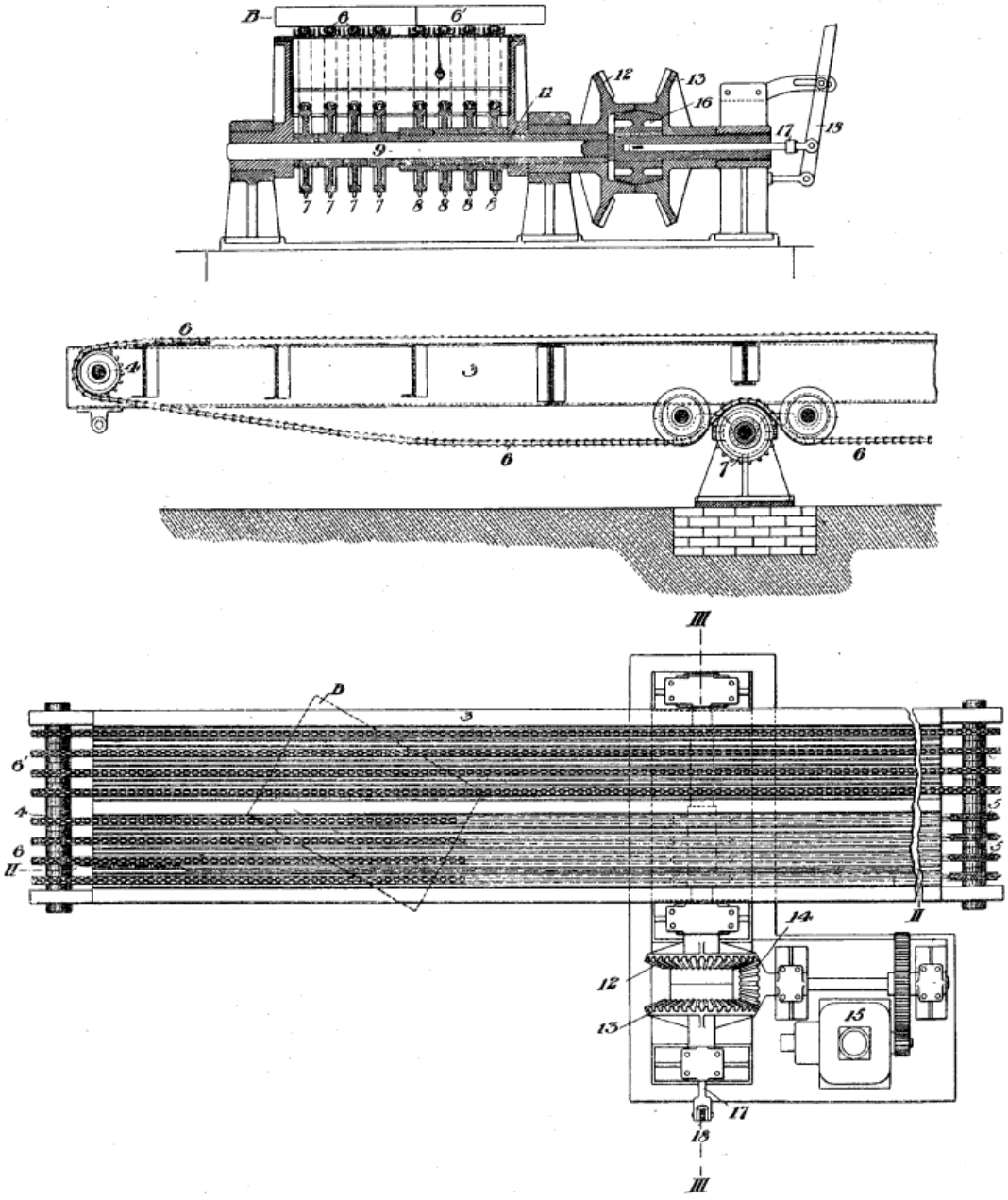


Fig. 66 à 68. — Table de laminoir *Potter*. Coupes III-III, II-II et plan.

lesquelles il roule sur son coussinet C, et dans le rapport $\frac{C'}{A} = \frac{C,}{B}$ ce qui permet de répartir également l'usure entre B et C, en proportionnant convenablement la longueur des portées de c et de A.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La figure 66 représente l'application des rondelles D, accompagnées de cercles de retenue G, à une double butée K, roulant sur cônes A et ajustée par la fourrure M.

TABLES DE LAMINOIR *Potter* ET *Huber*.

Les lingots déposés sur la table de *Potter* sont (fig. 66) transportés par deux cours de quatre chaînes chacune, 6 et 6', commandées par des pignons 7 et 8 calés, les uns sur l'arbre 9, les autres sur le manchon 11. Quand on amène, par le levier 18, l'embrayage 17-19 en prise avec le pignon 12, solidaire de 11, les pignons 7 et 8 et leurs chaînes marchent tous dans un même sens réversible par le moteur 15. Lorsqu'on

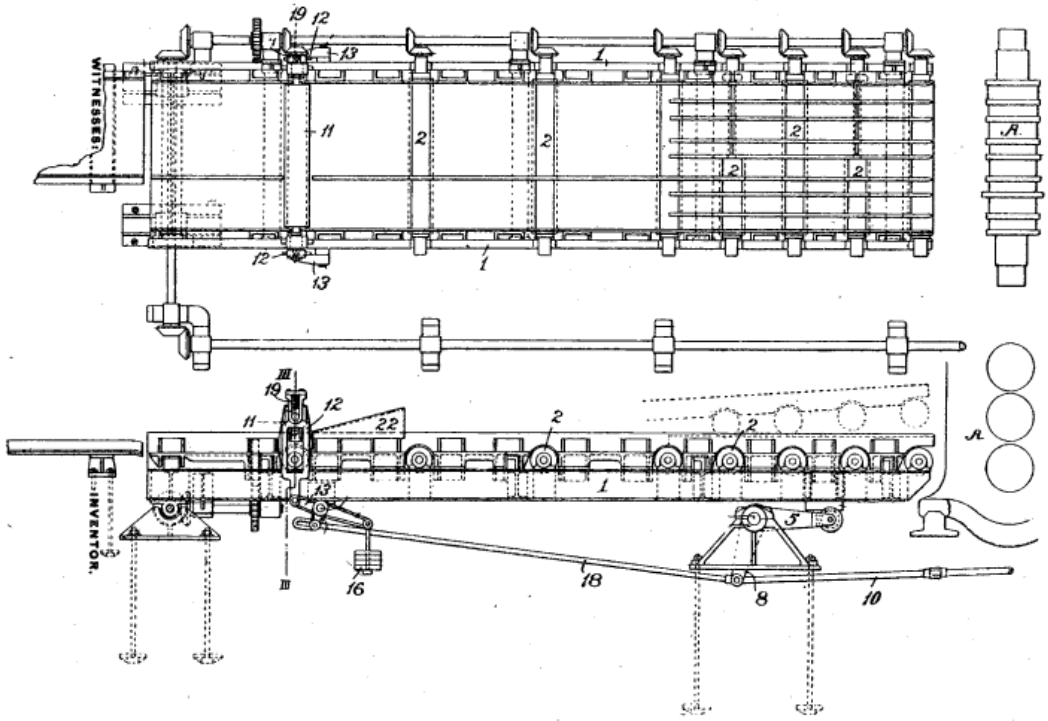


Fig. 69 et 70. — Table de laminoir *Huber*. Plan et élévation.

embraye 16 avec 13, fou sur 9, ces chaînes marchent en sens contraire, ce qui permet de tourner la plaque B. Enfin, quand on débraye 16 de 12 et de 13, les pignons 8 marchent seuls. Dans cet appareil, les chaînes sont toujours en tension.

La table de *Huber* (1) est étudiée spécialement en vue de faciliter l'alimentation des petits fers trop légers pour être avancés sûrement par l'adhérence due à leur seul poids sur les galets ou rouleaux avanceurs (fig. 2). A cet effet, à une certaine distance du laminoir H, se trouve une cage 12, avec un rouleau supplémentaire 11. Quand, après plusieurs passes, la barre ou le plat s'est allongé au point d'arriver en 12, il est, au sortir du laminoir, engagé par le capuchon 22, qui en rabat l'extrémité entre les

(1) *Bulletin* de juillet 1897, p. 1007.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rouleaux 11 et 2 de 12, alors séparés par le contrepoids 16. Au retour, on soulève par 10,8 et 5, la table dans la position pointillée, au niveau du troisième cylindre de A, ce qui a pour effet d'abaisser par 18, 13, le rouleau 11 sur son avanceur 12, sur

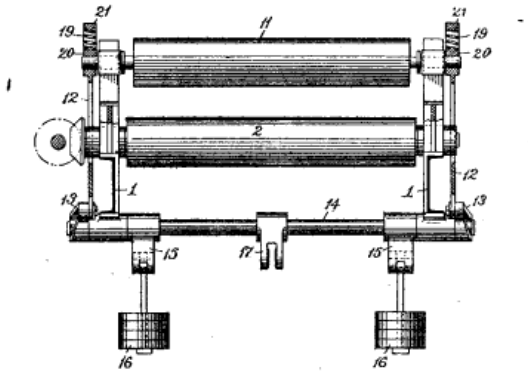


Fig. 71. — Table de laminoir *Huber*. Coupe 19-12 (fig. 69).

lequel il presse la barre avec une charge limitée par les ressorts 19 de manière à l'avancer fermement sur le laminoir. Cette avance est, en outre, facilitée par la multiplication des rouleaux d'avant du côté des dernières passes où ils sont triplés dans le cas actuel.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

PROCÈS-VERBAUX

Séance du 23 juillet 1897.

Présidence de *M. Mascart*, président.

M. Troost présente, au nom du *Comité des Arts chimiques*, une notice nécrologique sur notre très regretté collègue, *M. Schutzenberger* (p. 1025).

MM. Collignon et *Aimé Girard* présentent au Conseil, avec remerciements aux donateurs, les ouvrages mentionnés à la page 1016 du *Bulletin* de juillet.

Nomination de membres. — Sont nommés membres de la Société :

MM. Prioux, fabricant de papier, 47, quai des Grands-Augustins, présenté par *M. Belin*.

A. Liebaut, ingénieur directeur des cristalleries de Baccarat, présenté par *M. Davanne*.

Boileau, industriel à la Rochère, présenté par *MM. Sauvage* et *H. Le Chatelier*.

Montupet, ingénieur constructeur à Paris, et l'*Association des anciens élèves du cours de dessin industriel d'Anzin*, présentés par *M. G. Richard*.

Rapports des comités. — Sont lus et approuvés les rapports suivants :

Au nom du *Comité des Arts mécaniques*. Rapports de *M. Diligeon* sur le système d'*Étau à serrage différentiel complémentaire* de *M. L. Simon* et sur la *Scie à métaux* de *M. Vinsonneau*. Rapport de *M. E. Sauvage* sur la *Distribution de M. Guédon*.

Au nom du *Comité des Arts économiques*. Rapport de *M. Violle* sur la *Lampe à acétylène* de *M. Gossart*.

Ces rapports ont été publiés au *Bulletin* d'août 1897, p. 1030-1037.

Séance du 12 novembre 1897.

Présidence de *M. Mascart*, président.

Correspondance. — *MM. Collignon* et *Aimé Girard* dépouillent la correspondance.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. A. Gruet, à Vaison (Vaucluse), soumet à la Société un appareil permettant d'*arrêter rapidement les trains* à grande vitesse. (Arts mécaniques.)

L'Association des mécaniciens de Suisse demande que la Société veuille bien se faire représenter à une réunion qui se tiendra à Zurich afin de fixer le programme d'une conférence internationale pour l'unification *des filetages et des jauges*. Le Comité délègue, à cet effet, *MM. Linder* et *Sauvage*, membres du *Comité de Mécanique*.

M. Rodanet appelle l'attention de la Société sur l'*École d'horlogerie de Paris*. (Commerce.)

M. Bessat, 6, rue Sevestre, présente un projet de *bibliothèque française des Catalogues du Commerce et de l'Industrie*. (Commerce.)

M. Bèche, passage Tourraque, demande une annuité de brevet pour un *propulseur*. (Arts mécaniques.)

M. E. Lambert, 131, rue de Reuilly, présente à la Société ses nouvelles *presses typographiques et en couleur*. (Beaux-Arts.)

M. Honoré, 2, quai des Célestins, présente, pour être déposés aux Archives : deux mémoires, sur le *Budget de la France* et sur *un moteur électrique*.

M. Mélin remercie la Société de l'annuité de brevet qui lui a été accordée pour son procédé d'*impression sur celluloïd*.

M. Ch. Montreuil, à Honfleur, présente une étude sur l'*emploi de la puissance vive comme force motrice*. (Arts mécaniques.)

M. L. Aubert, au Moulin-Haut, par Sainte-Féréol (Corrèze), présente un *niveau de pente à fil à plomb*. (Constructions et Beaux-Arts.)

M. Mendon présente un mémoire sur l'*unification des pas et dimensions des dents d'engrenages*. (Arts mécaniques.)

CORRESPONDANCE IMPRIMÉE. — MM. les Secrétaires présentent au Conseil avec remerciements aux donateurs, les ouvrages mentionnés à la p. 1539 du présent *Bulletin*.

DÉCLARATION DE VACANCE. — *M. Collignon* déclare une vacance ouverte au *Comité des Arts mécaniques* par suite du décès de *M. de Comberousse*.

NOMINATION DE MEMBRES DE LA SOCIÉTÉ. — Sont nommés membres de la Société :

M. A. Hartmann, manufacturier à Munster, présenté par *M. E. Simon*.

M. Ch. Georgeot, publiciste, présenté par *M. E. Simon*.

M. Viallet (Marius), ingénieur civil à Grenoble, présenté par *M. G. Richard*.

M. Mandon, ingénieur, présenté par *MM. Kreutzberger* et *G. Richard*.

COMMUNICATION. — *M. Pegat* fait une communication relative au *Brûleur antiseptique « Guasco »*, destiné à *produire des aldéhydes formiques*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On sait que, pour le plus grand nombre des médecins, les aldéhydes formiques constituent un désinfectant puissant. Ces aldéhydes ont fait l'objet des études de nombreux savants et notamment du Dr Miquel, directeur de l'observatoire municipal de Montsouris.

Les appareils soumis à la Société sont basés sur le principe de la lampe sans flamme des laboratoire de chimie, dans laquelle l'aldéhyde formique est produite par la comburation des vapeurs d'alcool méthylique au contact d'une plaque de platine.

Après avoir remarqué que ces sortes de lampes: 1° sont d'un usage coûteux à cause de la nécessité où l'on se trouvait de les alimenter avec de l'alcool à 90° au moins sous peine de les voir s'éteindre ; 2° produisent, en même temps que les aldéhydes, une notable quantité d'*acide formique* (produit trop caustique) par suite de la nécessité de surchauffer les vapeurs afin d'entretenir au rouge le platine, M. Guasco a remplacé le platine par un corps poreux dans lequel il a incorporé à dose infinitésimale des métaux de la série du platine.

Le corps obteuu ainsi a une puissance d'absorption beaucoup plus élevée que le platine.

Pour le démontrer, M. Pegat fait l'expérience suivante. Il passe au rouge vif des plaques du produit présenté et projette ensuite sur ces plaques un jet de gaz d'éclairage à froid. Ce jet est absorbé par la plaque, toujours maintenue au rouge vif, avec une telle promptitude que le gaz n'a pas le temps de s'enflammer. Si l'on répète l'expérience avec le platine pur, le gaz s'enflamme.

Pour conclure, M. Pegat prie la Société d'examiner les appareils qu'il présente : appareils destinés à la désinfection des appartements particuliers par les aldéhydes formiques et à absorber les gaz et odeurs méphitiques en fonctionnant avec des alcools méthyliques même de 80°.

M. le Président remercie *M. Pegat* de son intéressante communication qui est renvoyée au *Comité des Arts chimiques*.

M. A. Rémond fait une communication sur *les rayons X et leurs applications industrielles en France*.

M. le président remercie M. Rémond de son intéressante communication, qui sera renvoyée au *Comité des Arts économiques*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS

COURS PUBLICS ET GRATUITS DE SCIENCES APPLIQUÉES AUX ARTS

ANNÉE 1897-1898

Géométrie appliquée aux arts. — Les Lundis et Jeudis, à neuf heures du soir. M. A. Laussedat, professeur. M. P. Haag, professeur suppléant. Le cours ouvrira le Jeudi 5 novembre.

Géométrie de la sphère. — Globe céleste et planisphères. — Études des phénomènes astronomiques. — Instruments d'observation. — Mesure du temps. — Cadrans solaires, horloges et chronomètres. — Calendrier. — Photographie et spectroscopie célestes. — Applications de l'astronomie à la géographie et à la navigation.

Géométrie descriptive. — Les Lundis et Jeudis, à sept heures trois quarts du soir. M. E. Rouché, professeur. Le cours ouvrira le Jeudi 4 novembre.

La statique graphique. — Polygones funiculaires. — Centres de gravité et moments d'inertie. — Forces intérieures dans les systèmes articulés. — Poutre à deux appuis et poutre continue, etc.

Mécanique appliquée aux arts. — Les Lundis et Jeudis, à sept heures trois quarts du soir M. J. Hirsch, professeur. Le cours ouvrira le Jeudi 4 novembre.

La machine à vapeur appliquée aux transports (suite). — Chemins de fer en pays de montagne. Chemins de fer à crémaillère. — Plans funiculaires. — Traction mécanique des tramways. — Transports mécaniques sur routes de terre. — Application de la machine à vapeur à la navigation.

Constructions civiles. — Les Lundis et Jeudis, à neuf heures du soir. M. J. Pillet, professeur. Le cours ouvrira le Jeudi 4 novembre.

Les organes de construction. — I. *Organes verticaux :* Piles, piliers, murs, pans de bois et pans de fer. — II. *Organes horizontaux :* Planchers, voûtes, combles. — III. *Revêtements :* Revêtements verticaux : revêtements horizontaux ; couvertures. — IV. *Organes mobiles :* Portes, fenêtres, persiennes, fermetures, etc. — V. *Organes spéciaux aux fluides :* Eau, gaz, électricité. — VI. *Fondations.*

Physique appliquée aux arts. — Les Lundis et Jeudis à neuf heures du soir. M. J. Violle, professeur. Le cours ouvrira le Jeudi 4 novembre.

Acoustique. — Mouvements vibratoires. — Production et propagation du son. — Intervalles musicaux. — Tuyaux sonores. — Cordes, verges, membranes, plaques, cloches. — Voix humaine. — Phonographe.

Optique. — Miroirs, prismes, lentilles. — Instruments d'optique. — Interférences. — Diffraction. — Polarisation. — Saccharimètres. — Radiations. — Spectroscopie. — Photométrie. — Photographie.

Électricité industrielle. — Les Mercredis et Samedis, à sept heures trois quarts du soir. M. Marcel Deprez, professeur. Le cours ouvrira le Mercredi 5 novembre.

Théorie des machines dynamo-électriques. — Description des types employés dans l'industrie. — Calcul des dimensions d'une machine devant satisfaire à des conditions données. — Des moteurs électriques. — Transmission électrique de la force et ses applications. — Calcul de l'établissement d'une transmission de force. — Machines à courant alternatif, leur théorie, leurs applications. — Accessoires des machines dynamo-électriques. — Appareils de mesure, conducteurs analisations. — Éclairage électrique.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Chimie générale dans ses rapports avec l'industrie. — Les Mercredis et Samedis, à neuf heures du soir. M. E. JUNGFLEISCH, professeur. Le cours ouvrira le Mercredi 3 novembre.

Métaux. — Généralités sur les métaux; classification des métaux; combinaisons des métaux avec les métalloïdes et combinaisons salines; alliages. — Histoire particulière des métaux utiles: modes d'extraction, propriétés, combinaisons diverses, applications, notions analytiques.

Chimie industrielle. — Les Mardis et Vendredis, à neuf heures du soir. M. AIMÉ GIRARD, professeur. Le cours ouvrira le vendredi 5 novembre. En cas d'empêchement, M. AIMÉ GIRARD sera remplacé par M. E. FLEURENT.

Combustibles fossiles: tourbes, lignites et houilles. — Agglomérés. — Gaz d'éclairage et de chauffage. — Acétylène. — Charbon de bois, produits de la distillation des bois; acide acétique, méthylène, gaïacol, etc. — Huiles minérales, pétroles, etc.

Papeterie. — Chiffons et succédanés : paille, sparte, bois, etc. — Papiers à la forme et à la machine.

Boulangerie et biscuiterie; pâtes alimentaires. — Féculerie et amidonnerie.

Métallurgie et travail des métaux. — Les Mardis et Vendredis, à sept heures trois quarts du soir. M. U. LE VERRIER, professeur. Le cours ouvrira le Vendredi 5 novembre.

Notions sommaires de géologie et d'exploitation des mines. — Gisements et extraction des combustibles minéraux et des minerais métalliques. — Histoire des différents métaux usuels; leur préparation et leurs emplois.

Chimie appliquée aux industries de la teinture, de la céramique et de la verrerie. — Les Lundis et Jeudis, à sept heures trois quarts du soir. M. V. DE LUYNES, professeur. Le cours ouvrira le Jeudi 11 novembre.

Verrerie. — Étude des silicates, leur rôle dans la préparation des mélanges vitrifiables. — Classification des verres. — Fours de verrerie. — Travail des verres, procédés mécaniques de soufflage et de coulage. — Verres colorés, émaux. — Mosaïque. — Vitraux.

Céramique. — Argiles, plasticité. — Préparation des pâtes céramiques. — Classification des poteries. — Terres cuites, faïences, grès cérames, porcelaines. — Façonnage, cuisson, décoration des poteries.

Chimie agricole et analyse chimique. — Les Mercredis et Samedis, à neuf heures du soir. M. TH. SCHLŒSING, professeur; M. TH. SCHLŒSING fils, professeur suppléant. Le cours ouvrira le Mercredi 3 novembre.

I. *Nutrition des plantes.* — Origine et assimilation des éléments tirés de l'atmosphère: carbone, hydrogène, oxygène, azote. — Principes tirés du sol.

Engrais et amendements. — Assole

II. *Analyse.* — Dosage des principes minéraux intéressant la nutrition des plantes.

Agriculture. — Les Mardis et Vendredis, à neuf heures du soir. M. L. GRANDEAU, professeur. Le cours ouvrira le Mardi 9 novembre.

Alimentation du bétail. — Composition du corps des animaux de la ferme. — Composition des fourrages et autres denrées alimentaires. — Méthodes expérimentales appliquées à l'étude de l'alimentation. — Digestibilité et utilisation des aliments. — Rations.

Champ d'expériences du Parc des Princes. — Six années d'expériences culturales. — Résumé et discussion des résultats.

Filature et tissage. — Les Mardis et Vendredis, à sept heures trois quarts du soir. M. J. IMBS, professeur. Le cours ouvrira le Vendredi 5 novembre.

Principes des tissus façonnés. — Façonnés par une armure inversée, par plusieurs armures, par plusieurs couleurs. — Mécaniques Jacquart. — Mise en carte et préparation des principaux types de tissus façonnés. — Gazes, tulles, dentelles. — Broderie sur tissus. — Tricot de trame et de chaîne. — Apprêts des tissus.

Économie politique et législation industrielle. — Les Mardis et Vendredis, à sept heures trois quarts du soir. M. E. LEVASSEUR, professeur. Le cours ouvrira le Mardi 9 novembre.

Répartition de la richesse. — Le salariat, étude du salaire en France et à l'étranger. — La grève et les syndicats. — Intérêt et profit. — Les théories socialistes sur la répartition.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Économie industrielle et statistique. — Les Mardis et Vendredis, à neuf heures du soir. M. André Liesse, professeur. Le cours ouvrira le Vendredi 5 novembre.

Circulation des richesses. — *L'échange et ses moyens économiques.* — *Les prix:* Prix de revient et ses éléments; prix de vente. — La monnaie; historique; les métaux précieux : production, usages; systèmes monétaires des principaux pays. — La situation actuelle. — Le change.

La banque et le crédit. — Le crédit et ses modes divers. — Classification des banques. — Banques de commerce: description de leurs opérations; services qu'elles rendent au commerce et à l'industrie; leur évolution en France et en Angleterre. — Banques d'émission en France et à l'étranger. — Banques de spéculation. — Banques populaires. — Banques foncières.

Rôle des différentes catégories de banques dans la société économique.

Droit commercial. — Les Mercredis à neuf heures du soir. M. E. Alglave, chargé de cours. Le cours ouvrira le Mercredi 3 novembre.

La lettre de change. — Son historique. — Sa théorie, son fonctionnement actuel. — Les payements commerciaux. — La lettre de change comme monnaie et comme moyen de crédit.

Économie sociale. — Les Samedis, à neuf heures du soir. M. P. Beauregard, chargé de cours. Le cours ouvrira le Samedi 6 novembre.

L'État et l'assurance. — Retraites. — Caisses de retraites. — Assurances obligatoires.

L'assistance : Assistance légale. — Assistance publique. — Assistance privée. — Sociétés de bienfaisance.

Le Directeur du Conservatoire national des Arts et Métiers.

A. Laussedat.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LIVRES ET OUVRAGES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE

EN NOVEMBRE 1897

Note sur l'apprentissage dans les ateliers de Chemins de fer, par E. Sauvage, 1 brochure in-8°, 31 p., extraite du *Bulletin de la Commission internationale du Congrès des Chemins de fer,* P. Weissenbruk, Bruxelles.

Eine Sammling von 100 Zahnformen fur Zahnrader, par A. Baltringer.

Notions de sciences avec leurs applications à l'agriculture, à l'usage des écoles primaires, par M. V. Barillot. 9e édition, 1 vol. in-18, 280. Paris, E. Belin.

De l'Encyclopédie Leauté. **Constantes physico-chimiques,** par M. D. Siderski. Paris, Gauthier-Villars.

Du Bureau général de statistique de la province de Buenos-Ayres. **L'Agriculture, l'Élevage, l'Industrie et le commerce dans la province en 1895.** 1 vol. in-4°, 100 p. La Plata. Atelier de publication du musée.

Du ministère de l'Instruction publique. **Bulletin de la Société libre d'émulation du Commerce et de l'Industrie de la Seine-Inférieure.** Exercice 1896-1897, 1 vol, in-8°, 348 p., Rouen, imprimerie Cagniard.

C. F. O. Kelly, *gérant de l'usine Blanzy Poure* et *Cie*, 1 broch. in-8°, 16 p., Boulogne-sur-Mer.

De la chambre syndicale de la chaudronnerie, Paris. **Série de prix pour travaux de chaudronnerie** (1897), 1 vol. in-4°, 40 p., Imprimerie administrative, 20, rue Turgot, Paris.

L'Ancien régime du travail à Lyon du XIVe au XVIIe siècle, par M. Natalis Rondot, 1 vol. in-8°, 89 p. A. Rey, Lyon.

La Traction mécanique des tramways, par M. R. Godfernaux, 1 vol. in-8°, 386 p., 182 fig., Paris, Baudry.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LITTÉRATURE

DES

PÉRIODIQUES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE DE LA SOCIÉTÉ

Du 15 Octobre au 15 Novembre 1897

DÉSIGNATIONS ABRÉGÉES DES PUBLICATIONS CITÉES

Ag. . . . Journal de l'Agriculture.
Ac. . . . Annales de la Construction.
Acp. . . . Annales de Chimie et de Physique.
AM. . . . Annales des Mines.
Ap. . . . Journal d'Agriculture pratique.
APC. . . . Annales des Ponts et Chaussées.
At. . . . Annales télégraphiques.
Bam. . . . Bulletin technologique des anciens élèves des écoles des arts et métiers.
Btp. . . . Bulletin du ministère des Travaux publics (statistiques).
BMA . . . Bull. du ministère de l'Agriculture.
Ci. . . . . Chronique industrielle.
Co. . . . . Cosmos.
CN. . . . Chimical News (London).
Cs. . . . . Journal of the Society of Chemical Industry (London).
CR. . . . Comptes rendus de l'Académie des Sciences.
DoL. . . . Bulletin of the Department of Labor des États-Unis.
Dp. . . . Dingler's Polytechnisches Journal.
E. . . . . Engineering.
E'. . . . . The Engineer.
Eam. . . . Engineering and Mining Journal.
EE. . . . . Eclairage Électrique.
El. . . . . Electrician (London).
Elé. . . . L'Électricien.
Ef. . . . . Économiste français.
Es. . . . . Engineers and Shipbuilders in Scotland (Proceedings).
Fi . . . . Journal of the Franklin Institute (Philadelphie).
Gc. . . . . Génie civil.
Gm. . . . Revue du Génie militaire.
IC. . . . . Ingénieurs civils de France (Bull.).
Ie. . . . . Industrie électrique.
Im . . . . Industrie minérale de St-Étienne.
IME. . . . Institution of Mechanical Engineers (Proceedings).
IoB. . . . Institution of Brewing (Journal).
La . . . . La Locomotion automobile.
Ln. . . . . La Nature.
Ms. . . . . Moniteur scientifique.
N. . . . . Nature (anglais).
Pc. . . . . Journal de Pharmacie et de Chimie.
Pm. . . . *Portefeuille* économ. des *machines*.
Rgc. . . . Revue générale des chemins de fer.
Rgds. . . . Revue générale des Sciences.
Ri . . . . Revue industrielle.
RM. . . . Revue de mécanique.
Rmc. . . . Revue maritime et coloniale.
Rs. . . . . Revue Scientifique.
Rso. . . . Réforme Sociale.
RSL. . . . Royal Society London (Proceedings).
Rt. . . . . Revue technique.
Ru. . . . . Revue universelle des mines et de la métallurgie.
SA. . . . Society of Arts (Journal of the).
ScP. . . . Société chimique de Paris (Bull.).
Sfp. . . . Société française de photographie (Bulletin).
Sg. . . . . Bulletin de la Société de géographie.
Sgc. . . . Bulletin de la Société de géographie commerciale.
Sie. . . . . Société internationale des Électriciens (Bulletin).
SiM. . . . Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse.
SiN. . . . Société industrielle du Nord de la France (Bulletin).
SL. . . . . Bull. de statistique et de législation.
SNA. . . . Société nationale d'agriculture de France (Bulletin).
SuE. . . . Stahl und Eisen.
USR. . . . Consular Reports to the United States Government.
VDI. . . . Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure.
ZOI. . . . Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieure und Architekten-Vereins.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

AGRICULTURE

Avoines. (Observations générales sur les) (Balland). *CR.* 18 *Oct.*, 579.
Bananier. Culture et commerce (Hebert). *Rgds.* 30 *Oct.*, 835.
Bétail. Race bovine de Salers. *Ap.* 14 *Oct.*, 566.
Betteraves. (Espacement des). *Ag.* 16, 30 *Oct.*, 631-711.
— (Pourriture de la). *Ap.* 21 *Oct.*, 594.
Blés. Expériences de Capelle. *Ag.* 16 *Oct.*, 612.
— (Commerce des) en Allemagne. *BMA. Sept.*, 714.
Camargue. (Composition des terres de la). *BMA. Sept.*, 590.
Champignons. (Recherches sur les) (Tanret). *ScP.* 5 *Nov.*, 921.
Coignassier (Le). *Ap.* 11 *Nov.*, 709.
Drains naturels constitués au moyen des explosifs. *Rt.* 25 *Oct.*, 463.
Engrais. Amélioration des terres humifères. *Ap.* 14 *Oct.*, 560.
— Phosphates, histoire biologique (Jolly). *CR.* 11 *Oct.*, 538.
— d'Algérie (Les) (Dugast). *Rgds.* 15 *Oct.*, 769.
— Nitrate de soude au Chili. *Ag.*, 13 *Nov.*, 783.
Forêts. Industrie forestière au Canada. *Ln.* 16 *Oct.*, 311.
Greffe mixte (La) (Daniel). *CR.* 2 *Nov.* 661.
Lait. Industrie à Victoria. *Ap.* 14 *Oct.*, 558.
Lupin (Protéides du) (Osborn et Campbell). *Cs.* 30 *Oct.*, 819.
Machines agricoles. Hache-maïs, appareil contre les accidents. *Ap.* 28 *Oct.*, 643.
— Pressoirs au concours de Nantes. *Ap.* 11 *Nov.*, 711.
Mouton. Élevage en Australie. *Ap.* 11 *Nov.*, 705.
Orge Chevalier. Culture en Saintonge. *Ag.* 13 *Nov.*, 783.
Pommes de terre. (Composition des). *Ap.* 14 *Oct.*, 568.
— (Feuilles de). Utilisation pour l'alimentation. *Ap.*, 21 *Oct.*, 595.
Sols vierges du Canada. (Composition des). *CN.* 29 *Oct.*, 214.
Vigne. (Fumure des). *Ap.* 28 *Oct.*, 627, 4-11 *Nov.*, 668-703.
Vigne. Irrigations en été. *Ag.* 13 *Nov.*, 774.
— Précoce de Caplat. *Ap.* 14 *Oct.*, 570.
Vins (Formation de l'ammoniaque dans les) (Muntz et Rousseau). *BMA. Sept.*, 579.
— Fermentations viniques (Roos et Chabert). *BMA. Sept.*, 593.
— Black-Root. (Évolution du) (Prunet). *CR.* 2 *Nov.*, 664.
— Dans le sud-est de la France (Puraud). *CR.* 8 *Nov.*, 728.

CHEMINS DE FER

Chemin de fer métropolitain de Londres (Ventilation du). *E'.* 15 *Oct.*, 373.
— du Rhodésia. *E.* 22 *Oct.*, 502.
— de l'Afrique allemande. *Société d'Encouragement de Berlin. Oct.*, 273.
— du Japon. *E.* 29 *Oct.*, 519.
— Suisses. Statistique, 1895. *Rgc. Oct.*, 238.
— *Électriques* du Salève. *Rt.*, 25 *Oct.*, 405.
Monorail Behr. *E.* 29 *Oct.*, 538.
Contrôleur de billets. E. 12 *Nov.*, 483.
Locomotive *Compound* à mécanisme auxiliaire. État Bavarois. *Pm. Oct.*, 146.
— *Électrique* Heilmann. *EE.*, 13 *Nov.*, 289.
— Express à roues libres du Midland. *E.* 15 *Oct.*, 467.
— de l'État Belge. *E.* 12 *Nov.*, 589.
— à marchandises du Great Western *E'.* 5 *Nov.*, 442.
— Équilibrée Strong. *E.* 5 *Nov.*, 559.
— Construction de la locomotive moderne (Hughes). *Rgc. Oct.*, 208.
— Foyer à anthracite du Delaware Ry. *Rgc. Oct.*, 249. Fumivore Marck. *RM. Oct.*, 1009.
— Hautes pressions. (Influence économique des). *Rgc. Oct.*, 247.
Matériel roulant. Voitures 2e classe, chemins norvégiens. *E'.* 15 *Oct.*, 363.
— Salon du South-Eastern. *E'.* 5 *Nov.*, 443.
— Boîtes à tampon graisseur. *Rgc. Oct.*, 200.
— Attelage Schultze. *E.* 29 *Oct.*, 550. Jones. *RM. Oct.*, 1010.
— Frein Sargeant. *RM. Oct.*, 1010.
Résistance des trains. E'. 23 *Oct.*, 392-400.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Voie. Rails d'acier. (Observations microscopiques sur la détérioration des) (Andrews). *E.* 15 *Oct.*, 455.
— Voie métallique Botham. *E.* 5 *Nov.*, 577.
— Attache Barr. *E.* 22 *Oct.*, 517.
— Paraneiges sur le P.-L.-M. *Rgc. Oct.*, 193.
— Signaux. Enclenchements entre leviers (Massieu). *AM. Oct.*, 360.

TRANSPORTS DIVERS

Automobiles (Les) (J. Sachs). *Fi. Oct.*, 286.
— en France. *E.* 5 *Nov.*, 551.
— Changement de marche Baker. *La.* 14 *Oct.*, 480.
— *à gazoline* Foucher et Delachanal. *La.* 21 *Oct.*, 493. Pennington. *La.* 28 *Oct.*, 506. Blass. *La.* 11 *Nov.*, 530.
— *Électriques* à accumulateurs. *Ie.* 25 *Oct.*, 451.
Monorail portatif Caillet. *Rt.* 10 *Nov.*, 481.
Tramways électriques (Les). *E'.* 12 *Nov.*, 476. Pelissier. *EE.* 13 *Nov.*, 309.
— (Moteurs Shunt pour) (Bauch). *Ie.* 25 *Oct.*, 455.
— à courants alternatifs de 4000 volts à Neufchâtel, Saint-Blaise. *Ic.* 10 *Nov.*, 470.
— à contacts Siemens. *E.* 29 *Oct.*, 549.
— à accumulateurs à Ostende. *Elé.* 13 *Nov.*, 305.
Vélocipédie. Divers. *Dp.* 15-22 *Oct.*, 54-81.
— Guidons Briggs. *E'.* 15 *Oct.*, 367.
— Vélocipède à pétrole Bouilly et Tenaud. *La.* 14 *Oct.*, 478.
— Frein simplex. *E.* 22 *Oct.*, 509.
— Pédale excentrique Smart. *E'.* 12 *Nov.*, 483.

CHIMIE ET PHYSIQUE

Acétates alcalins (Séparation des) (Brearley). *CN.* 29 *Oct.*, 210.
Acides antimoniques et antimoniates (Delacroix). *Pc.* 15 *Oct.*, 337.
— Carbonique. Distribution dans l'air (C. Williams). *CN.* 29 *Oct.*, 209.
— Stanniques (Engel). *CR.* 2 *Nov.*, 651.
Alcool (L'). *Ap.* 4 *Nov.*, 694.
Allumettes. Le phosphorisme (Rich). *Pc.* 15 *Oct.*, 341.
Analyse spectrale. Spectre des sels fondus : métalloïdes, chlore, brome, iode (D. Gramont). *ScP.* 5 *Nov.*, 897.
Asphalte des États-Unis l'Unitaire. *Rt.*, 25 *Oct.*, 461.
Bombes calorimétriques diverses. *Dp.* 5 *Nov.*, 139.
Blanchiment. Agents de procédé Hargreaves. *Cs.* 30 *Oct.*, 798.
— Clorates. Clarke. *Id.* 798.
Borures de barium, strontium et calcium (Moissan et Williams). *CR.* 2 *Nov.*, 629.
Brome. Séparation et distillation d'un mélange de chlorures et de bromures, alcalins (Baubigny et Rivals). *CR.* 11 *Oct.*, 527.
— Recherche des traces par la fluorescine (Baubigny). *CR.* 2 *Nov.*, 654.
Brasserie. Divers. *Cs.* 30 *Oct.*, 817.
Caoutchouc. Divers. *Cs.* 30 *Oct.*, 815.
Céramique (La) (Burton). *S.I.* 15 *Oct.*, 1139. *E.* 2 *Oct.*, 1157.
Chaux et ciments. Fraudes du ciment de Portland. *E.* 5 *Nov.*, 567.
— Divers. *Cs.* 30 *Oct.*, 800.
Chlore et brome d'un mélange alcalin. Dosage. *CR.* 26 *Oct.*, 607.
Chlorure de barium. Température du maximum de densité des dissolutions Copper. *CR.* 11 *Oct.*, 533.
— de lithium (Lemoine). *CR.* 26 *Oct.*, 603.
Diamant (Fabrication du). *Cs.* 13 *Nov.*, 618.
Essences et parfums (Études récentes sur les) (Gerber). *MS. Nov.* 77.
Étain. (Analyse de l'). *Cs.* 30 *Oct.*, 827.
Explosifs. Divers. *Cs.* 30 *Oct.*, 825.
Galvanisation (Progrès de la) (Reese). *Fi. Oct.* 312.
Gaz faciles à liquéfier (Densité des) (Leduc). *CR.* 18 *Oct.*, 571.
— parfaits et vapeur d'eau, vitesses d'écoulement (Parenty). *Acp. Nov.*, 289.
— Compressibilité et volumes moléculaires aux faibles pressions (Leduc). *CR.* 2-8 *Nov.*, 646-703.
Gaz d'éclairage. Divers. *Cs.* 30 *Oct.*, 789.
— Allumeur Duke. *Ri.* 30 *Oct.*, 455.
— Becs divers. *Dp.* 15-23-29 *Oct.*, 49-73-97, 5 *Nov.*, 121.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Acétylène. Divers. *Cs.* 30 *Oct.*, 787.
— (Éclairage à l'). *Ri.* 4 *Nov.*, 408.
— Industrie du carbure de calcium. *E.* 29 *Oct.*, 538.
— Gazogène Chesnay et Pillion. *E.* 29 *Oct.*, 549.
Graisses huiles et Divers. *Cs.* 30 *Oct.*, 810.
Huile de coton. Réaction caractéristique (Halphen). *Pc.* 1 *Nov.*, 390.
Hydrogène. (Viscosité de l') (Rayleigh). *RsL. Oct.*, 112.
Hydrogène. Combinaison avec l'oxygène, influence des composés avides d'eau (Berthelot). *CR.* 8 *Nov.*, 675.
Hydromèle (L'). *Cs.* 30 *Oct.*, 817.
Laboratoire. Titrage des cuivres par les cyanures (Brearley). *CN.* 15 *Oct.*, 189.
— (Notes de) (Jervis). *CN.* 29 *Oct.*, 211.
— Appareils divers. *CN.*, 22 *Oct.*, 169. *Cs.* 30 *Oct.*, 827.
— Alumine et glucine, séparation Havens. *ScP.*
— Séparations avec les acétates alcalins (Bearley). *CN.* 5 *Nov.*, 222.
— Carbonates alcalins neutres, recherche des traces en présence des bicarbonates de borax (A Lys). *Pc.* 15 *Nov.*, 440.
Molybdène. Réduction de l'anhydride molybdique par l'hydrogène (Guichard). *ScP.* 5 *Nov.*, 902.
Optique. Photomètre Cosinus. *Élé.* 6 *Nov.*, 301.
— Phénomènes de Zermann (Cornu). *EE.* 6 *Nov.*, 241 (Becquerel). *CR.* 8 *Nov.*, 679.
— Photomètre Weber. *Ri.* 4 *Nov.*, 468.
— Polarisation rotatoire magnétique (Mécanisme de la) (Broca) *CR.* 8 *Nov.*, 696.
Peinture. Essais des fragments. *Cs.* 30 *Oct.*, 811.
Péroles. Divers *Cs.* 30 *Oct.*, 792. Dissolution dans l'alcool. *Id.*, 791.
Percarbonate de potasse. *Ms. Nov.*, 834.
Rayons X. *EE.* 16 *Oct.*, 138; 13 *Nov.*, 321. 326.
— *CR.* 18 *Oct.*, 583; 26 *Oct.*, 602.
— *CN.* 22 *Oct.*, 197.
— *Co.* 30 *Oct.*, 566.
Oxygène. Préparation industrielle, Dutremblay et Lugan. *Pc.* 1er *Nov.*, 392 de Villepigne. *Cs.* 30 *Oct.*, 823.
Persulfates. Manufacture et emplois. *Ms. Nov.*, 818, 824;
Papier à filtrer (*Réaction du*) (Magnier de la Source) *Pc.* 15 *Nov.*, 438.
Phosphoglycérate de chaux (Adrian et Trillat) *Pc.* 15 *Nov.*, 433.
Poids atomiques. Argent et Hélium (Wilde) *CR.* 2 *Nov.*, 649; en proportions multiples (Wilde). *CR.* 8 *Nov.*, 708.
Résines et Vernis. Divers *Cs.* 30 *Oct.*, 821, 829, traitement des térébenthines brutes. *Id.*, 812.
Savons. Désinfectant. (Rideal. *Cs.* 30 *Oct.*, 810. Analyse des. *Id.*, 841.
Sucrerie. Divers *Ms. Nov.*, 851 Procédé Ranson. *Id.* 846.
— Rendement aux turbines *id.*, 849.
— Analyse des mélasses. *Cs.* 30 *Oct.*, 840.
— Appareil à cuire les sirops et filtre Ehreinstein. *Cc.* 13 *Nov.*, 24.
Sels isomorphes et poids atomique de leurs métaux (Tutton). *N.* 2 *Nov.*, 48.
Sulfophosphures métalliques (Les). Ferrand. *Actualités chimiques. Oct.*, 313.
Tannage. Divers *Cs.* 30 *Oct.*, 816.
Teinturerie. Divers. *Cs.* 30 *Oct.*, 792. 796.
— Matières colorantes sur mordants métalliques (Gasmann et Bernard). *Ms. Nov.*, 807.
— Appareil à teindre Davis. *Cs.* 30 *Oct.*, 797.
Terpines et huiles essentielles (Progrès dans l'industrie des (Dupont et Charabot). *Actualités chimiques. Oct.*, 322.
Thorium. (Préparation et propriétés du carbure et de la fonte de) (Moissan) *Acp. Nov.*, 427.
Titane. Distribution du minerai sur le globe (Dunnington). *CN.* 5 *Nov.*, 221.
Verre. Ceramo-Cristal. (Le). *Ln.* 16 *Oct.*, 314.
— Argenture des miroirs. *Dp.* 22 *Oct.* 90.

COMMERCE ET ÉCONOMIE POLITIQUE

Accidents du travail (Loi des). *Rso.* 16 *Oct.*, 614; 1er *Nov.*, 663.
Agriculture. Populations agricoles du pays d'Arles. *Rso.* 16 *Oct.*, 553.
— Crédit agricole dans la province de Parme. *Musée social. A.*, 18.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Associations rurales. Raiffeisen. *Ef.* 16 *Oct.*, 495.
Argentine (Passé et présent de l'). *Ef.* 6 *Nov.*, 597.
Boulangerie coopérative de Roubaix. Ef. 13 *Nov.*, 637.
Chine. Commerce avec l'étranger. *E.* 22 *Oct.*, 503.
Enseignement professionnel en France. Ef. 15 *Oct.*, 498.
Grève des mécaniciens anglais. E'. 15, 22, 29 *Oct.*; 373; 378, 403, 429, 12 *Nov.*, 475; *E.* 22, 29 *Oct.*, 501-535; 12 *Nov.*, 593.
Ivoire. Industrie et Commerce (Caustier). *Rgds.* 30 *Oct.*, 809.
Japon (Industries du) *E'.* 22 *Oct.*, 387.
Législation du travail. Congrès de Bruxelles. *Rso.* 1er *Nov.*, 677; *Ef.* 13 *Nov.*, 627.
Logement et Alimentation populaires. (Brelay). *Rso.* 16 *Oct.*, 580.
Nègres. Condition aux États-Unis. *DoL. mai*, 257.
Postes, télégraphes et téléphones. Organisation en France. *Ef.* 6, 13 *Nov.*, 393, 625.
Protection ouvrière. Congrès de Zurick. *Musée Social*, nº 14 (*B*).
Salaires aux États-Unis. DoL. mai, 239.
Sibérie. Commerce du thé. *Ef.* 30 *Oct.*, 565.
Société provençale à la fin du moyen âge (C. de Ribbe). *Rso.* 16 *Oct.*, 607.
Soie. Production dans le monde. *Ef.* 23 *Oct.*, 503.
Statistique graphique des ateliers (Jameson). *E.* 12 *Nov.*, 603.
Sucrerie. Crise en Allemagne. *Ap.* 28 *Oct.*, 628.
Suicide en France. Ef. 30 *Oct.*, 563. 6 *Nov.*, 599.

CONSTRUCTIONS ET TRAVAUX PUBLICS

Barrage de Muchkundj. E'. 22 *Oct.*, 402.
Constructions à ossature d'acier à Chicago. *Ac. Oct.*, 146.
— *en ciment armé.* (Calcul des). *Le Ciment.* 25 *Oct.*, 289.
Incendies (Protection contre les) en Europe. *E.* 5 *Nov.*, 552.
Pavillons Docker. Rt. 25 *Oct.*, 470.
Planchers et poutres en ciment armé (Calcul des). *Le Ciment.* 15 *Nov.*, 322.
Ponts suspendus nouveaux du commandant Griselard. *SuE.* 15 *Oct.*, 868; *Co.* 16 *Oct.*, 489.
Ponts de la Theiss à Tockey, *zoI*, 20 *Oct.*, 593.
— Faidherbe à Saint-Louis. *Gc.* 23 *Oct.*, 401.
— en charpente de Wagga. *Gc.* 6 *Nov.*, 7.

ÉLECTRICITÉ

Accumulateur Digoine. *Gc.* 16 *Oct.*, 396.
— Pescetto. *Ic.* 10 *Nov.*, 472.
Appareillage. Matériel Siemens et Halske. *Elé.* 16, 23, 30 *Oct.*; 249, 260, 275.
Bobine d'induction Apps. EE. 30 *Oct.*, 227.
Câbles (Machines à fabriquer les). Johnson et Philips. *Elé.* 6 *Nov.*, 289.
Canalisations aériennes (Établissement des). *Elé.* 30 *Oct.*, 283.
Commutateur automatique. (Davy) *E.* 22 *Oct.*, 517.
Distributions. A Paris. *Ic.* 15 *Oct.*, 441.
— à courants alternatifs par transformateurs. *Ie.* 25 *Oct.*, 447.
Dynamos (Les) Morday. *El.* 15 *Oct.*, 121, 120.
— Diverses (Guilbert). *EE.* 6 *Nov.*, 249.
— Induits à trous et dentés (Dobrowolsky). *EE.* 15 *Oct.*, 133, 136.
— (Caractéristique de). *EE.* 13 *Nov.*, 321.
— Nouvelle méthode d'étude (Arnold). *Elé.* 13 *Nov.*, 315.
— Alternateurs. Influence de la chute de tension (F. Humen). *EE.*, 23 *Oct.*, 145.
— *Moteur Synchrone.* Berg. *EE.*, 23 *Oct.*, 176.
Éclairage à bord des navires. *Elé.* 30 *Oct.*, 279.
— Abaissement du prix à Paris. *Ri.* 30 *Oct.*, 457.
— *L'arc* électrique. *Elé.* 23 *Oct.*, 257, 13 *Nov.*, 314.
— — Lampe Arons à pôles d'amalgames. *EE.* 32 *Oct.*, 186.
— *Incandescence.* Lampes Sevan, Benham et Smith, Cooper, Brunet, Acme, Headland. *EE.* 30 *Oct.*, 203.
— — Régularisation des lampes Emmolt *EE.* 6 *Nov.*, 266.
— — Essais de lampes à 200 volts. *EE.* 6 *Nov.*, 268.
— — Conductibilité des filaments (Howell). *EE.* 6 *Nov.*, 267.
Électrolyse. (Étude de l') (Minet). *L'Electrochimie. Oct.*, 145.
— à courants alternatifs (Lois de l'). Molagoli. *EE.* 4 *Nov.*, 255.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Électro-chimie. Divers. *M.* 3 *Nov.*, 85. *Cs.* 30 *Oct.*, 807.
— Blanchiment par l'électrolyse des sulfites. *Elé.* 23. *Oct.*, 266.
— (Travaux de la Société allemande d'). *EE.* 30 *Oct.*, 217.
— Traitement des Slimes. *Cs.* 30 *Oct.*, 808.
— Nickel. Séparation des sulfates et chlorures (Foerster). *Cs.* 30 *Oct.*, 808.
— Électrolyseur Rhodin. *E'.* 4 *Nov.*, 458.
— Galvanisation électrolytique du fer. *L'Electro-chimie. Oct.*, 158.

Électrogènes. Marcel Deprez. *CR.* 11 *Oct.*, 505.

Endosmose électrique (de Vilemontei). *EE.* 15, 30 *Oct.*, 106, 208 ; 13 *Nov.*, 313.

Indicateur d'appel pour ascenseurs. EE. 30 *Oct.*, 228.

Installations (Contrôle des) en Suisse. *Elé.* 16 *Oct.*, 251.
— Règlements de sécurité à l'étranger. *Sie. Août*, 450.

Mesures. Les compteurs (Brown et Routin). *EE.* 23 *Oct.*, 157. Essais de. *EE.* 6 *Nov.*, 270.
— Potentiomètre d'étalonnement Thierman, *EE.* 23 *Oct.*, 181.
— Du coefficient d'auto-induction d'une bobine. *Elé.* 6 *Nov.*, 299.

Piles étalon Clark. Variations de la force électro-motrice (Callendar et Barnet). *RsL. Oct.*, 117.

Relais polarisé. Willot. *EE.* 6 *Nov.*, 263.

Stations centrales (Exploitation des). *Ie.* 10 *Nov.*, 465.

Télégraphie sous-marine. Méthode graphique pour l'étude de la transmission des ondes. *EE.* 16 *Oct.*, 98.
— Perturbations par les tramways. *EE.* 23 *Oct.*, 177.
— Transmission sur les longs câbles. *EE.* 3 *Nov.*, 320.
— Télescripteur Hoffman. *Ln.* 30 *Oct.*, 337.
— Rappel omnibus Bréguet-Rodary. *Elé.* 13 *Nov.*, 308.

Téléphonie. Annonciateur de fin de transmission. *Elé.* 6 *Nov.*, 294.

Transformateurs. Détermination de la chute de potentiel d'un. *Elé.* 16 *Oct.*, 245.

Transformateurs isothermes de l'Énergie électrique (Pellat). *CR.* 8 *Nov.*, 699.

Transmission de force par courroies biphasées. *Gc.* 30 *Oct.*, 425.

HYDRAULIQUE

Puits artésiens comme source d'énergie. *Elé.* 30 *Oct.*, 273.

Pompes à incendies automobiles. *E.* 15 *Oct.*, 462. Merryweather. *RM. Oct.*, 1003.
— Davey d'Aubry St. *E'.* 15 *Oct.*, 300.
— des eaux de Buffalo. *RM. Oct.*, 1012.
— rapides Worthington. *RM. Oct.*, 193.

Turbines Hercule Singrun. *EE.* 30 *Oct.*, 193.
— de Great Falls. *RM. Oct.*, 1002

HYGIÈNE

Désinfectants divers. *Cs.* 30 *Oct.*, 821.

Eaux (Purification des) au point de vue bactériologique. *Ac. Oct.*, 153.

Egouts (Les) au Congrès sanitaire de Londres. *E.* 15 *Oct.*, 473.
— des villes. *E'.* 12 *Nov.*, 464.

Industries insalubres. Acides perdus des usines métallurgiques (Fosbroke). *Cs.* 30 *Oct.* 801.

MARINE, NAVIGATION

Bateau électrique Planté. *E.* 28 *Oct.*, 530.
— *rouleur* Connor. *E.* 5 *Nov.*, 577.

Constructions navales sur la Tamise sous le règne de Victoria. *E'.* 15, 23, 29 *Oct.*, 368, 394, 415 ; 5, 12 *Nov.*, 471.
— Vitesse des bâtiments de combat (Normand). *Ri.* 23 *Oct.*, 429.
— Malle-poste *Princesse Clémentine. Ru. Oct.*, 27.
— Indicateur Gibson pour portes étanches. *E.* 29 *Oct.*, 531.
— Évolution de la marine à vapeur. *Société d'Encouragement de Berlin. Oct.*, 295.
— Essais de vitesse (Les). G. Walker. *E.* 29 *Oct.*, 547.

Dock flottant de Saint-Paul de Loanda. *Gc.* 16 *Oct.*, 385.

Ferry boats en Danemark. *Gc.* 30 *Sept.*, 423.
— Gouvernail Dure. *E.* 12 *Nov.*, 606.

Hélices (Appareil à mesurer le pas des). Chapman Hunter. *E.* 15 *Oct.*, 479.

Machines marines. Essais du *Powerfull. E.* 15 *Oct.*, 476.
— Explosions des tubes. *E.* 15 *Oct.*, 476.

Marine de guerre anglaise. Cuirassé *Canopus. E'.* 15 *Oct.*, 366. *Vindicative. E'.* 2 *Oct.*, 413.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Marine de guerre anglaise. Canonnière de rivière Thornycroft. *E.* 22 *Oct.*, 491.
— Blindages Vickers. *E.* 29 *Oct.*, 521.
— Plaques de blindage Harveyés. *E'.* 15 *Oct.*, 359.
— Manœuvres à air comprimé du Monitor américain *Terror*. *Rmc.*, *Oct.*, 168.
Phares. Feux-éclairs (Purves). *E.* 29 *Oct.*, 545.
Relèvement du croiseur russe *Rossia*. *Gc.* 15 *Oct.*, 392.
Touage électrique de Bovet, *E. Oct.*, 489,
Volga (Le). *E.* 29 *Oct.*, 525.
Yacht des ambassadeurs anglais. *E'.* 12 *Nov.*, 478.

MÉCANIQUE

Aérostats. Ballons captifs. *Rs.* 16 *Oct.*, 490.
— Ballons météorologiques. *E.* 15 *Oct.*, 460.
— Application des moteurs légers. *La.* 4 *Nov.* 521.
Air comprimé. Compresseur quadruple Hardie. *RM. Oct.*, 1017, Sternad *Id.*
Arbre flexible Doyen. *RM. Oct.*, 1015.
Broyeurs. Wood. Colhoun. *RM. Oct.*, 1016.
Chaudières a vaporisation instantanée de la Société Industrielle. *RM. Oct.*, 1004.
— Mixte Solignac. *RM. Oct.*, 1004.
— à tubes d'eau Simpson Bodmann. *RM. Oct.*, 1004; Watson *Id.*
— Production et utilisation de la chaleur (Damour). *Gc.* 23,30 *Oct.*, 405-417, 6 *Nov.*, 4.
— A l'Exposition de Leipsick. *VDI.* 6 *Nov.* 1269.
— Règles nouvelles du Lloyd. *E'. Nov.*, 441.
— Foyers, fumivore. Makin. *RM. Oct.*, 1005. A poussier Pearson *Id.*, 1006.
— Porte Steward *Id.* 1006.
— Désincrustateur Linkenheimer. *E.* 15 *Nov.*, 576.
— Alimentation par l'électricité. *Elé.* 16 *Oct.*, 242.
— Filtre réchauffeur Bromwell. *E'.* 12 *Nov.*, 482.
— Épurateur Ferris. *RM. Oct.*, 1005.
— Grille à lames de persienne. *Rt.* 25 *Oct.*, 459. met. *RM. Oct.*, 1006.
— Indicateur de tirage Muller. *Ri.* 13 *Nov.*, 476.
Chaudières à niveau d'eau. Protège-tube Wallah. *E'.* 12 *Nov.* 482. Niveau *x*. *RM. Oct.*, 1006.
— Soupapes diverses. *Dp.* 29 *Oct.*, 100. Genard. *Ri.* 13 *Nov.* 473.
— Surchauffe. Application aux machines à vapeur (Sinigaglia). *RM. Oct.*, 941.
Chocs (Appareil Dunn à mesurer les). *Fi. Nov.*, 321.
Drague Osgood. *RM. Oct.*, 1013.
Embrayage Villard et Bonnafous. *Bam. Oct.*, 1235. Thornycroft. *RM. Oct.*, 1818.
Engrenages moulés. *E.* 22 *Oct.*, 485.
Froid. Machine à ammoniaque Lebrun. *E.* 22 *Oct.*, 493.
— Patinage de Brighton. *E.* 22 *Oct.*, 505.
Graissage des organes mécaniques (Maglin). Essais des huiles. *RM. Oct.*, 950.
Horlogerie. Sonnerie à répétition. Derry. *Ln.* 16 *Oct.*, 319
— Remises à l'heure électriques Gerry et Crook. *EE.* 16 *Oct.*, 105.
Imprimerie. Machines à composer (Les) (Duncan). *Fi. Oct.*, 241.
Levage. Pont roulant électrique de 10 tonnes. *Pm. Oct.*, 153
de 150 tonnes aux ateliers Vickers. *E.* 5 *Nov.*, 555.
— Ascenseurs et grues électriques. *VDI.* 6 *Nov.*, 1282.
— Bardeurs Worsam. *RM. Oct.*, 1013.
— Basculeurs Clarck. *RM. Oct.*, 1013.
— Cabestans américains. *E.* 5 *Nov.*, 573.
— Grip. Watle pour cableways. *E.* 12 *Nov.*, 601.
— Transporteur Temperley. *RM. Oct.*, 1013.
Machines-outils. Machines à tailler les engrenages. Gibson. *Pm. Oct.*, 154.
— Fraiseuses pour engrenages Brown et Sharpe, Barker, Gould-Eberhardt, Reinecker, O'Connor, Newton, Buckton, — Multiple Gregory (G. Richard). *RM.* 975.
— Clef Ross. *E.* 12 *Nov.*, 605.
— Cisaille pour fers profilés. *Gc.* 16 *Oct.*, 397.
— Clous et pointes. *Bam. Oct.*, 1173.
— Étampeuse Cleaves. *RM. Oct.*, 1014.
— Fraiseuse Herbert. *Ri.* 23 *Oct.*, 423.
— Presse à forger de 8000 tonnes Vickers. *E.* 5 *Nov.*, 557.
— Porte-outil. Blau. *RM. Oct.*, 1014.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Machines-outils. Perforatrice électrique Hay. *Elé.* 23 *Oct.*, 257.
— Raboteuses latérales Detrick-Harvey. *Rt.* 10 *Nov.*, 497; Smith et Coventry. *RM. Oct.*, 993; aléseuses Iorns *Id.* 1001.
— Riveuse hydraulique Fielding et Platt. *E'.* 29 *Oct.*, 417.
— Tours Norton. *RM. Oct.*, 1014; à revolver Pratt-Whitney. *E.* 12 *Nov.*, 467; Von Pitler. *RM. Oct.*, 998. Taraudeur Hulse. *RM. Oct.*, 1000.
— Tubes : mandrineurs et coupeurs Wickstead. *Ri.* 16 *Oct.*, 415.

Moteurs à vapeur instantané Giffard. *RM. Oct.*, 1002.
— Condensation de la vapeur, expériences de Callendar. *E.* 15 *Oct*, 481.
— Compression dans l'espace mort. Expériences sur la (Dwelshauvers). *RM. Oct.*, 926.
— Forces d'inertie des pièces mobiles. (Mac. Alpine). *E.* 22, 29 *Oct.*, 541-543.
— Condenseur à air Fraser. *Ri.* 23 *Oct.*, 455. Pennell. *RM. Oct.*, 1022.

Distributions David. *Ri.* 30 *Oct.*, 453. Sandermann. *RM. Oct.* 999; Dingler *Id.*, 1022.
— Indicateur continu Gray. *E.* 22 *Oct.* 515.
— Régulateurs divers. *Dp.* 29 *Oct.*, 106. Mac Laren. *RM. Oct.*, 1023.
— Stuffing Box métallique Boon. *E.* 5 *Nov.*, 576.
— à **Gaz** (Cycles des). *E'* 22-29 *Oct.*, 387, 413, 5, 12 *Nov.*, 439, 466. Diesel *E'.* 15 *Oct.*, 364; — Fessard. *Ri.* 23 *Oct.*, 421. Divers. *Dp.* 5 *Nov.*, 128; — Hartley et Petyt, 120. *E'.* 20 *Oct.*, 420; de la Société d'automobilisme. *RM. Oct.*, 997.
— *à pétrole* — Rotatif Sanderson. *La.* 14 *Oct.*, 482. Beetz. *La.* 28 *Oct.*, 505. Turr et Chertemps. *La.* 21 *Oct.*, 489. Ravel. *La.* 4 *Nov.*, 516; Arrol. *Id.*, 520. Gibbon. Bacthold, Henriod. *Co.* 6 *Nov.*, 580; Lister. *La.* 11 *Nov.*, 534.

Poulies en bois. Bagshawe. *Rt.* 10 *Nov.*, 495.

Résistance des matériaux. Machine à essayer Buckton de 100 tonnes. *E'.* 15 *Oct.*, 376.
— Protection du fer par la peinture. *E'* 23 *Oct.*, 389.

Résistance des matériaux. Congrès d'unification des essais de Stockholm. *Le Ciment.* 25 *Oct.*, 299.

Roulements sur billes. (Les). *Ln.* 23 *Oct.*, 330.

Transmissions par Cordes. *Bam. Oct.*, 1214.

Tuyauterie. Reducing, valve multiples. *E.* 15 *Oct.*, 479.
— Valves diverses. *Dp.* 25 *Oct.*, 76. 5 *Nov.*, 132.

Trummels. Divers. *Dp.* 15, 22, 39 *Oct.*, 59, 83, 111.

Ventilateurs. Mesure de la dépression (Hanappe). *Ru. Oct.*, 114.
— Expériences de Walker. *E.* 5 *Nov.*, 568.

MÉTALLURGIE

Alliages (Les). Roberts Austen. *IA.* 22, 29 *Oct.*, 1151, 1103; 5 *Nov.*, 1176.

Aluminium. Emploi industriel. *Ri.* 16 *Oct.*, 417.
— (Métallurgie de l'). *Rt.* 10 *Nov.*, 484.

Fer et acier. Examen des eaux. 30 *Oct.*, 517.
— Métallographie Osmond *SuE.* 1er *Nov.*, 904.
— Ateliers Vikers. *E.* 15 *Oct.*, 157.
— Four à cémenter les plaques de blindage Vickers. *E.* 12 *Nov.*, 507; à régénérateur Hall. *E.* 12 *Nov.*, 605.
— Acier coulé. État actuel de la fabrication. *Gc.* 16 *Oct.*, 388.
— Trempe des aciers doux. *E.* 21 *Oct.*, 507.
— Bessemer (Perfectionnements au). (Foote et Walker). *Cs.* 30 *Oct.*, 806.
— Cubilot. Prince. *E.* 15 *Oct.*, 483.
— Grue roulante pour Bessemer. Ateliers de la Meuse. *E.* 12 *Nov.*, 589.
— Appareil Wellmann à charger les fours. *Gc.* 13 *Nov.*, 25.
— Laminoirs pour blindages Vickers. *E.* 12 *Nov.*, 586.
— *Hauts fourneaux* (Manutention des). (Sahlin). *E.* 22 *Oct.*, 596.
— — de Kraft. Allemagne. *Eam.* 16 *Oct.*, 457.
— — Appareils à vent chaud nouveaux (Jung). *Ru Oct.*, 1.
— — (laitiers de). Utilisation de leur chaleur pour produire de la vapeur. *Ri.* 6 *Nov.*, 464.
— — Machine soufflante à balancier de Pribrann. *ZOI*, 5 *Nov.*, 601.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Fer. Phosphore. Détermination dans les fers. *CN.* 22 *Oct.*, 200.
— Trempe du fer pur (Sauveur). *Eam.* 23 *Oct.*, 489.
— Transbordeur mouleur Uehling. *Gc.* 6 *Nov.*, 1.
Nickel. Production en 1897. *Eam.* 16 *Oct.*, 452.
Or. Cyanuration. *Eam*, 9 *Oct.*, 426, *Cs.* 30 *Oct.*, 804.
— aux États-Unis. *Gc.* 30 *Oct.*, 421.
— Traitement des Slimes au Transvaal. *Gc.* 13 *Nov.*, 27.

MINES

Extraction. Machines de Donnersmark. *VDI.* 30 *Oct.*, 1242.
Fonçage. Appareil Mac Culloch. *E'.* 29 *Oct.*, 429.
Haveuse. Sullivan. *Eam.* 9 *Oct.*, 429.
— électrique Jeffrey. *Eam.* 6 *Nov.*, 551.
Houillères de Cabo Mondego. Portugal. *Ru.* *Oct.*, 61.
— Poussières de charbons, procédé pour en éviter les dangers. *Gc.* 6 *Nov.*, 8.
— Fours à coke divers (Letoret). *Ru.* *Oct.*, 96.
— Explosifs (Les) et le grisou en Angleterre (Schmerber). *Gc.* 12 *Nov.*, 17.
— Lampe de sûreté Laune. *AM. Oct.*, 353.
Hydraulique. Minage hydraulique en Californie. *Eam.* 30 *Oct.*, 519.
Italie. Industrie minérale de (l'). *JA.* 29 *Oct.*, 1173.
Or. Mines de Klondyke. *Eam.* 9, 23 *Oct.*, 425, 485.
— d'Alabama. *Eam.* 22 *Oct.*, 458.
— de Rainy River. *Eam.* 23 *Oct.*, 485.
— de Bererowsk. *E'.* 12 *Nov.*, 479.
— du Witwatersrand. *Gc.* 22 *Oct.*, 409.
— dans les régions arctiques. *Ln.* 30 *Oct.*, 343.
Patagonie du Sud. Géologie (Hatcher). *American Journal of Sciences. Nov.*, 327.
Préparation mécanique. Trieurs magnétiques Edison. *E.* 12 *Nov.*, 579.

PHOTOGRAPHIE

Ébonite. Opacité de (l'). *Sfp.* 1er *Oct.*, 456.
Gélatino-bromure (Procédé au) donnant les 25°. Warnecke. *Sfp.* 1er *Oct.*, 449.
Objectif Reiss. Le Planar. *Co.* 23 *Oct.*, 523.
Photographie. Mesure des indices de réfraction par la (Lumière). *Sfp.* 15 *Oct.*, 488.

Le Gérant : Gustave Richard.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

96e ANNÉE. Cinquième Série, Tome II. DÉCEMBRE 1897

BULLETIN
DE
LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT
POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

NOTICE NÉCROLOGIQUE

NOTICE NÉCROLOGIQUE sur **Charles de Comberousse,** membre du *Comité des Arts mécaniques* de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale, par **M. Joseph Imbs.**

La Société d'Encouragement a perdu, au mois de septembre dernier, un des membres très dévoués de son Conseil d'administration, Charles de Comberousse, qui faisait partie du Comité des Arts mécaniques.

Charles de Comberousse était né à Paris en 1826, où se trouvait fixé son père, littérateur distingué, dont la famille était originaire de Lyon. Le milieu dans lequel il grandit, aussi bien que ses facultés personnelles, lui assurèrent tout le profit d'une éducation soignée et une instruction solide. Ses aptitudes scientifiques le portèrent à viser l'École polytechnique et à s'y préparer. Sa santé vint contrarier son succès de ce côté, et il entra en 1845 à l'École centrale, où la forte préparation qu'avait exigée son premier but le maintint dans un rang brillant parmi les premiers.

Son esprit de méthode, sa facilité d'élocution claire, élégante et bien ordonnée le dirigèrent dès l'origine, à sa sortie de l'École centrale, vers le professorat, et, sorti comme élève distingué de cette École, il y rentra peu de temps après comme répétiteur.

L'École centrale n'avait pas encore, à cette époque, la haute notoriété qu'elle a acquise depuis et n'était encore qu'une institution privée. Mais

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Charles de Comberousse était dès lors d'un jugement trop sûr pour ne pas comprendre et mesurer à leur valeur les services déjà rendus à l'industrie et à la jeunesse française par cette école, la largeur et la justesse des vues de ses fondateurs, les brillantes carrières d'ingénieurs déjà fournies par l'élite de ses élèves antérieurs et enfin l'importance de l'avenir qui lui était réservé. Ce qui eût pu n'être qu'un calcul exact de sa part lui était d'ailleurs dicté par ses sentiments naturels. Homme de cœur, de devoir et de conscience, il apporta à ses fonctions de répétiteur, à ses élèves et à cette école, ce dévouement intelligent et constamment actif qui ne s'est ni ralenti ni refroidi un seul instant pendant toute sa carrière et qui ne tarda pas à faire de lui un des membres les plus importants de la direction de cette école. Il y devint successivement professeur de mécanique appliquée, membre et président du Conseil, et enfin membre et président du Conseil de perfectionnement de l'École devenue école du gouvernement. Ce furent aussi ces titres et ces services qui, avec ses remarquables qualités de discussion logique et courtoise, le désignèrent au choix de la Société des Ingénieurs civils de France, qui l'élut pour son président annuel en 1885.

Un an auparavant, la démission de M. Hervé Mangon, devenu député de la Manche, avait laissé vacante, au Conservatoire des Arts et Métiers, la chaire de génie rural. Charles de Comberousse fut désigné pour lui succéder. Tout autre eût pu craindre d'affronter la comparaison que les souvenirs laissés par son illustre prédécesseur pouvaient provoquer. Mais son talent d'assimilation et d'exposition et son habitude du professorat, qui était accompagnée d'une originalité propre, attractive et sympathique, lui permirent d'éviter cet écueil et d'être, en cette occasion comme en toute autre, à la hauteur de la mission qui lui incombait.

Sa situation et l'estime qu'il méritait lui valurent en outre de nombreuses missions intermittentes, que son activité lui permettait de remplir. C'est ainsi qu'il fut membre du jury des récompenses à l'Exposition de 1878, du Comité technique des machines à l'Exposition de 1889, de la Commission permanente de l'enseignement technique et du Conseil supérieur de l'Instruction publique. Toutes ces missions ne l'empêchaient pas de trouver encore des loisirs à consacrer à son *Traité de Mathématiques spéciales;* il a publié, en outre, en collaboration avec M. Eugène Rouché, un *Traité de Géométrie* très connu et très estimé. On lui doit encore une fort intéressante *Histoire de l'École centrale*, publiée lors du cinquantenaire de cette école.

La carrière de Ch. de Comberousse a été, on le voit, trop bien remplie

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pour qu'il y ait lieu de s'étonner des distinctions honorifiques qui lui ont été accordées; il était chevalier de la Légion d'honneur et Officier de l'Instruction publique. Ce fut en 1878 que M. de Comberousse fut élu membre du Comité des Arts mécaniques de la Société d'Encouragement, dont il a ainsi été, pendant dix-huit ans, un membre actif et dévoué, et où son caractère éminemment sympathique et affectueux et son concours aux travaux de la Société laissent aujourd'hui de sincères regrets.

La maladie était venue frapper notre collègue il y a bientôt deux ans; la mort est venue l'enlever en septembre dernier en l'absence de presque tous ceux qui eussent désiré témoigner à ce moment leurs souvenirs douloureux.

Le Comité des Arts mécaniques, au nom de la Société d'Encouragement, prie la famille de M. Ch. de Comberousse d'agréer la profonde expression de son double regret.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS MÉCANIQUES

RAPPORT fait par **M. Imbs** au nom du Comité des Arts mécaniques sur les *tissus tissés cambrés* présentés par **M. Christian Landsmann**, à Saint-Germain-en-Laye.

M. Ch. Landsmann a imaginé en 1878 des procédés pour le tissage direct, avec leurs formes cambrées, de pièces détachées telles que chaussures, guêtres, etc., habituellement obtenues par fragments découpés et plans, réunis par des coutures toujours plus ou moins nuisibles à la solidité de l'objet et à l'aisance de celui qui le porte.

M. Landsmann avait pris à cette époque un brevet et une addition de brevet pour les produits ainsi obtenus; il en avait monté avec succès la fabrication, quand les embarras financiers de son commanditaire amenèrent la chute de son entreprise, et, faute de fonds pour en faire les frais au moment voulu, ses brevets tombèrent en déchéance.

Les procédés de M. Landsmann sont très analogues à ceux qui sont utilisés pour la fabrication des corsets sans coutures. La chaîne est montée en bobines sur un *cantre* et certaines parties du tissu, déterminées à des positions graduées, peuvent ainsi avancer seules, et prendre une direction tournante par rapport au reste de la largeur du tissu qui, pendant ce même temps, est stationnaire, ce qui produit le bombé voulu. Ce travail exige, pour chaque forme particulière à produire, une mise en carte très étudiée pour l'exécution des cartons de la mécanique Jacquard qui, sur le métier, fera fonctionner certains groupes de fils indépendamment des autres et les fera se lier à des duites qui se localiseront comme celles d'un tissu spouliné à la main. L'idée de M. Landsmann : d'appliquer cette méthode à la production d'objets spéciaux tissés, que l'industrie n'avait pas encore songé à réaliser ainsi, était donc accompagnée de sa part d'un travail pratique considérable, difficile, et bien réussi d'ailleurs, comme le montrent les échantillons qu'il a présentés. On peut présumer que ce sont en partie les difficultés de ce travail préparatoire qui laissent encore jusqu'ici cette méthode inappliquée pour ces produits. Mais cette méthode est d'ailleurs, en même

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

temps, fort peu connue par elle-même, et il peut ne pas être sans intérêt pour l'industrie de la lui signaler à cette occasion.

En conséquence, le Comité des Arts mécaniques a l'honneur de proposer à la Société de remercier M. Landsmann de sa communication et d'insérer le présent rapport au *Bulletin*.

Signé : Le rapporteur, J. Imbs.

Lu et approuvé en séance, le 10 décembre 1897.

Rapport présenté, au nom du Comité des Arts mécaniques, par **M. E. Bourdon**, sur un *robinet-clapet automatique à double effet* et une *soupape équilibrée à échappement progressif incalable* de **M. L. Pile.**

M. L. Pile, ingénieur-mécanicien à Paris, a présenté à l'examen de la Société d'Encouragement un robinet-clapet automatique à double effet et une soupape équilibrée à échappement progressif incalable.

Ces deux genres d'appareils vous sont déjà connus par les études intéressantes et les rapports qui ont été présentés, en 1885 et 1887, par M. Hirsch sur les clapets de retenue de vapeur, et en 1892, par M. Sauvage, sur les soupapes de sûreté. Les conditions que doivent remplir les appareils de cette nature ont été très nettement indiquées dans les rapports que je viens de citer ; je n'ai donc pas à y revenir, et je me bornerai à décrire les dispositifs brevetés par M. L. Pile.

1° *Robinet-clapet automatique à double effet* (fig. 1).

Ce clapet automatique appartient au troisième type de la nomenclature établie par M. Hirsch, c'est-à-dire qu'il a deux sièges et peut se fermer dans les deux sens. Il présente de plus les avantages suivants : il réunit dans un même ensemble la valve de prise de vapeur et le clapet automatique d'arrêt ; il ne comporte ni ressorts ni contrepoids ; enfin, il doit sa fermeture automatique à l'action de la pression différentielle qui se produit sur les faces opposées de deux pistons indépendants au moment où, pour une cause quelconque, l'équilibre de la pression est rompu.

L'appareil se compose (fig. 1) d'une pièce à quatre tubulures à l'intérieur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de laquelle se trouvent deux pistons A et E, pouvant se mouvoir chacun dans un cylindre, et formant clapets lorsqu'ils viennent s'appliquer sur un siège F. Une vis V, manœuvrée par un volant, permet d'appuyer le clapet A sur son siège pour produire la fermeture d'arrêt.

Fonctionnement. — Les clapets A et E, occupant la position indiquée sur la figure, sont en équilibre sous l'influence de la pression de la vapeur qui

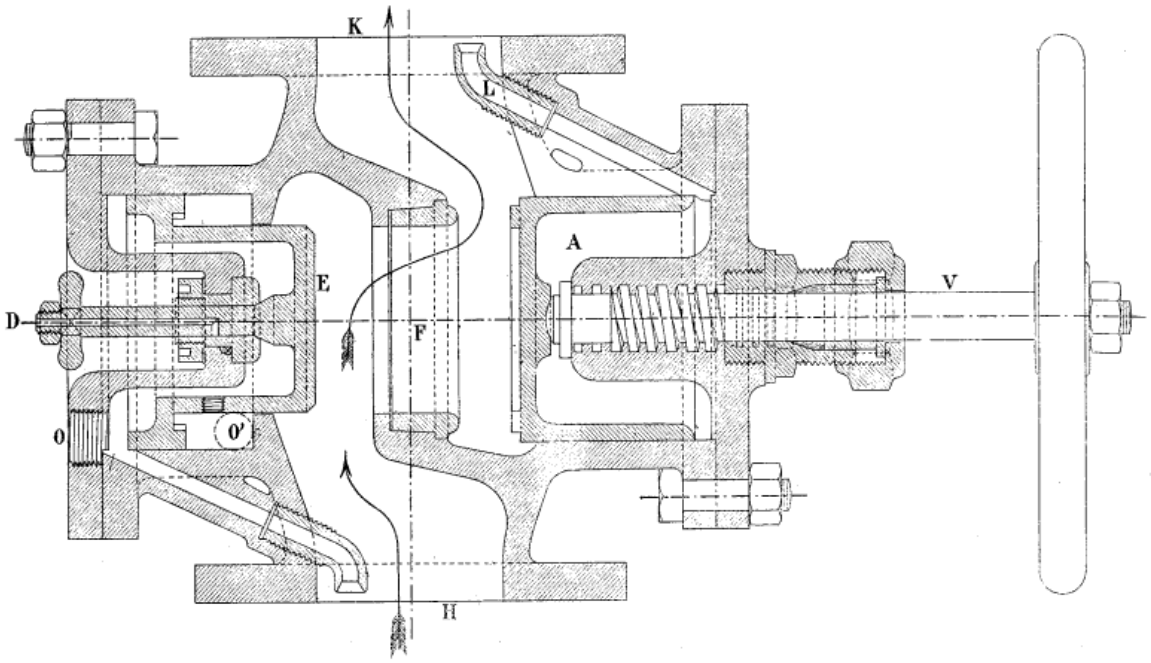


Fig. 1. — Robinet-clapet automatique à double effet.

traverse la valve suivant la direction des flèches. S'il y a rupture dans le conduit de vapeur K, l'équilibre du clapet E est détruit; la vapeur qui arrive par le tuyau I le fait appliquer contre son siège F, et le passage de la vapeur est intercepté.

A ce moment, un petit jet de vapeur s'échappe en D, et indique que la fermeture a eu lieu.

Si, au contraire, la rupture se produit dans le conduit H, la dépression qui s'y forme instantanément fait fermer le clapet A, lequel est poussé par la vapeur arrivant sur sa face arrière par le tuyau L. Les orifices O et O′ sont munis de robinets qui permettent de produire à volonté une chute de pression faisant mouvoir le clapet E; on s'assure de cette manière qu'il est en état de bon fonctionnement.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Je passe maintenant au deuxième appareil.

2° *Soupape équilibrée à échappement progressif incalable* (fig. 2 et 3).

Ce dispositif est caractérisé par l'emploi d'un piston actionné par la vapeur et combiné avec une petite soupape munie d'un ressort dont la tension est réglable. Une tubulure A, servant d'arrivée de vapeur, porte le siège de la soupape d'évacuation, dont le clapet P est un piston différentiel; la

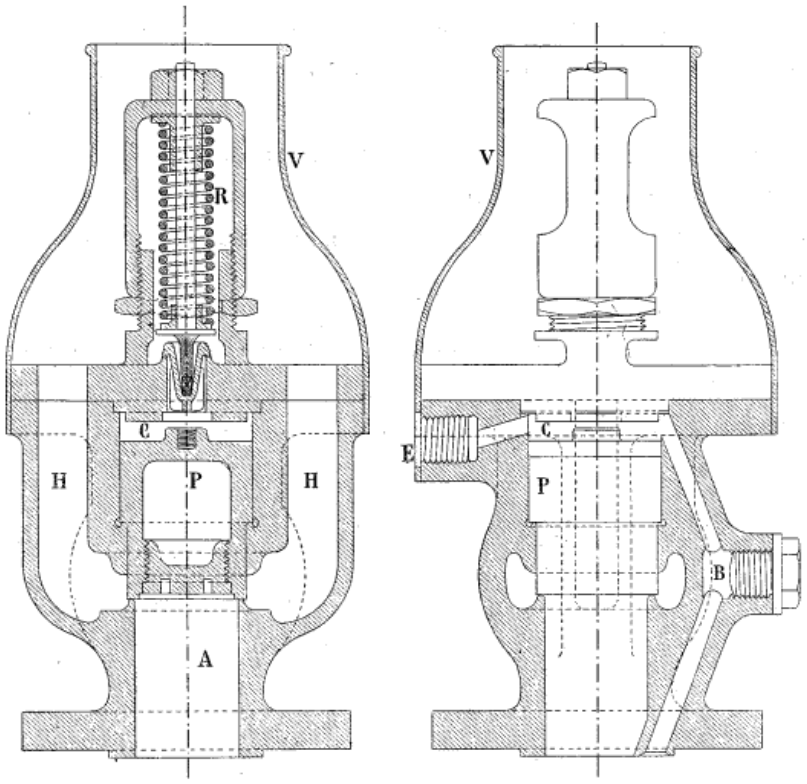


Fig. 2 et 3. — Soupape équilibrée à échappement progressif variable.

petite soupape à ressort R communique avec la chaudière par un conduit B de section réduite.

Fonctionnement. — La petite soupape R se lève au moment où la pression atteint le chiffre du timbre de la chaudière; il se produit alors une dépression à la partie supérieure C du clapet P, qui, par ce fait, se soulève à son tour et laisse dégager la vapeur en H. La pression baisse alors dans la chaudière, le débit de la soupape R diminue progressivement jusqu'à devenir nul, et le clapet H se referme sous l'action de la pression de la vapeur qui augmente sur la face C. Un robinet d'épreuve placé en E permet de vérifier

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de temps à autre le bon fonctionnement du clapet P, en produisant une dépression sur la face C; ce robinet, qui maintient fixe l'enveloppe métallique V, empêche qu'on puisse modifier à volonté la tension du ressort R, c'est pour cette raison que la soupape est dite *incalable*.

Les deux appareils que je viens de décrire ont subi la sanction de la pratique; les industriels qui les emploient trouvent qu'ils remplissent bien le but pour lequel ils ont été étudiés. J'ajouterai que des expériences comparatives faites à la Compagnie du chemin de fer d'Orléans sur la soupape à échappement progressif ont donné des résultats très satisfaisants.

En conséquence, votre Comité des Arts mécaniques a l'honneur de vous proposer de remercier M. L. Pile de son intéressante communication et d'ordonner l'insertion au *Bulletin* du présent rapport et des dessins qui l'accompagnent.

Signé : Le rapporteur, E. BOURDON.

Lu et approuvé en séance, le 10 décembre 1897.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

BEAUX-ARTS

LES BIJOUX DE JADIS ET CEUX D'AUJOURD'HUI

CONFÉRENCE FAITE A LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE, LE 26 MARS 1897, par **M. Lucien Falize** (1).

MESDAMES ET MESSIEURS,

Il y a quelques mois déjà, notre savant et sympathique président de la Société d'Encouragement m'avait invité de la façon la plus pressante et la plus aimable à faire une conférence. J'étais souffrant, je m'étais dérobé à cette obligation, et j'espérais fort qu'il n'en serait plus question.

M. Mascart est revenu à la charge. Il croit sans doute que les bijoux et les joyaux sont un intermède agréable dans la série des études plus sérieuses auxquelles sont accoutumés les auditeurs fidèles de cette maison. Il sait d'ailleurs que, parmi les industries que protège avec tant d'autorité la puissante Société dont il est le président, la bijouterie et la joaillerie tiennent une place des plus glorieuses et des plus anciennes. Il y a peu d'années, la Société d'Encouragement consacrait d'une façon solennelle cette bonne opinon en décernant sa grande médaille d'or à l'un des hommes qui honorent le plus notre métier, et dont le nom évoque, dans l'art moderne, un ensemble de travaux aussi remarquables que le ferait dans le passé le nom de Cellini ou celui de Germain. J'ai plaisir à rappeler que cette haute distinction a été conférée à notre excellent confrère M. Froment-Meurice, et l'honneur qui lui a été fait a rejailli sur toute la corporation des bijoutiers et des orfèvres. Nous en remercions le Comité directeur de la Société d'Encouragement.

Le sujet de cette causerie m'a donc été proposé par M. Mascart, mais peut-être attendait-il de moi une étude plus sérieuse et plus savante que celle que je puis faire. Je n'ai pas dessein de vous dire les mérites des pierres pré-

(1) On sait la mort soudaine autant que cruelle qui a frappé M. Lucien Falize au mois de septembre dernier. Sa fin prématurée fut une perte douloureuse et profonde pour l'art français, et pour tous ceux qui n'avaient pu le connaître sans l'aimer.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cieuses, leurs propriétés, leur valeur, ni même de vous en expliquer l'extraction et la taille. Je n'ai pas non plus le désir de passer chronologiquement en revue l'histoire des bijoux. Cela m'est arrivé jadis, et je me souviens de la peine que j'eus à condenser en une séance d'une heure toute l'histoire du monde (1).

Mon sujet, aujourd'hui, sera beaucoup moins vaste, et si nous remontons un peu en arrière, nous ne parlerons pas des temps antiques non plus que du moyen âge, dussions-nous en être blâmés par ceux-là qui ont, comme nous-même, l'admiration de ces lointaines époques; nous nous bornerons à prendre cette fois nos exemples dans les types qui peuvent se rapporter à nos besoins actuels.

Car c'est moins une leçon que je viens donner qu'une consultation que je viens prendre et j'expliquerai tout à l'heure comment, par une mutuelle entente, il faudrait nous accorder sur la parure qui convient à notre temps. C'est de nous qu'il s'agit, de nos bijoux, de la beauté de nos femmes, du goût qui doit présider à l'achèvement de leur costume. Et cela est si vrai que cette préoccupation n'est pas seulement celle de mes confrères et de moi, le président de cette Société en a eu l'instinct très juste; voilà qu'elle se traduit pour nous d'une façon toute surprenante et très réelle.

J'ai reçu, mardi dernier, l'invitation que voici à une série de conférences dont le programme est nettement défini. — Qui organise ces conférences? le Comité des dames de l'Union centrale. Quels que soient mes rapports constants avec l'Union centrale des arts décoratifs et mes relations d'amitié avec les conférenciers choisis, je n'avais pas été prévenu, j'ignorais complètement le plan de ces conférences, et ma surprise a été grande de voir qu'on avait pris pour sujet *l'Art dans la toilette des femmes*, et que les six chapitres de ces cours, confiés à MM. Eugène Müntz, Victor Champier et Thiébault-Sisson seraient :

1° Esthétique du costume dans les temps anciens ;
2° La coiffure dans les temps anciens ;
3° Les bijoux ;
4° La dentelle et les broderies ;
5° Le costume des femmes de 1789 à nos jours ;
6° La toilette de nos contemporaines.

Avant cela, j'avais déjà choisi et donné à l'impression le titre de cette conférence, qui semble en parfait accord avec ceux-là.

(1) *Les Bijoux*. Conférence faite par M. L. Falize à la bibliothèque Forney, le 22 avril 1886.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les Bijoux de jadis et ceux d'aujourd'hui.

Mes amis et les dames du Comité de l'Union centrale me pardonneront d'avoir pris cette avance ; on voudra bien regarder l'entretien de ce soir comme une simple préface, comme un rapide avant-propos qui préparera peut-être la curiosité d'un auditoire d'élite à mieux profiter des choses qui seront dites là-bas.

Là-bas, cela veut dire le Louvre, le cadre magnifique du Salon carré, où seront faites ces conférences, — et j'imagine que notre savant ami, M. Eug. Müntz, quand il en viendra à cet art exquis de la Renaissance italienne, qu'il a étudié mieux qu'aucun autre, aura des paroles magiques pour évoquer les images des femmes que peignirent les grands maîtres, pour les détacher de leurs cadres et donner la radieuse illusion d'une si belle époque.

Ici, loin des splendeurs du Louvre et des merveilles de l'art, je ne me crois pas cependant obligé à vous parler des bijoux en professionnel, et à vous expliquer les procédés d'atelier ou les causes économiques de succès ou de souffrance de notre industrie. Je n'oublie pas que je m'adresse surtout à un auditoire curieux et mondain auquel je ne viens pas apprendre, mais que je veux surtout consulter. — Il y a à cette heure un réveil intéressant du goût, un phénomène qui se produit et dont les tendances sont manifestes, un retour évident aux bijoux qu'on avait longtemps négligés. Ces parures d'or, ces chaînes, ces broches, ces bracelets disparus pendant vingt-cinq ans de la toilette des femmes, on nous les demande, mais autrement faits; la femme se reprend à les aimer, à les vouloir, mais elle a l'horreur instinctive des vieux bijoux qu'elle a vus dans l'écrin des aïeules.

A son costume nouveau, elle veut des bijoux nouveaux. Elle ne consentira pas à porter des camées, des pendants d'oreilles, des colliers de corail, des mosaïques de Naples, ni toute cette quincaillerie d'or qui avait cours sous le gouvernement de Juillet et sous l'Empire, mais elle goûtera les bijoux de la Renaissance, les joyaux du XVII^e^ siècle et les jolies ciselures du XVIII^e^.

Elle aimerait surtout qu'on lui trouvât un bijou qui fût bien à elle, qui sût aller à son visage, à son esprit, à son caractère, à la forme de sa robe, à ses allures actuelles, à son besoin de mouvement, et qui ajoutât à tout cet ensemble ce qui lui manque, le scintillement de l'or, le symbole de quelque chose, l'insigne personnel. Ce qu'elle voit dans toutes les images peintes d'autrefois et ce qui n'est pas suffisamment exprimé par la banale richesse d'un diamant ou d'une perle.

Il y a, dans notre profession, deux métiers distincts, vous le savez tous : la bijouterie et la joaillerie. Autrefois cela était compris dans un seul mot : l'or-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fèvrerie ; et tout le travail des métaux précieux et de la lapidairerie, de la ciselure et de l'émail appartenait à un seul maître ; cela s'est divisé.

La joaillerie, qui n'existait pas, a commencé au XVIIe siècle, et grâce aux progrès de la lapidairerie, elle s'est développée très vite, étouffant la bijouterie à ce point qu'il y a telles époques où le bijou disparaît. Et ce n'est pas seulement le goût de ce qui brille et la coquetterie ambitieuse des femmes qui en est cause, c'est l'immense production des mines de diamants, c'est la création d'une richesse nouvelle qui, des mains assez rares où elle demeurait jadis contenue, s'est multipliée, s'est répandue dans toutes les classes avec une abondance extraordinaire.

J'aurais voulu trouver des renseignements exacts à vous donner sur ce que représente actuellement le stock de diamants, de perles, de rubis, d'émeraudes et de saphirs qui sont dans les écrins des femmes, les boutiques des joailliers, les tiroirs des lapidaires, les couronnes des rois et les trésors des rajahs.

Nulle part je n'ai trouvé les éléments d'évaluation, aucune statistique sérieuse n'existe, qui puisse être consultée. Ceux que j'ai questionnés, joailliers ou économistes, m'ont répondu par des chiffres où l'imagination, le sentiment avaient plus de part que la raison. Mais s'il est vrai que les seules mines du Cap aient jeté plus d'un milliard de diamants sur le marché du monde depuis vingt-cinq ans, à combien faut-il chiffrer ce qu'on avait extrait de l'Amérique et des Indes depuis des centaines d'années? Et si, aux diamants, nous ajoutons les perles que produit la mer, les pierres précieuses si variées que l'homme a toujours connues, aimées, cherchées, que rien n'use, qui ne se perdent pas, qui dorment cachées dans quelque trésor et reviennent ensuite à la lumière, quelle énorme somme, quelle immense richesse! L'imagination a peine à la concevoir.

Autrefois c'était en matières d'or, en vases précieux, en bijoux, en gemmes, en perles, en objets d'art que consistait la fortune d'un roi, d'un prince, d'une église. Ces trésors, dont quelques inventaires célèbres nous ont conservé la description et nous font comprendre la prodigieuse importance, ces trésors ont à toutes les époques de l'antiquité et du moyen âge existé, mais dans quelques mains, chez un petit nombre de privilégiés; les révolutions, les guerres, les causes économiques et morales, le changement des mœurs ont éparpillé ces richesses, mais pas un atome n'en a été perdu : les formes ont changé, les montures ont disparu, hélas, mais pas un gramme d'or n'a cessé d'être, pas un diamant n'a été détruit. Ces choses sont éternelles. En donnant au diamant le nom *adamas*, les anciens l'avaient marqué du caractère d'éternité, de force, de résistance. Ils en avaient fait la *pierre indomptable*. Pourquoi faut-il que nos illustres savants d'aujourd'hui s'acharnent à en pénétrer le secret; quelle est la loi de curiosité qui veut que, perpétuellement, l'homme s'attaque à ces mystères de la nature, qu'il use

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sa vie à chercher la solution du grand problème, quand aucune utilité évidente n'en doit résulter?

De l'antique Hermès au grec Zozime, de l'arabe Geber à Roger Bacon, d'Albert le Grand à Nicolas Flamel, de Paracelse à Cagliostro, tous ont cherché la pierre philosophale, tous ont espéré pouvoir transformer les plus viles substances en précieux métal, et nous sourions à présent de la passion de ces savants, de ces mystérieux alchimistes, qui vouaient leur vie à la poursuite du *grand œuvre*.

Ils n'ont pas fait de l'or, c'était impossible, le plus simple écolier le sait; mais de leurs creusets, est sortie une science nouvelle qui a modifié toutes les conditions de la vie : *la chimie*.

Nos chimistes ne poursuivent plus l'ancienne chimère; ils ne rêvent plus de faire de l'or. Ils voudraient faire du diamant, des rubis, des saphirs, des émeraudes. — A quoi bon? quel inutile problème! — Et quand, au fond d'un creuset, Feil et Frémy nous montraient en 1878 des rubis véritables, quand tout récemment M. Moissan cristallisait le carbone et créait des diamants, méritaient-ils d'être loués?

A quoi servirait à l'homme de créer ces pierres brillantes, que Dieu a faites si rares, et qu'il a disséminées au plus profond de la terre, qu'il a jetées comme des jouets pour l'humanité, ces pierres que nous aimons pour leur beauté, leur lumière, pour leurs vertus, et que nous cesserions d'aimer si demain l'industrie les produisait artificielles. Quel résultat suivrait une telle découverte? l'effondrement de la fortune de beaucoup de gens, la disparition d'un capital public, de bien des milliards répandus dans toutes les mains, du plus riche au plus pauvre, la perte d'un jouet charmant dont s'amusent les hommes, et les femmes surtout, depuis les temps les plus reculés.

Car tout s'évanouirait, le savant ne tirerait aucun parti de sa découverte; trop honnête pour la tenir secrète et en obtenir un profit que la loi jugerait illicite, il aurait fait perdre aux divines pierres leur vertu, et cela sans raison. Heureusement les recherches si curieuses de quelques-uns sont plus du domaine de la pure science que de la pratique, et, jusqu'ici, on n'a pas eu à souffrir de cette menace. Elle aura son effet cependant, et l'on peut prévoir que, dans un avenir plus ou moins éloigné, on fera des diamants, des rubis, des saphirs, des émeraudes, et ce sera une grande catastrophe.

Mais on ne fera jamais de perles.

La perle a gardé son prestigieux empire, et, depuis Vénus sortant de l'onde, la chevelure d'or ruisselant des perles de la mer, depuis Cléopâtre détachant de son oreille la perle qui valait une province d'Asie pour la dissoudre dans sa coupe, — jusqu'au don récent que fit au Louvre la veuve d'un Président de République, la perle est restée, pour toutes les femmes, la parure idéale, celle ui convient le mieux à sa beauté.

q

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nous en parlerons plusieurs fois au cours de cet entretien. Mais si la valeur de la perle va toujours croissant, si elle suit une progression continue, c'est que rien ne la pourrait remplacer, et que l'huître a seule le secret du chef-d'œuvre. On a essayé d'alimenter cette ouvrière, elle ne travaille pas sur commande, et résiste même à la patiente direction des Chinois.

La perle non plus ne s'use pas; elle peut, sous des heurts et des influences délétères, se fendiller, se ternir, s'altérer, mais elle traverse de longs âges. Et quand, pour satisfaire à la curieuse et savante recherche de M. Berthelot, j'ai fait, avec le regretté Alfred Darcel au Musée de Cluny, et avec Émile Molinier au Louvre, l'examen des perles qui garnissent les bijoux et les orfèvreries les plus anciennes, j'ai constaté que quelques-unes de ces perles avaient vécu bien des siècles, mais je n'ai pu connaître si leurs craquelures étaient anciennes ou récentes; tandis que je sais, dans certains écrins, des colliers plus malades que les perles du Trésor de Saint-Denis et du Cabinet des Antiques.

J'ai dit en commençant qu'un retour du goût se manifestait vers les bijoux d'or; c'est à le démontrer que je voudrais m'appliquer, mais cela est plus du domaine de la mode et de l'observation personnelle de chacun, et je n'ai pas à donner la formule de cette bijouterie nouvelle. Vous comprenez d'ailleurs que je ne veuille pas vanter les bijoux aux dépens des montures de diamants; l'initiative de ces changements doit venir de la femme, et de la femme seule. L'ouvrier, l'industriel peuvent en profiter, mais il ne leur appartient pas de déterminer le renouveau d'une parure; tout au plus le peuvent quelques artistes, et nous les y inviterons tout à l'heure.

A ces changements de courant dans la mode, il y a des causes fortuites toujours bizarres. C'est une joueuse de Monte-Carlo, superstitieuse comme elles sont toutes, qui a ramené le premier bijou, il y a de cela quinze ou vingt ans. Elle avait un fétiche, — vous le connaissez ce petit cochon d'or, qui s'est propagé avec une si étonnante fécondité. Elle le dissimulait de son mieux; elle le pendait à un mince anneau d'or qui disparaissait entre la manche et le gant, — et elle gagnait. On l'observa, on découvrit le talisman de la joueuse; tout le monde voulut avoir le porte-veine. On fit des bracelets semblables, ce furent les porte-bonheur, et la mode en devint générale. Ce fil d'or engendra tous les bracelets nés depuis ce temps, et les bijoutiers devraient par reconnaissance élever dans leur maison syndicale une statue au *Cochon d'or*.

La femme n'a pas horreur de l'or, puisque, dans les broderies et les passementeries, elle en accepte. Nous avons vu porter des chapeaux constellés de paillettes qui ressemblaient à des casques étincelants, et cela au moment où les mêmes femmes n'auraient pas mis un bijou à leur corsage ou dans leur chevelure; où, par moquerie, on disait de celles qui avaient gardé d'autrefois le goût des bijoux voyants, qu'elles ressemblaient à des marchandes de la Halle. Or, sait-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LA MADELEINE

(Quantin Metsys.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

on ce que signifiait cette locution devenue proverbiale? — Elle se rapportait aux chaînes appelées *jaserons*, qui étaient en effet fort recherchées jadis dans le monde des Halles; et l'on y jugeait de la fortune des marchandes par le nombre des rangs de chaîne qu'elles s'enroulaient autour du cou. Toutefois c'était une tradition qui remontait aux époques les plus lointaines, et nous la retrouvons non seulement à Venise, en Allemagne, mais dans l'antique Étrurie. — Tant qu'elle a duré, cette mode a fourni du travail aux ateliers de chaînistes; quantité d'ouvrières vivaient de ce métier, et l'exportation puisait à Paris quelques centaines de kilos de chaînes tous les ans. L'industrie des chaînistes n'est pas la seule qu'ait ruinée la mode, bien d'autres ont été compromises dans le commerce des bijoux.

Les bijoux ont toujours été le complément de la toilette des femmes. Ils sont indispensables, mais encore ne doivent-ils pas être seulement un signe de richesse et d'opulence; il leur convient de jouer un rôle utile, d'avoir, dans l'esthétique du costume, un caractère précis, et, par la forme et la couleur, de compléter un ensemble, d'ajouter une beauté.

Un bijou doit satisfaire l'artiste, peintre ou sculpteur, qui compose un portrait ou copie une figure. Il ne doit pas être quelconque, mais d'accord avec le sujet. Il y peut nuire comme une fausse note; il peut aussi l'éclairer, le compléter, lui donner l'harmonie. — Quelques femmes l'ont senti, et dans ce temps de curiosité et d'étude, où l'amour du bibelot a fait place, chez beaucoup de gens, à la recherche raisonnée des plus belles formes et des meilleures œuvres, quelques femmes, dis-je, ont compris qu'il y avait pour elles, dans les musées, des modèles à étudier qui les concernaient elles-mêmes, comme il y a des types d'architecture, de mobilier, de décoration.

L'une d'elles, une dame de l'aristocratie anglaise, me disait qu'elle et ses amies avaient commencé par réformer leur maison et réorganiser tout leur mobilier en suite de la création des musées d'art tels que le Kensington, mais que c'était là une partie très accessoire de leurs recherches. Ce qu'il importait, c'était de découvrir dans les œuvres peintes, dans les portraits, dans tout ce que les maîtres ont laissé d'images de femmes illustres, belles, célèbres, ou de créations de leur imagination, c'était de trouver le type le plus voisin de leur propre type, la femme qu'on voudrait être, de découvrir ce qu'elle avait aimé, ce qui lui avait convenu et leur conviendrait à elles-mêmes.

J'imagine que M. Müntz, en parlant aux dames des costumes anciens, des coiffures anciennes, a eu la même idée que ma cliente anglaise, la même idée que moi, et qu'il a pensé qu'au Louvre il aurait les plus merveilleux exemples. J'y ai été très souvent, j'y ai fait de bien intéressantes visites avec des

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

femmes curieuses non pas de revoir un bijou ou un émail de la galerie d'Apollon, mais plus inquiètes de juger de l'arrangement d'une coiffure ou de la place d'un bijou dans une figure peinte.

Ce sont ces femmes d'un goût exquis, d'un jugement très sûr, qui promettent de prendre enfin la direction des idées non seulement dans les choses du mobilier et l'arrangement de leur salon, mais dans la saine orientation de la mode, et puisqu'il n'y a plus ni souveraine ni favorite pour diriger le goût français, il est temps que, dans la société française, quelques dames prennent l'initiative de ce mouvement. Sans quoi, il nous faudrait attendre que la mode vînt de Londres, de New-York ou de Berlin, et ce serait étrange.

Voulez-vous que nous fassions comme ces chercheuses et que, ne pouvant vous conduire au Louvre, nous fassions venir du Louvre ou d'autres musées les images qui nous pourront aider à faire une revue rapide du costume de la femme, ou du moins du rôle de certains bijoux dans son costume?

Nous ne remonterons pas bien haut, et pourtant si nous devions chercher surtout des bijoux d'or, c'est aux primitifs qu'il les faudrait demander; les peintres d'Italie, ceux des Flandres, ceux d'Allemagne ont laissé de merveilleuses peintures, et je sais à Bruxelles, à Bruges, à Cologne, à Munich, à Florence, comme à Londres et à Paris, les plus curieux spécimens de bijouterie peinte qui soient. Mais il faudrait reculer au xv^{e} siècle, et je crains déjà que nous ayons à peine le temps de descendre du xvi^{e} à nos jours.

Je ne vous montrerai qu'un seul des vieux maîtres flamands, et encore n'est-ce pas, parmi les admirables figures de *Quantin Metzis*, celle qui possède les plus beaux bijoux; au contraire, celle-ci en est très sobrement parée (1).

La *Madeleine* du musée d'Anvers est d'un charme exquis; elle tient entr'ouvert un vase à parfums orné d'orfèvreries, mais le seul bijou qu'elle porte consiste en une croix enrichie de perles, suspendue par un simple cordonnet. D'Anvers, nous irons à Florence chercher un exemple beaucoup plus concluant, et prendre au *Titien* un admirable modèle de parure.

La *Catherine Cornaro* (des Offices) est un des plus importants spécimens que j'ai trouvés; je ne puis malheureusement vous donner que des images en blanc et noir; la photographie est impuissante à traduire la magie des couleurs, et je puis seulement vous dire que la tunique est d'un brocart à fond vert, qu'elle est bordée du haut en bas d'une riche garniture d'orfèvrerie composée de plaques

(1) La plupart des images données en projections au cours de cette conférence ont été empruntées aux séries de photographies publiées par la maison Braun. Il ne nous est pas possible de les reproduire toutes en cette place, non plus qu'à la dimension désirable aux fins détails des bijoux, mais nous donnerons en note les numéros du Catalogue, ce qui permettra de se reporter aux grandes et belles épreuves qu'on trouvera chez M. Ad. Braun et C^{e}.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CATHERINE CORNARO

(Le Titien.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'or attachées les unes aux autres par des anneaux, et décorées chacune de quatre perles et d'ornements ciselés. C'est une série de plaques estampées faites pour jouer, dans ce somptueux costume, le rôle des bractées que l'on cousait aux temps antiques sur les vêtements religieux ou royaux. Remarquez en outre les bracelets sertis de pierreries, la broche au grand chaton saillant, les pendants d'oreilles, et surtout la couronne qui est d'un dessin parfait, et qui encadre si joliment la coiffure. — Catherine Cornaro était reine de Chypre, elle céda en 1449 ses droits à la République et vécut ensuite à Venise jusqu'en 1510. J'ignore comment et à quelle époque précise Titien fit ce portrait, mais j'aurais dû vous montrer d'abord celui d'*Élisabeth*, femme de *Guidobaldo de Montefeltro, duc d'Urbino*, peint par *Mantegna* (Uffizi, Florence), car il est de date antérieure, et rien ne vaut, en une revue comme celle que nous faisons, l'ordre chronologique.

ÉLISABETH, FEMME DE GUIDOBALDO
(Mantegna.)

Cette figure, d'un caractère sérieux, porte au front la ferronnière, ce qui tend à prouver que la mode n'en a pas été créée par la belle maîtresse de François Ier ; un scorpion délicatement ciselé forme le centre du fin bandeau et étoile le front d'une tache d'or. Une chaîne à maillons simples se croise sur la poitrine et le corsage est encadré d'une légère broderie. Rarement les portraits italiens sont chargés de nombreux bijoux ; ce n'est pas que les peintres les eussent en petite estime, la plupart d'entre eux, comme Ghirlandajo, comme Francia, étaient passés par des ateliers d'orfèvres, et Vasari nous raconte que plusieurs avaient commencé par travailler le précieux métal ; mais ils réservent dans leurs peintures les lois d'harmonie, et l'or, l'émail et les pierres ne dérangent jamais l'équilibre de leur composition : c'est un accent, une lumière, un accident heureux ou nécessaire que le bijou apporte dans un ensemble, jamais une recherche de somptuosité inutile.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ce sentiment est bien évidemment rendu dans le tableau de *Bernardino Luini*, qui est à la galerie Sciarra à Rome, et qui est connu sous ce titre : *Modestie et Vanité*. La modestie ne porte aucun bijou ; quelques broderies, une fleur, un bracelet, un cabochon de pierre au corsage, un bandeau orné de trois rosaces, — c'est assez pour marquer la différence des deux natures et accentuer le caractère des visages.

Voici la *Belle Ferronnière*, de qui nous parlions tout à l'heure, et que tous vous avez admirée dans vos promenades au Musée du Louvre. Léonard de Vinci fit son portrait pendant son séjour à la cour de François Ier. Qui était-elle? La fille d'un simple ferronnier ou la femme de l'avocat Féron? C'était, en tout cas, une bourgeoise de Paris, et si adorablement belle qu'on conçoit la passion qu'elle avait inspirée au roi. Si elle est morte du mal mystérieux qu'elle communiqua à son royal amant, je ne saurais vous le dire, mais elle a donné son nom à la coiffure aux bandeaux plats et au frontal d'or, et il semble, qu'aujourd'hui, le secret en ait été repris par une autre femme pour plaire à un autre roi.

LA FORNARINA
(Raphaël.)

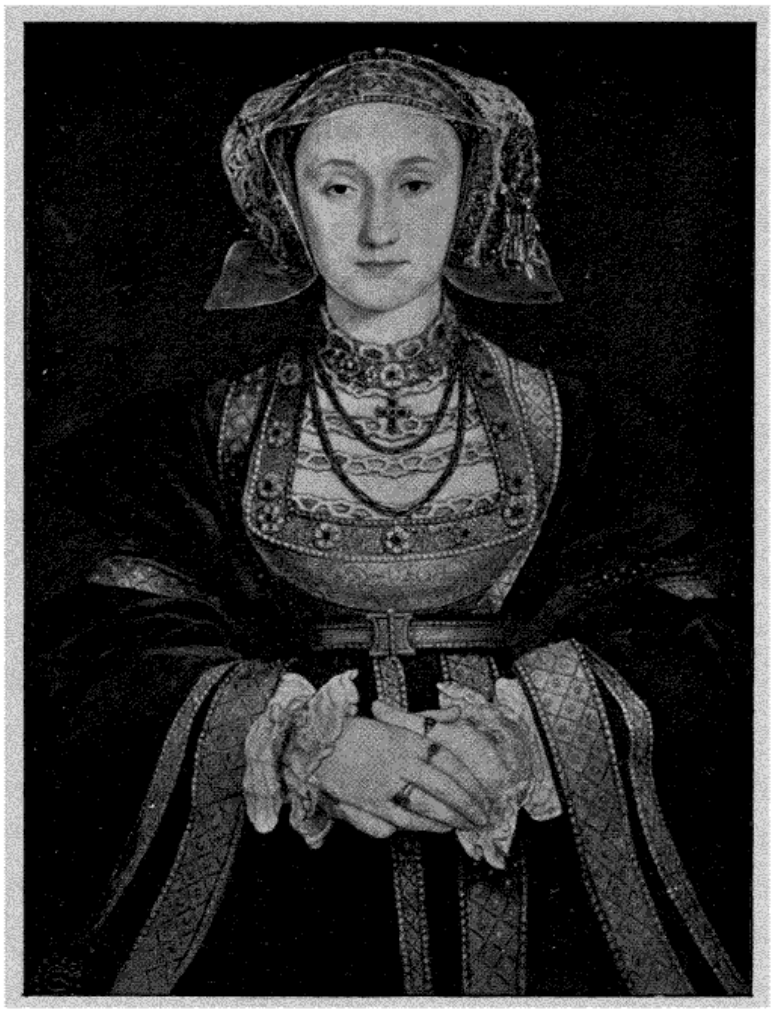
Raphaël, lui non plus, ne chargeait pas de bijoux ses portraits : voici la *Fornarina*. Ce n'était, il est vrai, ni une princesse ni une courtisane, c'était l'admirable modèle du plus grand des peintres, et ce portrait, qui est aux Offices, à Florence, rayonne d'une radieuse et immortelle beauté. Un simple bandeau fait d'un fil d'or et de quelques feuilles, un anneau au doigt, une perle aux oreilles et c'est tout. Il y a, de la Fornarine, un autre portrait paré plus richement, j'en ai retrouvé la description dans mes notes de voyage à Rome, mais je n'ai pas eu le temps d'en chercher l'image.

Puisque nous avons vu la belle maîtresse de Raphaël, voici celle de *Michel-Ange*, du moins est-ce l'attribution qu'on donne à ce dessin, conservé dans la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LA BELLE FERRONNIÈRE
(Léonard de Vinci.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



ANNE DE CLÈVES

(Hans Holbein.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

collection d'Oxford, et dont il y a une admirable répétition à Florence. Cette tête est si belle, elle a tant de caractère qu'il a suffi à une artiste de la traduire en marbre pour illustrer le pseudonyme sous lequel se cachait son titre et son nom ; j'ai revu il y a peu de temps, dans le salon de M. Chauchard, le beau buste de *Marcello*, et j'ai ressenti la même impression qu'au temps déjà bien éloigné où je l'avais vu pour la première fois.

L'admirable et savante coiffure encadre savamment les cheveux et complète les lignes du visage. C'est un modèle pour celles qui oseront essayer d'un arrangement d'orfèvrerie, beaucoup moins bizarre et déraisonnable que les échafauds de velours et de plumes, de mousseline et de fleurs que la mode a rendus cependant acceptables ou qu'il a fallu subir. — A Michel-Ange encore est attribué cet autre dessin qui est aux Offices ; l'arrangement de la coiffure en est plus compliqué, mais c'est bien d'un sculpteur, et il conviendrait d'y modifier quelque chose pour l'usage. On trouverait au Cabinet des Estampes, dans l'œuvre du Rosso, toute une suite de coiffures analogues, qu'il a composées pour les bals de la cour pendant son séjour à Fontainebleau ; mais elles sont d'une époque postérieure et d'une composition un peu lourde.

Autre figure de belle ligne peinte par Raphaël : le portrait de *Maddalena Doni*, qui est à Florence. Une chaîne d'or souple nouée au cou et portant une petite croix, des bagues aux doigts, un étroit bandeau sur le sommet de la tête.

Mais voici d'un autre grand maître, *Holbein*, un des merveilleux portraits du Salon Carré : c'est *Anne de Clèves*, la quatrième femme d'Henri VIII ; — un collier carcan, une double chaîne d'or, une croix, des rosaces de pierreries, d'or et d'émail cousues tout au long du corsage en carré, une boucle de ceinture, des bagues, un bracelet, voilà les bijoux qui ornent sans l'écraser ce riche costume de si beau style. Mais ce qu'il faut remarquer, c'est la coiffure, la si particulière coiffure de tulle, de broderies et d'orfèvrerie précieuse, ornée de perles, de pierres et d'or ouvré : la photographie n'en peut rendre qu'imparfaitement l'effet, mais on juge de la forme et de l'harmonie cependant. Il conviendrait d'étudier sur la peinture les détails charmants, la richesse et la couleur de ce délicieux bonnet, qu'aucune femme ne voudrait sans doute essayer de porter, sauf pour quelque bal, mais qui donne un caractère si intense au visage et rappelle d'autres coiffures nationales qu'on a eu grand tort de délaisser.

Puisque nous parlons d'Holbein, examinons quelques-uns de ses bijoux. Ce consciencieux artiste n'était pas un peintre qui pût se contenter de copier les joyaux apportés par son modèle ; il a composé pour l'orfèvrerie une grande quantité de motifs, il est un des maîtres les plus ingénieux, les plus féconds, et le *British Museum* conserve un grand nombre de ses dessins originaux : certains de ceux-ci ont été exécutés et se retrouvent encore à Hampton Court et à Windsor dans les portraits du roi et des personnages de la cour. — On sait qu'Holbein a

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vécu longtemps à Londres et que ses meilleures œuvres, tout au moins les plus nombreuses, sont en Angleterre. Cette planche est une des feuilles de dessins conservées au *British Museum*, on y verra douze motifs de pendants de cou. Il n'en est pas un seul qui ne soit exécutable en tous ses détails et d'une précision telle qu'il semble qu'*Holbein* ait été lui-même un habile ouvrier bijoutier (1).

Voici d'ailleurs le portrait d'*Hubert Morett*, l'orfèvre du roi Henri VIII, l'ami très intime d'Holbein ; je m'étais promis de ne vous montrer, Mesdames et Messieurs, que des visages de femmes, mais je puis faire une exception pour l'artiste éminent, pour l'orfèvre qui fit, sous les ordres du maître, les plus belles orfèvreries et les plus fins bijoux qu'ait eus l'Angleterre.

Cet admirable portrait, qui est au musée de Dresde, vous montre la différence qu'il y a d'un orfèvre de ce temps-là à l'orfèvre d'à présent. — Le costume est superbe, la mine belle, et Morett ne se bornait pas à faire des bijoux pour ses clients, il porte la chaîne d'or et le médaillon, il a une de ces magnifiques bagues d'or ciselé qu'Holbein aimait à composer et dont il a laissé de si remarquables dessins ; ses manches aux crevés de soie sont retenues par des ferrets de métal, et il accroche à son bonnet une enseigne émaillée. Ces enseignes étaient alors d'un usage très répandu, et je suis surpris que la mode n'en ait jamais été reprise. Vasari parle de la coutume, qui avait pénétré en Italie aussi, de porter au bonnet des médailles, des camées, des émaux comme ceux qu'on suspend au cou par une chaîne.

Cela prouve que l'Italie empruntait déjà les modes françaises, car l'enseigne avait commencé chez nous dès le siècle précédent. Louis XI et Charles VIII en avaient les premiers fait usage. Mais ce n'était plus la Vierge de plomb d'Embrun cousue au vieux bonnet du roi, ce n'était plus la pauvre image rapportée de quelque pèlerinage et dévotement arborée au chapeau. C'était un bijou précieux, un symbole, une devise, un insigne, un médaillon ciselé en relief, un émail translucide, une gemme gravée. Cellini raconte que son confrère Caradosso était fort habile à faire ces médailles pour le bonnet.

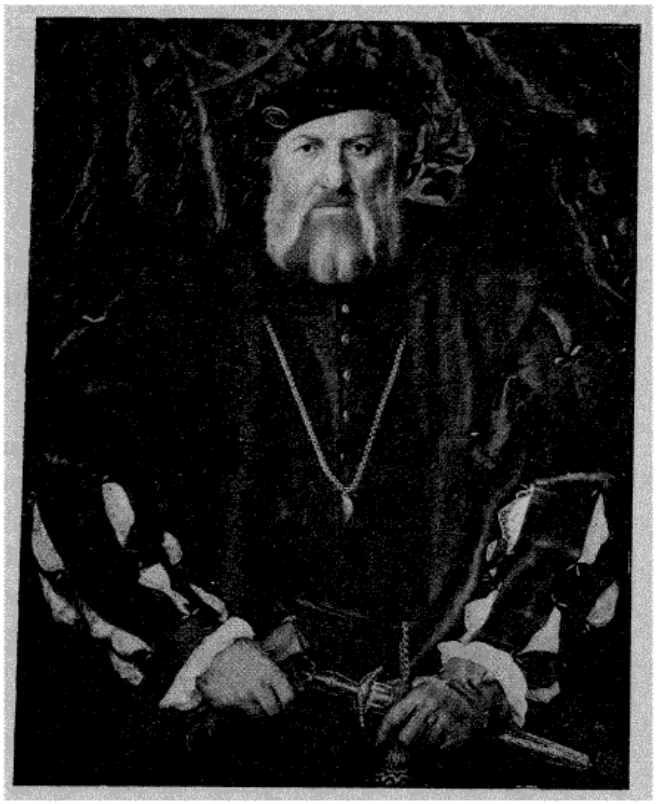
Mais les plus belles que je connaisse sont l'enseigne d'émail du baron Adolphe de Rothschild (cette merveilleuse armorisation qui reste l'un des plus étonnants spécimens de l'émaillerie sur relief), et le médaillon de la collection Trimolet, la perle du Musée de Dijon. Certains ont attribué à Cellini l'exécution de cet objet, rien ne démontre qu'il en soit réellement l'auteur (il représente la lutte d'Hercule et d'Antée) ; mais tous ceux qui ont l'amour des bijoux ont voulu contempler ce petit chef-d'œuvre.

Nous sommes au temps où l'artiste emprunte couramment à la mythologie le sujet de ses compositions, il mêle sans scrupule à la fable les figures de l'Écriture

(1) Il n'est pas possible de reproduire dans ce format les douze motifs dont il est question, et qui sont publiés par la maison Goupil.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Sainte, et, dans les bijoux comme dans les sculptures de l'édifice, c'est un mélange inouï de choses sacrées et profanes : les dieux de l'Olympe voisinent avec la Vierge et les anges, et nombreux sont les emprunts faits à l'histoire héroïque des Grecs et des Romains. Les artistes se soucient peu d'archaïsme, tout leur est bon si le décor est agréable, le bijoutier devient, pour les fins ouvrages d'or et d'émail, un prodigieux sculpteur, habile aux plus délicats et minutieux travaux.



HUBERT MORETT
(Hans Holbein.)

J'aimerais à m'arrêter longtemps à cette belle époque, à évoquer les fêtes de Fontainebleau, les splendeurs de la cour de François Ier, à raconter comment, avec les joyaux que la reine Claude avait hérités de sa mère Anne de Bretagne, le roi constitua le premier fonds des *joyaux de la couronne*, fonds sacré que nous avons vu disperser récemment sous le marteau d'un commissaire priseur.

C'est en ce temps-là qu'arriva, à propos de bijoux, l'aventure qu'on connaît. François Ier délaissa la comtesse de Chateaubriand pour la duchesse d'Étampes, et il voulut transmettre à la nouvelle favorite les bijoux que l'autre avait tenus de lui. Le procédé nous étonne, venant de ce roi si galant. Françoise de Foix, comtesse de Chateaubriand, s'exécuta, mais elle fit fondre en un lingot informe tous ses bijoux sans même en retirer les pierres, et les renvoya ainsi à sa rivale. C'eût été l'occasion de vous montrer un dessin qu'on attribue à Cellini, car nous n'oublions pas que Benvenuto travaillait pour le roi et qu'il fut en butte à la haine de la duchesse d'Étampes. Mais ce dessin m'est arrivé trop tard, l'épreuve a été mal réussie et j'ai de fortes raisons de croire que l'attribution en est au moins douteuse.

L'orfèvre italien ne resta pas longtemps en France. Il rend, dans son *Traité d'orfèvrerie*, toute justice à l'habileté des orfèvres français, et le fait avec une entière franchise. Nous voudrions avoir le temps de détacher quelques épisodes

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de ses amusants mémoires, si pleins de vantardises et de naïvetés, de hâbleries et d'enseignements utiles. Je n'y veux prendre que quelques lignes, qui sont tout à l'éloge du maître. C'est quand, deux ans après avoir quitté la France, Cellini est rentré à Florence et qu'il travaille au *Persée :*

« Depuis longtemps, je n'avais pas paru au palais. Un jour, j'eus la fantaisie d'y aller; le duc avait presque fini de dîner lorsque j'arrivai. Ce matin-là, à ce qu'on me dit, il avait parlé de moi avec force éloges et beaucoup vanté mon habileté à monter les perles fines. Dès que la duchesse me vit, elle me fit appeler par Messer Sforza et, quand je me fus approché d'elle, me pria de lui monter en anneau un petit diamant taillé en pointe; elle ajouta qu'elle le voulait porter constamment. Elle me donna ensuite la mesure de son doigt, en même temps que le diamant qui valait environ cent écus, et elle me recommanda d'exécuter ce bijou le plus vite possible. Aussitôt le duc dit à la duchesse : « A coup sûr, Benvenuto a été sans égal dans cet art; mais maintenant qu'il l'a abandonné, je crains que faire une petite bague comme celle que vous demandez ne soit pour lui un trop grand ennui; ainsi je vous supplie de ne pas le charger de ce petit ouvrage, qui lui coûterait beaucoup de peine, attendu qu'il n'a plus l'habitude de ce genre de travail. » Je remerciai le duc et je le priai de me permettre de rendre ce léger service à la duchesse. Je m'occupai donc sur-le-champ de cet anneau ; peu de jours me suffirent pour le terminer. Il était destiné au petit doigt. J'y représentai quatre enfants en ronde bosse et quatre masques que j'entremêlai de fruits et d'autres ornements émaillés de façon que la monture et le diamant se faisaient mutuellement valoir. Je portai sans retard cet anneau à la duchesse, qui me dit avec beaucoup d'amabilité qu'il était très beau et qu'elle se souviendrait de moi; elle envoya ce bijou au roi Philippe (1). A partir de ce moment, elle me surchargea de commandes, mais elle s'y prenait si gracieusement que je n'épargnais aucun effort pour la contenter, bien que je visse arriver peu d'argent, et Dieu sait si j'en avais besoin! »

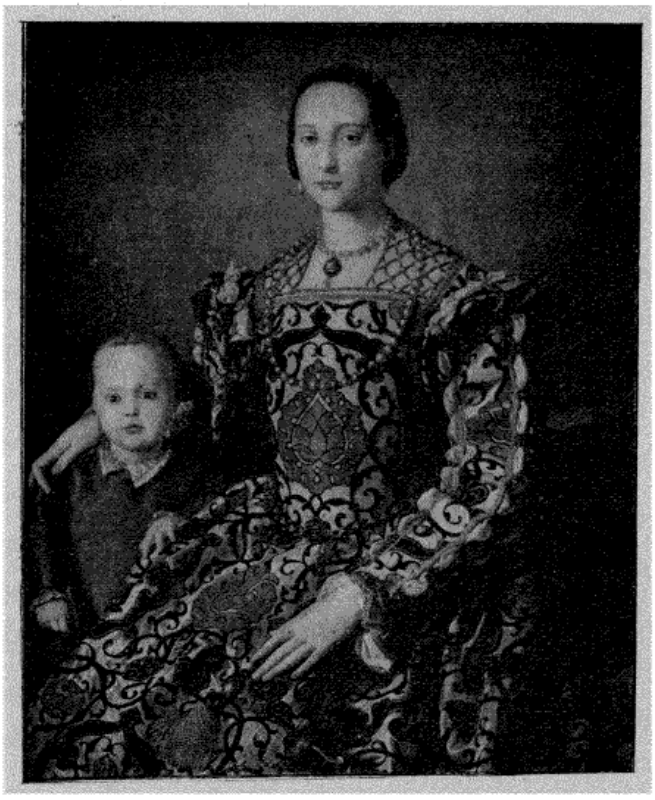
N'est-ce pas que le morceau est joli? Je l'ai lu tout entier parce qu'il est à la louange de Cellini et qu'il montre le maître non pas infatué de son art de sculpteur comme on pourrait le croire, mais prêt encore à faire de petits ouvrages et consentant à reprendre la lime du bijoutier, le ciselet, l'émail.

Voulez-vous voir le portrait d'*Éléonore de Tolède, duchesse de Florence*, de celle-là même dont Cellini nous parle, pour qui il fit la bague et qui aimait tant les perles? La voici, peinte par Bronzino (Uffizi, Florence). Elle était la femme de Côme Ier et le peintre l'a représentée avec son jeune fils, qui fut Ferdinand Ier. On voit, par cette peinture, qu'elle eût raison de Benvenuto et du duc son époux, et qu'elle se fit donner les perles qu'elle aimait.

(1) Philippe, fils de Charles-Quint, alors duc de Milan, roi de Naples et de Sicile et qui devint roi d'Espagne sous le nom de Philippe II, à l'abdication de son père.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Je n'ai pas apporté avec moi de bijoux. Il eût été de mauvais goût de faire étalage de ceux que j'ai pu faire, et il me semble qu'il n'y a pas lieu de parler davantage du rôle industriel et commercial de mes confrères; mais du moins aurais-je voulu, parlant des époques anciennes, vous montrer la reproduction de quelques bijoux célèbres. Vous jugez, par ces projections, de l'effet des joyaux dans le costume, mais les fins détails d'une ciselure ne sont pas appréciables à la distance où vous êtes de l'image, c'est pourquoi je crois bon de vous montrer la reproduction de deux curieux bijoux de la Renaissance : un pendant d'or ciselé et émaillé, que le baron Seillière avait prêté à l'Union Centrale et qui a figuré en 1880 à l'Exposition rétrospective des arts du métal (il semble que le dessin en est dans la manière d'Étienne Delaulne), et cet autre bijou d'une complication et d'une exécution vraîment étonnantes : c'est un bout de patenostre. On portait à l'extrémité d'une chaîne fixée à la ceinture de fins ouvrages d'orfèvrerie et d'émail, et c'est miracle que celui-ci soit resté entier. Il appartenait à M. Édouard André, et il a figuré à la même exposition.



ÉLÉONORE DE TOLÈDE
(Bronzino.)

Le chapelet et la croix furent le thème primitif de ces ornements, mais le rosaire avait fait place à des bijoux et à des chaînes d'un usage profane ; on en trouve des représentations nombreuses dans des tableaux anciens, et j'en ai noté une très curieuse image dans une peinture du Musée de Bruxelles qui a de grandes analogies avec le bijou que je vous montre ici. Ceci me rappelle l'émotion qu'eut Sauvageot quand il reconnut au Louvre, dans le portrait d'Henri II par Clouet, la représentation exacte de la monture d'escarcelle qu'il avait récemment trouvée et achetée ; il en eut un tel sursaut qu'il faillit s'évanouir. C'est bien d'un fervent collectionneur, et cet excès de joie se comprend chez

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'artiste qui vit dans le passé et s'identifie avec ses bibelots jusqu'à évoquer par eux les acteurs morts des temps disparus.

Ceci est le portrait d'un de ces tragiques personnages, — c'est *Marie Tudor*, — la fille d'Henri VIII. Il a été peint par *A. Mor* et se trouve au château de Windsor. Mais ce n'est pas de la reine Marie la sanglante que j'ai à vous parler, c'est seulement de ses bijoux. Après vous avoir fait remarquer la coiffure et les bagues, j'insiste sur le dessin du pendant de cou, une grande émeraude rectangulaire, dans un cadre orné et ciselé, avec une longue perle poire; je ne sais si ce bijou existe encore, si on le pourrait retrouver dans une princière collection, mais je me souviens de l'avoir vu déjà représenté dans un portrait de Catherine d'Aragon. C'est donc bien un bijou royal légué de mère en fille chez les Tudor.

MARIE TUDOR
(Mor.)

Il m'a été difficile d'obtenir un bon cliché d'après le tableau de *Franck Floris* qui est au Musée de Dijon, la peinture en est sombre, mais on distingue pourtant de curieux détails : c'est un portrait de Diane de Poitiers à sa toilette. Elle se mire et ajuste sa parure, devant elle sont des bagues, des chaînes; elle essaie un collier de perles grosses et petites, alternées comme il est encore de mode aujourd'hui de les enfiler. Sa coiffure, sans être aussi compliquée que dans l'admirable groupe du château d'Anet, donne déjà la savante architecture de ses nattes et de ses joyaux.

Le tableau qui le mieux nous renseigne sur la jolie façon des coiffures en faveur à la cour de Henri II est au Louvre, catalogué sous le n° 424 ; il est peint par Rottenhammer et représente la mort d'Adonis. Je le recommande à la curiosité des dames; je n'ai connu que la maréchale Canrobert qui ait eu le goût d'imiter cet adorable modèle.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ÉLISABETH D'AUTRICHE

(Clouet.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ce serait l'occasion peut-être de parler de l'importance de la coiffure par rapport aux traits du visage, du rôle des bijoux dans cette partie de la parure, de quelques règles essentielles dans la couleur et la disposition des pierres, du mauvais effet de certains ornements d'or ; mais au lieu de poser des règles, je crois préférable de continuer la revue des images, elles seront d'un meilleur enseignement que des discours.

Tout autre, par exemple, est l'arrangement de cette coiffure si caractéristique à la cour de Valois et qui y fut apportée par la reine Catherine de Médicis. J'emprunte aux collections de Chantilly ce portrait, c'est celui de *Jeanne d'Albret;* il fut peint par Clouet. Il n'y a pas ici de touret, mais des perles disposées en quadrilles et qui alternent avec de gros chatons ornés, sertis de pierres de couleur; cela forme une chaîne d'une grande richesse qui se mêle aux cheveux. Un riche carcan serre le cou sous la fraise et une chaîne d'un joli dessin garnit le corsage et les épaules.

Plus austère est cet autre costume : *Marie Stuart* est représentée debout, une croix dans la main droite et appuyée sur une sinistre image de la décapitation. Cette émouvante peinture est au château de Windsor, l'infortunée reine d'Écosse y porte encore la coiffure si particulière qui a gardé son nom et qu'elle conserva dans sa captivité telle qu'elle l'avait adoptée en France. Les femmes étaient jadis plus fidèles à une mode qu'elles ne le sont aujourd'hui, elles ne changeaient pas les lignes qui encadrent le visage et restaient ainsi semblables à elles-mêmes.

Tous, vous connaissez l'admirable portrait d'*Élisabeth d'Autriche*, femme de Charles IX, le chef-d'œuvre de Clouet, qui est un des joyaux du Louvre. Vous en avez détaillé tous les bijoux chaque fois que vous l'avez regardé. C'est, avec plus de grâce, plus de jeunesse, plus de richesse, la répétition de l'arrangement que nous voyions tout à l'heure dans le costume de Jeanne d'Albret ; remarquez la coiffure, le collier, la bordure d'orfèvrerie du corsage et la jolie harmonie de cet ensemble ; c'est un des plus parfaits modèles à donner en exemple.

Il faudrait ici pouvoir faire une incursion au Cabinet des Estampes, ou mieux encore, consulter l'admirable collection des petits-maîtres que possède M. Foulc, celle aussi de Paul Garnier, pour étudier les dessins de bijoux d'Étienne Delaune, de René Boyvin, de Wœirriot, de Collaert, de Ducerceau, de Théodore de Bry, de tous ceux qui, en cette fin du XVI^e^ siècle, firent à la bijouterie une école si supérieure qu'elle devrait être d'un enseignement classique pour tous ceux qui pratiquent notre métier.

Catherine de Médicis avait apporté les modes italiennes, mais elle ne négligea aucun moyen de se servir des artistes français ou flamands, et elle s'appliqua, on le sait, à exciter à la cour de ses fils l'amour du luxe. Brantôme nous donne à ce sujet des notes piquantes, et puisque j'ai parlé de Catherine et de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Charles IX, je ne dois pas oublier de mentionner le célèbre médaillon ovale à double ouvrant, qui est au musée de Vienne et qui fut envoyé en présent par le roi de France à l'occasion de son mariage, en même temps que la fameuse salière de Cellini.

Ce médaillon renferme les portraits de Charles IX et de sa mère, et la décoration extérieure, faite en émail de basse taille, est une pure merveille. Les boîtes à portraits étaient déjà fort à la mode, et les miniatures constituaient des motifs à riches montures.

L'INFANTE ISABELLE
(Coello.)

Après les Valois, le goût des belles parures va disparaître en France. On mettra les joyaux en gage pour payer les troupes, Henri IV chevauchera en pourpoint râpé, et l'inventaire de Gabrielle d'Estrées ne nous donnerait qu'un pauvre état du luxe de la maîtresse aimée du bon roi.

C'est en Espagne que l'or et les pierreries abondent, les églises s'enrichissent des trésors du Nouveau Monde et la cour fait étalage de joyaux. Voici, de *Coello*, le portrait de l'*infante Isabelle*, à Madrid. Il faudrait pouvoir examiner cette peinture en détail, compter les appliques gemmées de la robe, relever les dessins du large collier, de la ceinture, et la coiffure de perles et de pierreries qui n'est pas tout à fait arrangée comme celles qu'on portait en France, mais qui, avec le toquet, s'enlève déjà en hauteur et fait présager de ce que sera le goût d'Isabelle. Car Isabelle, la fille de *Philippe II*, l'infante qu'il rêve d'avoir sur le trône de France, et qu'il mariera un peu tardivement à l'archiduc Albert, c'est celle que nous trouvons si souvent représentée dans les musées de la Flandre et des Pays-Bas; c'est elle que Rubens a peinte aussi et dont le beau portrait est à Bruxelles.

Je n'ai ici, pour vous la montrer, qu'un tableau de *Porbus le Jeune*, au musée de la Haye; il représente un bal à la cour d'Albert et d'Isabelle en 1610. Isabelle

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ANNE D'AUTRICHE

(Rubens.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

n'est plus jeune, c'est la reine volontaire et tenace qui avait juré, au siège d'Ostende, de ne changer de linge qu'après la prise de la ville, et qui tint parole, Ostende ayant lutté trois ans. Tous les chroniqueurs racontent sérieusement cette historiette et disent que c'est de la couleur de ladite chemise que fut imitée la couleur isabelle.

Isabelle ne fut pas moins fidèle à garder la forme de sa coiffure, et cette pyramide de coraux, de perles, de fils d'or et d'ornements d'émail noir, qui s'élève et retombe en gerbes comme une grappe de fuchsia, est la coiffure typique de l'archiduchesse Isabelle, gouvernante des Pays-Bas ; les deux personnages qui dansent sont Guillaume de Nassau et sa femme Éléonore de Bourbon ; ils sont habillés à la mode de France.

Je n'ai pas à vous montrer un seul portrait de Marie de Médicis, c'est un oubli, mais tout le monde connaît l'admirable série des peintures commandées à Rubens pour le palais du Luxembourg, où la Reine est représentée à tous les âges et dans tous ses atours. — Mieux aurait valu cependant avoir, du Palais Pitti, le portrait si curieux et si beau que peignit de la Reine Scipion Gaetano et qui est fort intéressant pour l'histoire des bijoux. Notons un détail : la mode alors très générale, de porter à chaque oreille non pas une seule, mais deux perles poires jumelles. Cela peut vous paraître étrange, Mesdames, à vous qui avez perdu l'usage des pendants d'oreilles, mais la mode de ces doubles perles a duré longtemps au XVII^e^ siècle.

Si nous n'avons pas de Marie de Médicis un portrait à vous montrer, en voici un admirable de la *Reine Anne d'Autriche* dans tout l'éclat de sa jeunesse ; il est au musée d'Amsterdam, et c'est une peinture de Rubens. Il faut regretter de n'en avoir que le dessin en noir et en blanc, et cependant on y devine la fraîcheur du coloris, la transparence des traits du visage et des « mains si belles » de la reine. Remarquez, je vous prie, la riche parure de perles et de *diamants noirs* alternés qui forment la coiffure, le grand collier, la broche, la ceinture et les boucles d'oreilles. — Voilà, semble-t-il, revenues les belles parures royales. On sait du reste que les préférences de la reine étaient pour les modes d'Espagne et qu'elle contribua grandement à les introduire en France.

Rubens aimait à peindre les splendeurs du costume, les richesses de la parure, et s'il n'apportait pas la science et la recherche d'ornementation qu'on remarque dans Holbein, il excellait à rendre les formes puissantes, les lourdes chaînes, les perles irradiées, les plaques serties de diamants. Examinez le portrait d'*Hélène Fourment*, sa deuxième femme, également au musée d'Amsterdam. C'est une œuvre éclatante de vie ; un beau collier de perles ceint le cou, la chaîne et la plaque de corsage sont deux modèles tout faits, que les bijoutiers d'Amsterdam ont dû copier fréquemment, mais qu'il serait mieux de faire exécuter dans un atelier parisien.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On emplirait une boutique de joaillier avec les bijoux de l'écrin de Rubens, avec les pierres qui sont tombées de sa palette et de ses pinceaux. Voici son élève *Van Dyck*, autre maître; c'est à Londres, à la cour de Charles Ier, qu'il donna la mesure de son talent, et nous ne pouvons mieux faire que de montrer deux des portraits qu'il peignit de la reine Henriette-Marie de France, fille de Henri IV. Celui-ci est le tableau qui est au musée de Dresde.

HENRIETTE DE FRANCE
(Van Dyck.)

La reine porte, dans une toilette de satin blanc, des perles au cou, des perles aux oreilles, des perles à la ceinture formant un quadruple rang qui se noue, une simple broche de diamants en forme de croix; est-il rien de plus simple, de plus riche, de plus noble, et n'est-ce pas un pur chef-d'œuvre que ce portrait? L'autre est à Windsor : la reine est représentée de face; elle est belle encore, mais il y a déjà comme une ombre de mélancolie sur ses traits. Des perles forment l'élément de sa parure, la manche en est semée, elles pendent doubles aux oreilles (et c'est joli); remarquez, je vous prie, la belle chaîne de diamants qui passe en sautoir de l'épaule à la taille. N'est-ce pas encore un beau portrait?

Le suivant est non moins remarquable, mais plus simple en sa parure, et je l'ai noté au musée de la Haye. C'est celui d'*Anna Wacke, femme de sir Sheffield*. Un simple diamant dans les cheveux, des bracelets de perles roulés aux poignets, mais avec cette grande fraise de guipure, si bien plantée. Ce que je recommande à l'attention des dames, c'est la façon de porter les perles au cou : un double rang de perles, et, comme contraste, un fin cordonnet de soie noire, tout simple qui suspend une petite croix de diamants noirs; une jolie chaîne d'or sertie borde la ligne du corsage en pointe. C'est l'un des plus remarquables portraits de femme qu'ait peints Van Dyck, un modèle pour les peintres.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

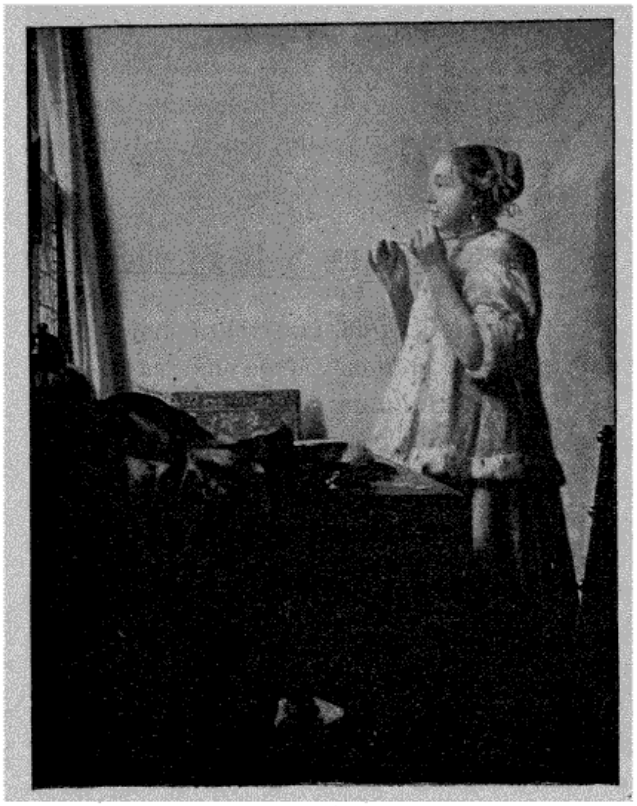
Et pour clore la série des emprunts faits à ce maître, voici deux fiancés, presque deux enfants : *la princesse Marie*, fille de Charles Ier et d'Henriette de France, et *Guillaume II prince d'Orange ;* c'est leur fils, Guillaume III, qui monta sur le trône d'Angleterre et qui épousa la reine Marie ; nous signalons la coiffure, le collier et la broche de la jeune princesse. Il serait à propos de rappeler que ce fut la malheureuse reine Henriette qui, réfugiée en France après la mort de Charles Ier et presque réduite à la misère, vendit pour payer ses dettes *le Sancy et le miroir de Portugal*, ces deux diamants royaux qu'elle avait emportés dans sa fuite ; Mazarin, qui les racheta, les légua à Louis XIV : ils forment les deux premiers numéros de la collection connue sous le nom des « Mazarins ». Mon ami Germain Bapst a raconté toute cette navrante histoire dans son beau livre des joyaux de la couronne.

D'autres, certainement, vous expliqueront l'évolution du goût au XVIIe siècle, la modification des modes, du style, nous n'avons pas le temps aujourd'hui de nous arrêter à ces choses pourtant essentielles, nous ne songeons qu'aux bijoux, nous ne pouvons ni entrer dans les ateliers du Louvre, ni aller à ceux des Gobelins, ni flâner au Pont-Neuf ; nous ne prenons même aux gravures de maîtres si nombreuses qui nous seraient offertes qu'un seul dessin, le nœud *de Gilles l'Égaré*, parce que c'est un modèle qui fait époque et dont le type ira se modifiant, mais se continuant jusqu'à nos jours. La forme de ces nœuds, imitée d'une coque de rubans, était à peu près celle d'un papillon aux ailes ouvertes, et c'est aussi le nom de *papillon* qu'on leur donna.

Ce dessin devenu classique est environ de 1660, et il correspond avec la naissance de la joaillerie proprement dite ; nous allons voir le diamant se propager, les montures de pierres l'emporter sur les bijoux d'or et Louis XIV développer à sa cour un luxe excessif, obligeant ses courtisans à se parer comme lui, à se ruiner pour faire l'étalage somptueux de leur richesse. Lui-même adorait se couvrir de diamants, et on le vit en maintes circonstances constellé de toutes les pierres du trésor. A celles que lui avait léguées Mazarin, vinrent s'ajouter les diamants qu'il acheta de Tavernier ; c'est alors que le célèbre voyageur fit aux Indes les voyages dont il nous a laissé le récit merveilleux, et de cette époque date surtout l'introduction des beaux diamants en France. En Espagne, la mode est plus lente en ses transformations, et si nous voulons regarder par delà les Pyrénées quels sont les progrès du goût et les richesses de la cour, nous verrons *Velasquez* peignant les infantes et les reines en leurs atours et leurs raides costumes. Ceci est le portrait équestre de *Marguerite d'Autriche*, femme de Philippe III ; sa haute coiffure est surmontée d'une plume blanche tenue par une agrafe de joaillerie, une chaîne carrée d'une grande richesse borde le corsage en pointe et encadre une grande broche, deux bracelets massifs et pareils entre eux serrent les poignets et sont placés par-dessus la manche.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le tableau de Velasquez qui est au Louvre et qui représente la petite infante Marguerite, montre que, dès le tout jeune âge, on parait déjà de bijoux les princesses, comme on emprisonnait leurs mouvements dans les plis pesants de riches costumes. Mais Velasquez, l'admirable artiste, n'était pas seulement le peintre des rois d'Espagne et des infantes, il était moins que Rubens amoureux des fastueuses parures, et ses toiles ne sont pas souvent semées de pierreries. Il préférait peindre en costume sévère le duc d'Olivarés, ou le bouffon du roi, ou même emprunter à quelque mendiant des attitudes pittoresques pour en faire les railleuses figures d'Ésope ou de Ménippe.



LA JEUNE DAME AU COLLIER
(Van der Meer.)

Il nous faut aller vite et user de la liberté de choisir, de sauter d'un pays à un autre, prenant nos exemples où bon nous semble.

J'aurais dû, après Velasquez, emprunter à *Rembrandt* quelqu'un de ses portraits; je ne l'ai pas fait; le maître hollandais s'attachait peu à dessiner la forme d'un bijou, et cependant, d'une touche de pinceau, il faisait jaillir de l'ombre des éclats d'or et d'escarboucle qui illuminaient une toile. Mais voici un aimable tableau d'un autre hollandais, le *Van der Meer;* il est désigné au musée de Berlin sous ce titre : *la Jeune dame au collier de perles*, d'un heureux effet de lumière, et le joli mouvement de la femme est plein de naturel. Remarquez bien que le collier s'attache par un ruban qu'elle est en train de nouer, et si vous pouvez le voir, notez la façon dont sont fixées les perles aux oreilles, elle est à retenir: c'est une mode du temps que je vous signale. Un anneau d'or à l'oreille, et, pour y attacher la perle, un très léger ruban, une faveur de soie qui voltige et fait un nœud léger qui accompagne la chevelure et caresse les joues. Ces nœuds en soie chez les bons Hollandais, on les traduit en diamants en France. La joaillerie ne se borne pas à faire les larges papillons qui ornent le corsage, on

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fait des nœuds de toute grandeur sertis de brillants et de roses — Molière le constate dans l'*École des Maris*, et il en est question même dans *Amphitryon*, ô anachronisme! et voici M^me^ Deshoulières en costume de bergère, les pieds nus, mais le corsage et les manches attachés de nœuds diamantés.

Dans les bois fleuris
Qu'arrose la Seine,
Suivez qui vous mène
Mes chères brebis.

C'est le commencement des pastorales, dont le goût ira se propageant au siècle suivant. Une autre femme, une autre gloire plus haute encore de nos lettres françaises, *M^me^ de Sévigné*, peinte par Nanteuil. Remarquez le simple rang de grosses perles et les *trois nœuds* classiques, au corsage et aux épaules, mode suivie très longtemps. Mais allons vite, le temps nous presse, et de tout ce faste de la cour de Louis XIV commandé par le caprice du roi, de ces diamants, de ces richesses, rien ne paraît plus, tout est rentré dans l'ombre aux heures de tristesse; les années douloureuses sont venues, la victoire nous a quittés, le roi est tout dévotion, la cour affecte les dehors de la plus grande rigidité de mœurs et de renoncement au luxe, c'est *M^me^ de Maintenon* sans un bijou, l'ennui pèse autour d'elle. Si nous avions le loisir de feuilleter les dessins des graveurs ornemanistes, ceux de *Bourdon*, de *Briceau*, de *Bourguet*, nous verrions comment se préparait la modification du goût et comment était prêt à germer, après les années d'ennui, de deuil et d'ombre, un style plus souple, plus jeune, plus vivace.

Louis XIV est mort, voici la Régence; et il est étrange de penser qu'au début de cette époque de luxe, de plaisir, d'élégance, on fit tout pour refréner l'explosion de dépenses et de luxe. — La déclaration royale du 4 février 1720 frappa les joailliers, elle défendait de porter des diamants, des perles et des pierres précieuses. On n'en tint pas compte, on avait vécu dans une hypocrite réserve sous le vieux roi, on avait soif de liberté, de bruit, de plaisir, et une telle sévérité venant du Régent n'était pas faite pour durer. On tourna la difficulté, et en 1721, une nouvelle ordonnance parut autorisant la fabrication des bijoux d'or et des menus objets tels que tabatières, étuis, etc., qui n'excéderaient pas le poids de 7 onces. — Ce fut le point de départ de cette tant jolie, tant coquette bijouterie qui produisit les plus ravissantes choses du monde, et où on dépensa en adresse, en grâce, toutes les ressources de la ciselure et de l'émail, toute l'ingéniosité des maîtres parisiens.

Le moyen d'être sévère d'ailleurs quand, pour se rendre favorable Pitt et l'Angleterre, le duc d'Orléans venait de négocier l'acquisition du gros diamant que possédait le ministre anglais. Il faut lire tout au long cette histoire dans les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mémoires de Saint-Simon, et c'est à peu près tout ce qui nous reste de l'antique trésor royal, *le Régent*, le plus beau des diamants qui soit au monde. Nous l'avons gardé; la République n'a pas consenti à céder ce pur joyau, non pas parce qu'il marque la date de la minorité d'un roi, ni la conclusion d'un traité si favorable à l'Angleterre, mais parce qu'il a joué un rôle utile aux époques difficiles, qu'il a servi de gage sous la Révolution pour emprunter l'argent nécessaire à nos armées, qu'il a payé les chevaux de remonte de notre cavalerie, et qu'après la victoire, ce diamant, qui avait brillé sur la couronne du roi, a orné le pommeau de l'épée de Napoléon.

MARIE LECKZINSKA
(Van Loo.)

Il dort aujourd'hui dans une vitrine du Louvre, inutile. N'y a-t-il pas à lui donner quelque noble emploi et n'inventera-t-on pas un objet digne de cette pure étoile de lumière?

Pendant qu'on taillait *le Régent*, la spéculation effrénée allait son train; c'est l'époque des essais de Law, de la rue Quincampoix, de la Banque et de la Compagnie des Indes. Jamais en aussi peu de temps on ne vit tels soubresauts dans la fortune publique, les choses les plus étranges apparaissaient comme des rêves et s'effondraient.

Nous avons assisté à beaucoup de crises en ce temps-ci et nous ne comptons plus les cracks financiers, — il n'y en a pas eu de plus affolants que celui-là. La Louisiane était la terre dont le mirage excitait toutes les espérances, et Law avait raison, mais que peut le génie d'un homme contre l'emportement de folie de toute une société. « Ce qui est incontestable c'est le bienfait du système, la banque remplaçant les traitants, la plus-value de tous les biens, l'élan de toutes les industries, la marine renaissante, la France entière ranimée par miracle. »

Nous n'avons pas à raconter cette histoire connue, mais à noter seulement qu'à travers les scandales et les ruines, les bijoux poussaient, naissaient, et que ce

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MADAME DE POMPADOUR

(La Tour.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fut un moyen pour quelques habiles de monnayer les billets de la Banque du Mississipi. Les réaliseurs changeaient le papier en terres, en hôtels, en meubles, en diamants, en bijoux, et c'est ainsi que le Prince de Conti fit sa célèbre collection ; on sait qu'à sa mort (1776), on trouva plus de 5 000 boîtes d'or dans les cabinets et les vitrines.

C'est le temps où les formes se modifient, où le président de Brosses écrivait : « Les Italiens nous reprochent qu'en France, dans les choses de mode, nous redonnons *dans le goût gothique*, que nos cheminées, nos boîtes d'or, nos pièces de vaisselle d'argent sont contournées et recontournées comme si nous avions perdu l'usage du rond et du carré, que nos ornements sont du dernier baroque, et cela est vrai. » Mais, quoi qu'en ait dit le critique et en dépit des extravagances, la mode était charmante, et à côté de la reine sévère et triste, il y eut une maîtresse du goût le plus délicat.

MARIE-AMÉLIE CHRISTINE DE SAXE
(Mengs.)

Oh ! je ne suis pas un moraliste, un historien, un philosophe, mon rôle aujourd'hui n'est que d'étudier les choses pour lesquelles je suis ici. Ceci est un portrait par *La Tour;* vous le connaissez, il est au Louvre, c'est un admirable pastel, et si *la Pompadour* n'a ni diamants ni parure, c'est qu'elle s'est fait peindre au lendemain du jour où elle écrivait à *M^me^ de Lutzelbourg :* « Je suis dans la réforme et d'une sagesse qui me surprend moi-même, j'ai vendu *mon nœud de diamants* pour payer des dettes. Cela n'est-il pas beau ! »

Et c'était beau en effet, et d'autant plus extraordinaire que ces dettes étaient pour une bonne œuvre, qu'il s'agissait de payer l'érection d'un hôpital à Crécy ; le joaillier Rambaud lui paya 480 000 livres le nœud de diamants en question ; il lui en avait coûté 700 000.

Je n'aurai certes pas le temps de vous montrer tout ce que le XVIII^e^ siècle

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

garde de grâce, de beauté, d'esprit, ni d'emprunter aux maîtres de cette époque les peintures, les portraits qu'il faudrait; je laisse à mon ami Champier, puisqu'il doit vous parler des bijoux, et qu'il sera au Louvre, le soin de vous mener des dessins de Watteau aux tableaux de Boucher, aux pastels de La Tour et d'examiner avec vous la belle collection de boîtes et de bijoux léguée par Lenoir. J'abrège et ne vous montre de cette époque qu'un seul portrait, encore est-il de l'école allemande, c'est le portrait de *Marie-Amélie-Christine de Saxe*, qui épousa Charles III, roi d'Espagne. — Il est agréable et bien dans le joli caractère de l'époque. Vous y remarquerez quelques beaux bijoux, le collier à large ruban de velours noir; c'est le premier exemple que nous ayons trouvé de ces carcans; mais c'est dans les pastels de La Tour et de Nattier qu'on en verrait le plus. Les pendants d'oreilles sont énormément lourds. Il est bien inutile de vous dire ce que vous avez entendu cent fois, la modification du style Louis XV au style Louis XVI, le retour à l'antique, l'influence des découvertes de Pompéi, etc.

Ce qui a cours en architecture et en mobilier s'applique dans une certaine mesure aux bijoux et à la joaillerie, mais d'une façon moins absolue, car les lignes d'architecture ont peu de part dans le dessin d'un bijou et point du tout dans la disposition des pierres. La joaillerie se modifia bien plus en se rapprochant de la nature, des fleurs et des feuilles et de certains attributs, ailes, carquois, coquillages, dont Pouget, Lempereur, etc., nous ont laissé les meilleurs types.

Les bijoux étaient d'un travail fin, mais un peu sec : le guilloché, l'émail, les ors de couleur, les sertissages de petites roses en formaient les éléments, et à ces mièvreries, aux pastorales, aux attributs de bergerie se mêlaient des raideurs à la grecque, des interprétations bizarres de l'antique : c'est charmant, froid, et pourtant spirituel; quelle singulière époque.

Dans le portrait de la reine *Marie-Antoinette*, dont Versailles a une copie, mais dont l'original est au Musée de Stockholm, Wertmuller a peint la reine dans les jardins de Trianon; elle marche entre ses enfants, Marie-Thérèse, qui fut la duchesse d'Angoulême, et le Dauphin, qui a trois ou quatre ans à peine. Cette peinture est donc de 1788 ou 1789, au déclin de la monarchie. La reine est charmante (remarquez la grande châtelaine d'or ciselé qui pend à son côté). Pauvre reine! Devons-nous rappeler l'histoire du collier, le procès scandaleux qui souleva tant de passions, qui faussa l'opinion et eut une part d'influence sur les événements qui allaient se précipiter terribles.

Et à la veille de la catastrophe, la société française, élégante, spirituelle, insouciante, continuait à vivre dans les fêtes, affectant un retour à la simplicité, un penchant à la nature. Les hommes adoptaient les modes anglaises et se dépouillaient des jolies choses qu'ils avaient portées avec grâce : habits de soie, armes fines, bijoux, dentelles, pour ne porter plus que le drap. C'est bien d'alors que l'homme date son abdication à toute idée de parure et de richesse. Il se

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

soumet aux vilaines importations d'outre-Manche, et lui qui blâme la femme de ses continuels changements, il adopte les vêtements que Londres lui impose, il n'aime une coupe nouvelle que si elle porte un nom anglais ou a traversé le détroit.

Les moindres événements ont sur les bijoux une répercussion immédiate, et on en trouve des exemples jusque dans les bijoux en forme de *montgolfière* que contient le musée Carnavalet. Hélas! ce ne sont pas toujours des croix à la Jeannette, des paniers fleuris ou des carquois ailés, c'est l'horrible guillotine, le couperet d'acier, la tête coupée. J'ignore si quelque tricoteuse a porté ces infâmes bijoux.

L'IMPÉRATRICE JOSÉPHINE
(Gérard.)

La révolution est déchaînée, la fortune publique compromise, on cache tout ce qui a quelque prix, les joyaux de la couronne sont inventoriés, réunis au *Garde-Meuble* à tous les cristaux et les gemmes du Cabinet Royal; et c'est là, qu'aux premiers jours de septembre, pénètre une bande de voleurs et que s'opère ce singulier pillage qui reste un mystère historique, malgré les recherches de quelques-uns, et notamment la consciencieuse étude de Germain Bapst.

Dans ses mémoires, le comte d'Allonville prétend que Billaud-Varennes aurait gagné le camp prussien, et, au moyen des bijoux volés, acheté la retraite de Brunswick. — Ainsi s'expliquerait l'extraordinaire victoire de Valmy, la fuite précipitée des vieilles bandes prussiennes et l'opinion formulée par l'Empereur dans le *Mémorial*, sur l'incroyable attitude du vieux Brunswick.

Je ne prétends pas donner une opinion nouvelle, mais j'ai tenu, il y a quelques semaines, deux des pierres les plus curieuses qui aient été jadis dans les joyaux de la couronne et qui, disparues lors du vol du Garde-Meuble, n'avaient pas été retrouvées. Elles ont appartenu à Brunswick, j'en ai la description exacte dans les anciens inventaires ; il n'y a aucun doute à ce sujet.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

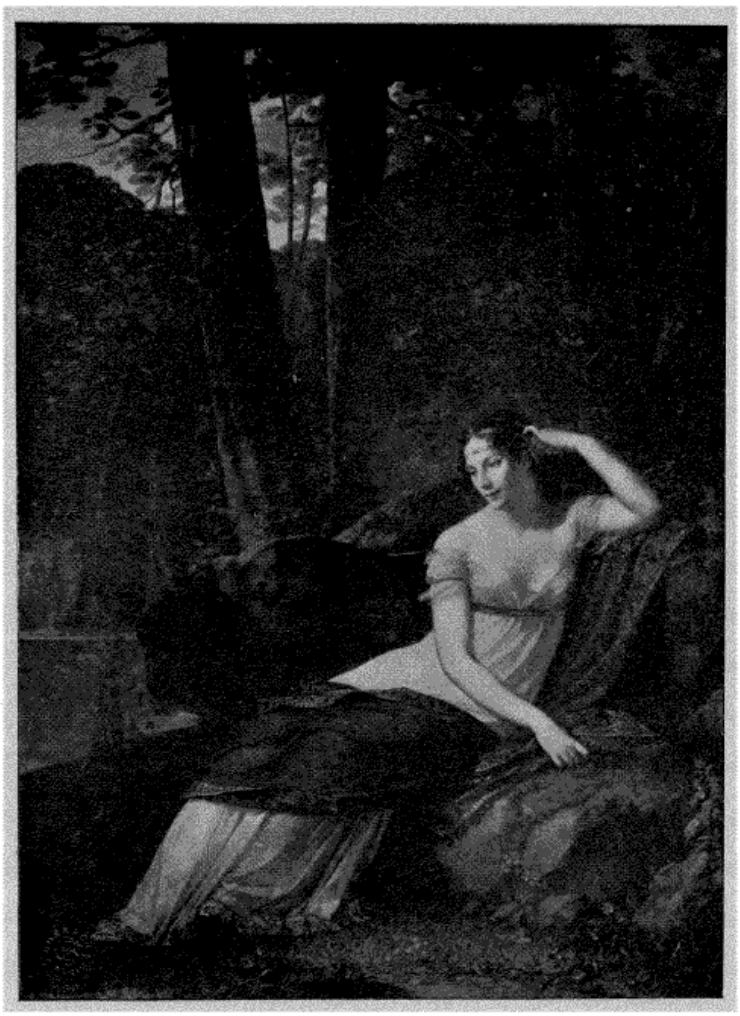
La France, en 1792, n'était pas encore assez forte pour répondre à un envahisseur comme faisait un empereur de Byzance : J'ai de l'or pour mes amis et du fer pour mes ennemis. — Tirons un voile sur cette époque terrible, où les bijoux n'ont aucune part, où la fortune publique est compromise, où ce qui reste des joyaux excite toutes les convoitises et amène l'étrange vol du Garde-Meuble (sept. 1792).

Il y a, après ces jours de sang, de rapides réactions, et sous le Directoire la jeunesse, le plaisir reprennent avec plus d'ardeur (Mme Tallien aux soirées de Barras, — les modes grecques et romaines). Je ne vous montrerai pas d'autre portrait que celui de *Joséphine*, Joséphine femme du Premier Consul, Joséphine peinte par *Prud'hon*, dans le calme paysage de la Malmaison ; peu de bijoux, un bandeau d'or, une ferronnière au front. Mais l'Empire va naître, il va falloir à la cour de César un luxe nouveau, la splendeur des parures et du décor. Second portrait de Joséphine avec une autre parure un peu lourde, qui écrase les traits, mais qui a bien le caractère des joailleries de l'époque. Infiniment meilleure en tous points est cette autre image de l'impératrice, peinte par Gérard encore, avec le diadème fait de perles, de diamants et de pierres de couleur ; comme le collier sied bien au visage et s'accorde aux lignes de la robe.

DELPHINE GAY
(Hersent.)

Voici d'ailleurs avec plus de détails, et photographiés d'après les pièces mêmes, lors de la vente des diamants de la couronne, un grand diadème de rubis et de diamants et une petite couronnette, dont j'ai le détail à l'inventaire ; la couronnette a été démontée, mais le grand diadème est celui que portait tout récemment Mme Bradley Martin au bal dont tous les journaux ont parlé, et où s'est dansé le quadrille des milliards. Tous nos joyaux sont passés ou passeront en Amérique, et il ne suffit plus aux dames américaines de parler de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



JOSÉPHINE A LA MALMAISON

(Prud'hon.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

couronnes. Elles ont appelé *tiares* leurs royales coiffures, et il est curieux de voir ces reliques des empires valser au son d'un orchestre yankee dans la république de Jonathan. C'est l'Amérique du Nord qui absorbe les plus gros et les plus beaux diamants du monde. Le Sancy et les principaux des Mazarins sont en des mains américaines, tandis que le plus gros et le plus beau diamant d'Afrique, cette pierre de 180 carats, qui était en 1889 au centre de l'Exposition, est devenue la propriété d'un rajah de l'Inde.

La Restauration ne changea pas grand'chose aux joailleries de l'Empire ; elle aurait voulu effacer de l'histoire les événements qui y avaient pris place, mais elle en a adopté le luxe, le costume, les meubles. — J'aurais voulu vous montrer le portrait de la duchesse d'Angoulême avec ses diamants, un turban tout entouré de plumes, tel qu'il est au musée de la Rochelle ; je n'ai pu l'avoir, mais à défaut de ces joailleries, je vous fais revoir l'admirable portrait que David a peint de M^me^ Récamier. Vous n'y verrez que la haute coiffure avec fort peu de pierres et pas un bijou au cou, ni au bras. Elle était sûre de sa beauté.

L'IMPÉRATRICE EUGÉNIE
(Winterhalter.)

Et, à mesure que nous approchons de ce temps, nous avons moins envie d'en voir les images, car les choses d'hier plaisent rarement. M. Bouchot en donnait tout récemment une explication pittoresque :

« Si les femmes du Gouvernement de Juillet et du second Empire, avec leurs atours démodés, nous causent une stupeur, c'est que tout simplement le cycle n'est point révolu où le suranné ridicule redevient l'antiquaille possible. L'antiquaille agrée, le suranné déconcerte et fait sourire. Il fut un temps où les maréchales du premier Empire se pâmaient de fou rire à contempler les dames de 1789 peintes en paniers. »

Et c'est pour ne pas vous faire sourire que je n'ai pris, de ces époques encore très proches, que deux images : le portrait de *Delphine Gay* (*M^me^ Émile de Girardin*), d'après une miniature d'*Hersent*, — c'est la mode de 1830, c'est la mode de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la Restauration, le brillant écrivain des chroniques mondaines et l'auteur de proverbes applaudis; et voilà l'*Impératrice Eugénie*, le portrait peint par *Winterhalter* qui est au musée de Versailles. Sans doute la radieuse beauté de l'Impératrice a été mieux rendue dans deux autres portraits du même peintre, mais j'ai choisi celui-ci pour le mettre en comparaison avec les costumes royaux, les parures que nous avons vues ce soir, et il faut avouer que le charme, la majesté, la beauté ont ici tout leur prestige, en dépit des formes de la jupe et de ce que M. Bouchot pense des modes de la veille.

Nous voilà aux termes de cette longue revue, et pourtant il serait bien de la compléter en projetant à leur tour quelques images d'à-présent, en prenant à nos contemporaines les si jolis portraits tout d'actualité; ces portraits, je les ai trouvés : il y a d'admirables toiles signées par nos peintres et que nous avons vues au Salon, mais entre les autorisations à solliciter de l'artiste et du modèle, j'ai hésité, j'ai même échoué, et il m'a été impossible de vous apporter ces images où je n'aurais pas mis de noms, mais que vous auriez volontiers reconnues.

N'ayant pas les dames, j'aurais pu emprunter les bijoux, et sans vouloir prononcer aucun nom de joaillier, faire toutefois mention de Castellani, qui n'est plus, ou de Fontenay; qu'il me suffise, en ce qui regarde ces deux artistes, de renvoyer aux excellents écrits qu'ils ont laissés. Je vais vous montrer cependant deux beaux ouvrages de joaillerie, parce qu'ils sont d'un maître qui a eu, dans la modification du goût, une influence considérable, et si je nomme Massin, c'est que justice doit lui être rendue et qu'il a depuis plusieurs années abandonné les affaires. — Ceci est une grande plaque de corsage dont le motif, pris à la flore, est arrangé avec un goût, un sentiment du décor qu'il faut louer sans réserve. C'est de l'excellent métier, et cette pièce est d'autant plus intéressante qu'elle a été photographiée avant la mise en œuvre, avant le perçage des trous pour l'ajustage des brillants, et qu'elle garde tout le charme du modelé. Cette autre a figuré dans une de nos expositions universelles. On y reconnaît la mode si caractéristique de nos coiffures modernes; les femmes ont pris les antennes des insectes, les ailes des oiseaux, les gazes légères du papillon et de la libellule; ce n'est pas absolument nouveau, Psyché l'avait fait avant elles, mais non pas avec plus de bonheur et de scintillante richesse.

Je viens de vous dire qu'il m'avait été difficile de vous montrer la reproduction des toiles modernes de Bonnat, de Jules Lefebvre, de Carolus-Duran, de Benjamin-Constant, de Courtois, de Machart... du moins voudrais-je vous présenter quelques-unes de nos jolies actrices.

C'est au théâtre ou à la cour que se réfugie la mode, et c'est de là qu'elle se propage par le monde. J'ai donc gardé quelques portraits encore :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

SARAH BERNHARDT

(Chartran.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

C'est la jeune *princesse de Montenegro*, avec le long sautoir de perles adopté par toutes les femmes; le *roi de Suède*, *Oscar II*, qui porte si dignement la couronne et les grands ordres du royaume; la charmante petite *reine des Pays-Bas*, assez spirituelle et fine pour adopter le costume et la coiffure nationale des Hollandaises : le fer, le bijou au front, l'escarcelle et la longue châtelaine de travail. L'*impératrice de Russie*, que nous avons accueillie, acclamée, et dont la douce et sympathique image est restée dans nos yeux et notre souvenir. La voici coiffée du cacochnick russe, traduction diamantée de la coiffure moscovite.

La *princesse de Galles* et la *princesse Victoria*, avec son jeune fils. Toutes deux gracieuses et souriantes, elles portent les colliers de perles en cravate et les diadèmes tels qu'ils sont à la mode anglaise et menacent de le devenir chez nous. Permettez-moi de vous montrer aussi *S. M. la reine Victoria;* nous nous souvenons de ses merveilleux portraits en sa prime jeunesse. Sa parure lui sied, et ce n'est pas sans émotion qu'on remarque à son poignet un bracelet un peu démodé, mais où s'encadre le portrait peint du prince Albert, son époux. C'est la pieuse et fidèle religion du souvenir.

MADAME BARTET
De la Comédie-Française (Bérénice).

Je parlais tout à l'heure du théâtre. Si je n'ai pas pu vous montrer toutes les jolies figures que vous aimez à y voir, du moins puis-je vous présenter les deux artistes inspirées et vous démontrer quel rôle décoratif et superbe certains bijoux prennent sur la scène.

Voici *M^me^ Bartet*, dans Bérénice. Un peintre l'a aidée à composer ce costume, le faisant, autant qu'il est permis, conforme à d'antiques traditions, mais l'accordant aux nécessités du théâtre. M. Gustave Moreau a imaginé pour elle la superbe coiffure en auréole, il l'a prise à une figure de Tanagra, l'a embellie, ornée, expliquée par des orfèvreries, et ce fut une admiration quand la divine apparut sur la scène. La voici encore, de face, avec les bracelets, la ceinture

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

gemmée et les hautes agrafes. Il y a dans ces beaux plis d'étoffe et ces lignes d'attitudes une beauté sculpturale qui ravit.

Regardez aussi ce merveilleux portrait de Sarah Bernhardt qui fut un des succès du Salon de 1896.

Chartran la voulut peindre dans son rôle de *Ghismonda,* et je me souviens, qu'au jour du vernissage, comme je contemplais la toile, une femme, une très-jolie femme, élégante, qui la regardait aussi, disait tout haut à son cavalier :

« *Ah! qu'elle est belle et qu'une femme doit être heureuse d'être ainsi représentée!* »

Il y a, dans ce portrait, toute une esthétique nouvelle, la coiffure faite de grandes fleurs naturelles appelle des idées d'émail; le corsage est orné d'un bijou d'opales et d'émeraudes lapidées d'un type étrange, et il se dégage de tout son être une voluptueuse et charmeresse douceur.

Que dirai-je maintenant? — La mode actuelle, si capricieuse et passagère, me permet peu de définir les tendances et de formuler le goût de notre fin d'époque. Hier est loin déjà et le présent est bien fragile; demain sera le retour aux choses d'autrefois quand les choses d'aujourd'hui auront cessé de plaire, — éternel renouveau qui passe!

Pourtant la mode de ce temps est jolie, elle convient au type élégant et quintessencié de la Parisienne, et cela est fort heureux, car la mode a sur nos usages, sur nos mœurs, une influence extraordinaire et magique; elle est ce qu'elle fut toujours en France, toute-puissante. Aussi bien suis-je heureux de conclure, après cette longue étape parcourue, en m'arrêtant au costume actuel, à la robe de soirée d'aujourd'hui, très simple et très riche à la fois, d'allure raffinée et spirituelle.

Voici, due à la bonté délicate et gracieuse de Mme Bartet, une toilette moderne, quoique inspirée un peu des modes ravissantes du XVIIIe siècle, toilette exquise et qui lui sied à merveille. Le long corselet tout brodé d'argent sait dire l'aristocratique finesse de la taille, et les manches en point de Venise ouvertes sur le bras vont, par un nœud de diamants, se rattacher délicieusement à l'épaule; la jupe de satin blanc à longue traîne également brodée d'argent s'ouvre sur un tablier avec incrustations de dentelles de Venise, et le tout est garni par des bandes de souple et velouté chinchilla. Au cou, l'amoureux rang de perles ou le collier de style, aux doigts la scintillante profusion des bagues aimées, — aimées comme elles étaient autrefois à Byzance, — et, savamment piquée dans les cheveux, la mignonne et frêle aigrette de diamants impalpables, comme des gouttes de cristal ou des étincelles de lumière.

Nous voilà donc bien loin des cottes et des gonnelles du XIIIe siècle, des poulaines, des chappes et des hennins du XIVe, des vertugadins du XVe, des corsages à crevés, — bien loin des joyaux d'émail, des brocarts d'or, des enfi-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MADAME BARTET

(De la Comédie-Française.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lades de perles mêlées aux nattes de la coiffure. Les collerettes, les fraises de dentelles, les rabats de Louis XIII ont passé à leur tour, les palatines de Louis XIV, les manches amadis, les fontanges, puis les paniers, les perruques poudrées de Louis XV, les mouches jolies et provocantes... Ont passé aussi les tuniques grecques du Directoire et de l'Empire, les manches à gigot et les torsades à la sultane de la Restauration, les crinolines du second Empire! — Toutes ces époques ont eu leur couleur, leur style nettement dessiné, et la mode de France, éternellement jeune et vivace, a fait et défait pour les recommencer encore l'histoire du costume et du bijou.

Notre époque, à l'instar des devancières, a sa couleur et son style qui se dégagent et s'affirment; comme ses devancières, elle répond aux besoins et aux goûts du présent, ainsi que, sans doute, y répondaient jadis les modes disparues, — mais la nôtre porte en soi un danger qu'il faut dire, et ce danger c'est le faux luxe, né à l'ombre du luxe vrai.

En ce temps démocratique, où la classe dirigeante n'est plus, chacun veut briller de toute la force qu'il peut : les grands ont pour cela la puissance que la fortune assure, — les petits, désireux de jouir à leur tour et de *paraître*, donnent le change et font éclore cette vulgarisation maladroite de l'art et du luxe, déterminés à s'affubler des mêmes apparences, à propager le dangereux courant du bazar et de la pacotille. Aussi faut-il prendre bien garde; ce flot-là est impur, l'Allemagne y a sombré déjà, et il aurait tôt noyé ce qui fait la fortune et le bon renom de notre France, l'immortelle fleur d'art qui ne germe plus que chez nous.

Le mouvement des modes est semblable à celui des vagues de la mer; l'agitation des flots se communique lentement à la masse liquide et descend en s'affaiblissant au fond du gouffre. Ainsi les modes, nées parmi les riches, pénètrent insensiblement jusqu'aux derniers rangs, mais leur éclat se perd, se fausse ou s'atrophie à mesure qu'elles se répandent et se généralisent.

Or, qui sera l'allié de l'artiste en cette lutte pour la bonne cause? Ce sera la femme si elle consent à nous aider, car elle seule sait ce qu'elle veut, elle seule a l'influence, et c'est elle qui continuera dignement l'œuvre de la mode française, si intimement liée à notre histoire qu'elle en est la formule et le reflet. — Elle se livrera à l'orfèvre, au joaillier, aussi complaisamment qu'elle fait au couturier, et alors celui-ci trouvera le bijou qu'elle aime, non plus uniforme et banal, fait pour toutes ou pour aucune, mais le bijou qui sera sien. Et il le prendra à la flore ou à l'ornement, il s'inspirera des vieux types d'autrefois, ou bien le modèlera sur son corps, au pli de son costume nouveau.

Nous avons la certitude que cela sera fait et que le goût de ces choses restera à Paris, parce qu'il y a à Paris quelques femmes d'un très grand jugement, que je pourrais nommer, et dont le concours nous est assuré, — et parce que, parmi

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nos artistes il en est aussi quelques-uns que je puis dire, ils me connaissent et n'ont aucune enseigne commerciale : Roty, Dampt, Levy-Dhurmer, Baffier, Couty, Desbois, Charpentier, Morren, Brateau... et certes j'en oublie !

Et ici il me faudrait achever; pourtant bien d'autres choses seraient à dire encore, idées personnelles peut-être, que je crains d'exprimer, parce que ces idées précisément sont à moi, et que, routinier dans mon métier, vieilli par quarante ans de pratique, je pense qu'il faut demander des idées jeunes à de plus jeunes que moi. Aussi continuons simplement notre tâche en éclairant le chemin pour ceux qui montent.

Mais, en dépit des secousses et des heurts de toute cette société nouvelle et tourmentée, j'ai bonne confiance dans le génie de la race, dans le goût et dans la raison de ceux qui travaillent, épris de l'honnête et du beau, — et je prédis à ceux-là de glorieuses moissons à venir, surtout s'ils ont, Mesdames, pour les aider et les défendre, le précieux appui de votre force, de votre goût et de votre bonté.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CONSTRUCTIONS

ÉTUDES SUR LA CONSTITUTION INTIME DES MORTIERS HYDRAULIQUES, PAR **R. Feret**

chef du laboratoire des Ponts et Chaussées à Boulogne-sur-Mer.

I. — EXPÉRIENCE

Avant d'exposer, ainsi que nous nous proposons de le faire dans cet article, les principales conclusions de nos recherches sur les mortiers hydrauliques (1), nous décrirons une expérience qui nous fournira, non le point de départ des propositions qui seront formulées dans la suite, car chacune repose sur un ensemble d'observations plus ou moins nombreuses, mais des exemples à l'appui de la plupart de nos conclusions.

Avec des proportions variées d'un même ciment portland et de plusieurs sables naturels ou artificiels, on a gâché et moulé sous diverses formes des mortiers, la plupart à consistance plastique, dont on a déterminé la composition volumétrique élémentaire comme il sera expliqué plus loin. On les a immergés à l'eau douce après durcissement de quarante-huit heures à l'air humide et on a essayé chacun à la rupture, sous divers genres d'efforts, cinq mois après la date de sa fabrication.

Vu le grand nombre des éprouvettes confectionnées, et par suite la longue durée des gâchages (près de cinq semaines), on a eu soin de conserver la provision de ciment dans un récipient bien clos, afin que, pendant ce temps, ce produit se modifiât le moins possible. En outre, pour répartir également sur tous les essais l'influence de l'altération qu'il aurait pu néanmoins subir, chaque série d'éprouvettes de même forme et de même composition a été confectionnée en plusieurs fois, échelonnées sur toute la durée des gâchages, de telle sorte que chacune des résistances moyennes obtenues résultât d'éprouvettes faites avec le ciment à ses différents âges, toutes les autres conditions étant rigoureusement identiques.

(1) Pour plus de détails au sujet des essais sur lesquels nous nous sommes basé, nous renvoyons à nos précédentes publications, notamment à un mémoire inséré dans les *Annales des Ponts et Chaussées* (1892, II, pp. 1 à 164), ainsi qu'à un ouvrage ayant pour titre : *Étude spéciale des matériaux d'agrégation des maçonneries*, paru tout récemment comme seconde partie de la *Chimie appliquée à l'art de l'Ingénieur* (2e éd., Baudry, 1897).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les sables employés sont définis par le tableau suivant :

TABLEAU A

PROVENANCE.	NATURE.	FORME DES GRAINS.	COMPOSITION GRANULOMÉTRIQUE. 5-2.	2-0,5.	PASSE 0,5.	POIDS SUPPOSÉ DU MÈT. CUBE (1).	PRIX SUPPOSÉ DU MÈTRE CUBE.
						Kilog.	Fr.
Sable de Gattemarre près Cherbourg.	granitique	gros et arrondis	0,73	0,25	0,02	1 670	8
Sable de Saint-Malo.	très coquillier	divers	0,17	0,70	0,13	1 505	4
Sable de dune.	fortement siliceux	fins et arrondis	0,00	0,01	0,99	1 460	1
N' : Quartzite moulu, tamisé et remélangé par parties égales.	quartz	anguleux	1/3	1/3	1/3	—	—

N' : Quartzite moulu passant au tamis de 64 mailles et retenu par celui de 144 mailles par centimètre carré.

(1) En réalité, ces poids ont été obtenus en versant à la pelle, sans tassement spécial, le sable sec dans une boîte carrée de 50 litres ayant 0m,20 de hauteur.

Les colonnes 2 à 4 du tableau B ci-contre indiquent les compositions adoptées.

Avec les quatre premiers sables, les proportions d'eau ont été déterminées par des tâtonnements préalables, de manière que les mortiers eussent une bonne consistance plastique permettant de les introduire dans les moules sans tassement spécial.

Au contraire, le mortier n° 34 au sable N', qui n'est autre que le mortier normal du cahier des charges de Boulogne, a été gâché sec et battu fortement dans les moules à coups de spatule.

Enfin le n° 35 est la pâte normale de ciment gâché sans addition de sable.

Les prix du mètre cube de mortier, donnés par la colonne 6, ont été déduits des poids du mètre cube de mortier frais (colonne 5), en admettant pour les sables les prix et les poids du mètre cube donnés par le tableau A, pour le ciment le prix de 50 francs la tonne, et pour la main-d'œuvre, le prix constant de 3 francs par mètre cube de mortier, quelle qu'en fût la composition.

Avec chacun des mortiers, il a été fait :

5 cubes à faces de 50 centimètres carrés ;

25 briquettes en forme de 8 (type normal), à section minimum de 5 centimètres carrés ;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU B

NUMERO D'ORDRE DU MORTIER.	NATURE DU SABLE.	COMPOSITION du mortier en poids. Ciment sur 1000 gr. de mélange sec (cim. + sable).	COMPOSITION du mortier en poids. Eau pour 1000 gr. de mélange sec.	POIDS DU LITRE DE MORTIER FRAIS.	PRIX D'UN MÈTRE CUBE DE MORTIER.	COMPOSITION volumétrique élémentaire. c	s	e	v	COMPACITÉ $c+s$	$\frac{c}{c+v}$	$\left(\frac{c}{1-s}\right)^n$	RÉSISTANCES APRÈS 5 MOIS D'IMMERSION dans l'eau douce. Flexion. F_{16}	F_4	Traction. T_{16}	T_2	Compression. P_{30}	P_{16}	P_4	Cisaillement. C_4	Résistances moyennes. Traction et flexion. T	Compression. P
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
		gr	gr	gr	fr								kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
1	Sable de Gattemare.	51	62,5	1955	16,04	0,030	0,670	0,115	0,185	0,700	0,100	0,0083	9,4	9,4	»	4,6	15	24	11	12	4,8	17
2		92	70	2032	19,98	0,055	0,663	0,132	0,150	0,718	0,195	0,0266	20,2	18,0	4,1	10,7	59	69	56	40	10,3	61
3		126	76	2099	23,44	0,078	0,655	0,148	0,119	0,733	0,292	0,0511	29,4	26,0	9,1	15,5	94	119	111	75	15,0	108
4		160	81,5	2167	27,13	0,102	0,648	0,163	0,087	0,750	0,409	0,0841	35,8	32,4	10,1	18,3	145	184	166	101	18,2	165
5		196	88	2224	30,88	0,127	0,631	0,180	0,062	0,758	0,526	0,1190	42,0	39,9	14,5	22,9	200	259	242	141	22,1	234
6		237	93	2262	35,01	0,155	0,605	0,196	0,044	0,760	0,646	0,1537	48,7	48,3	17,2	26,1	264	317	299	180	25,8	293
7		287	104,5	2260	39,43	0,186	0,559	0,214	0,041	0,745	0,730	0,1772	56,5	56,7	19,5	28,6	330	382	387	196	29,6	366
8		355	116	2249	44,96	0,226	0,499	0,234	0,041	0,725	0,820	0,2034	65,7	66,0	21,0	31,7	402	413	444	252	33,8	420
9		449	133	2227	52,44	0,280	0,415	0,262	0,043	0,695	0,919	0,2304	72,9	74,5	25,0	35,3	450	457	(500)	276	37,7	469
10		602	163	2191	63,35	0,359	0,287	0,306	0,048	0,646	1,015	0,2530	75,5	78,8	27,8	37,4	496	441	>500	256	39,6	>479
11	Sable de Saint-Malo.	72	90	1845	13,27	0,039	0,592	0,152	0,217	0,631	0,106	0,0092	9,9	11,1	»	6,0	19	25	22	18	5,7	22
12		125	96,5	1951	18,29	0,070	0,587	0,171	0,172	0,657	0,204	0,0289	23,2	24,0	3,8	13,5	68	68	66	47	12,8	67
13		167	101,5	2019	22,31	0,097	0,576	0,186	0,141	0,673	0,296	0,0524	31,7	30,8	9,9	17,5	97	115	105	73	16,9	106
14		196	105	2067	25,34	0,116	0,569	0,196	0,119	0,685	0,369	0 0724	36,3	37,0	10,7	19,8	123	149	146	95	19,5	140
15		241	111	2148	30,14	0,148	0,555	0,215	0,082	0,703	0,500	0,1109	43,0	40,2	14,9	23,4	173	202	198	127	22,5	191
16		283	117,5	2162	34,02	0,173	0,525	0,227	0,075	0,698	0,573	0,1325	48,8	48,1	15,6	26,3	220	250	253	158	25,9	241
17		333	125	2179	38,68	0,204	0,486	0,242	0,068	0,690	0,660	0,1576	57,7	54,0	17,3	28,5	282	312	329	186	29,2	308
18		412	138	2195	45,81	0,252	0,428	0,265	0,055	0,680	0,782	0,1945	69,9	67,0	22,9	32,2	368	376	403	193	36,6	382
19		518	157	2170	54,14	0,309	0,340	0,294	0,057	0,649	0,880	0,2190	75,8	75,0	21,6	34,4	410	416	461	252	38,0	429
20		648	180	2153	63,95	0,376	0,241	0,329	0,054	0,617	0,982	0,2460	83,3	84,7	26,6	38,2	464	458	496	249	42,3	473
21	Sable de dune.	73	167	1885	10,07	0,038	0,564	0,269	0,129	0,602	0,095	0,0076	8,0	9,9	»	4,6	11	14	9	11	4,7	11
22		148	168,5	1916	16,11	0,077	0,528	0,276	0,119	0,605	0,196	0,0269	17,4	16,7	4,2	8,6	42	39	34	26	8,9	38
23		225	170	1935	22,48	0,118	0,485	0,281	0,116	0,603	0,298	0,0529	28,7	29,2	8,4	14,6	76	91	93	54	15,1	87
24		299	172	1968	28,86	0,159	0,444	0,289	0,108	0,603	0,402	0,0818	40,5	40,5	13,8	20,8	126	134	149	99	21,2	136
25		363	175	1997	34,49	0,195	0,409	0,298	0,098	0,604	0,492	0,1082	49,4	48,7	16,4	24,9	167	209	223	150	25,6	200
26		429	179	2024	40,52	0,234	0,370	0,307	0,089	0,604	0,590	0,1376	57,2	58,2	16,4	30,9	244	251	288	181	30,6	261
27		500	183,5	2051	46,90	0,274	0,331	0,318	0,077	0,605	0,695	0,1681	68,9	67,7	21,2	35,3	334	310	410	193	35,9	351
28		573	190	2082	53,56	0,320	0,282	0,333	0,065	0,602	0,802	0,1998	77,1	78,9	26,2	38,6	404	383	427	216	40,4	405
29		659	197	2073	60,41	0,361	0,223	0,341	0,075	0,584	0,869	0,2171	84,9	90,2	26,1	43,8	466	420	485	251	45,5	457
30		771	208	2103	70,38	0,426	0,151	0,361	0,062	0,577	1,010	0,2530	89,8	96,5	28,2	47,2	520	480	>500	(290)	48,6	>500
31	M'	167	123	2165	»	0,102	0,607	0,237	0,054	0,709	0,351	0,0676	43,1	43,8	16,8	23,2	149	165	181	121	23,1	165
32		250	136	2160	»	0,150	0,539	0,259	0,052	0,689	0,483	0,1056	59,2	56,8	21,4	33,4	256	272	317	218	31,7	282
33		333	148	2162	»	0,199	0,474	0,278	0,049	0,673	0,610	0,1429	69,6	69,0	23,6	36,1	326	342	346	216	36,5	338
34	N'	250	91	2147	»	0,156	0,557	0,179	0,108	0,713	0,543	0,1246	60,6	»	20,6	32,0	253	258	»	»	32,1	256
35	»	1 000	245	2107	»	0,534	0	0,414	0,052	0,534	1,140	0,2851	89,7	106,1	27,1	43,9	613	517	>500	259	49,1	565
	Nombre d'essais dont chaque résistance est la moyenne. . .												15	15	15	25	5	15	30	30		
	Moyenne des écarts pour 100.												6,8	7,9	15,3	7,8	6,0	7,6	11,4	14,8		

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

15 prismes carrés de $4 \times 4 \times 16$ centimètres ;

15 prismes carrés de $2 \times 2 \times 13$ centimètres.

Les cubes de 50 centimètres carrés ont été écrasés au moyen de la machine Schickert à leviers. Les résistances correspondantes, ramenées au centimètre carré, sont désignées par P_{50} et données par la colonne 18 du tableau B.

Les briquettes de 5 centimètres carrés ont été essayées par traction au moyen de la machine ordinaire à leviers du type Michaëlis. Les résistances, ramenées au centimètre carré de la section minimum, sont désignées par T_5 (colonne 17).

Les gros prismes, posés sur deux couteaux mousses distants de 10 centimètres, ont été chargés en leur milieu jusqu'à rupture, par l'intermédiaire d'un autre couteau mousse. On s'est servi de l'appareil Michaëlis modifié spécialement en vue de cet essai. Les efforts totaux sous lesquels la rupture s'est produite, multipliés par $\frac{3}{2}\frac{l}{bh^2}$, soit ici $\frac{3}{2} \times \frac{10}{4 \times 16}$, ou $\frac{15}{64}$, donnent les tensions par centimètre carré que théoriquement les fibres extrêmes devaient supporter au moment de la rupture. Ces produits, désignés par F_{16}, sont donnés par la colonne 14.

Une des moitiés de chacun des prismes essayés a été placée en croix entre deux plaques d'acier de 4 centimètres de largeur et essayée par compression au moyen de la machine Schickert. La charge de rupture, divisée par 16 pour être ramenée à 1 centimètre carré de surface pressée, est désignée par P_{16} et donnée par la colonne 19.

L'autre demi-prisme a été pincé à ses deux extrémités par des griffes spéciales disposées de manière à adhérer à ses quatre faces, et essayé par traction au moyen d'une machine ayant servi autrefois à la rupture des briquettes à section minimum de 16 centimètres carrés. Dans cet essai, les résistances des diverses éprouvettes d'un même mortier ont présenté généralement des écarts plus marqués que dans les autres. Il est d'ailleurs arrivé souvent que la rupture s'est produite dans la partie du prisme saisie par l'une ou l'autre des griffes. Les charges de rupture, divisées par 16, sont désignées par T_{16} (colonne 16 du tableau).

Les petits prismes ont été essayés par flexion, de la même manière que les gros. Les charges de rupture, multipliées par $\frac{3}{2} \times \frac{10}{2 \times 4}$, soit $\frac{15}{8}$, sont désignées par F_4 (colonne 15).

Une de leurs moitiés a été coupée elle-même en deux tronçons d'un peu plus de 2 centimètres de longueur, dont chacun a été placé en croix entre deux plaques métalliques de 2 centimètres de largeur et essayé par compression. L'effort de rupture, divisé par 4, est désigné par P_4 et donné par la colonne 20.

Enfin l'autre moitié a donné lieu à deux essais de cisaillement, avec un dispositif réalisant les conditions de la figure schématique ci-contre (fig. 1), et la charge totale de rupture C_4 est donnée par la colonne 21 du tableau B.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les résistances P_4 et C_4 ont été fournies par un dynanomètre à ressort dont la sensibilité laissait un peu à désirer.

Les nombres qui, pour chacune de ces huit séries d'essais, figurent au bas des colonnes sous le titre *Moyenne des écarts pour 100*, ont été obtenus comme il suit :

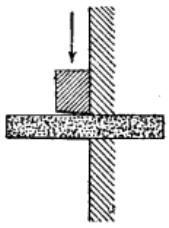


Fig. 1.

Soit, par exemple, le mortier n° 14, dosé en poids à raison de 196 parties de ciment, 804 parties de sable de Saint-Malo et 105 parties d'eau. Dans l'essai de compression des demi-prismes de 4 × 4, les 15 éprouvettes de ce mortier ont donné les résultats suivants :

Dates des gâchages (1893) :	3 Février.			8 Février.			17 Février.			24 Février.			2 Mars.			Moyenne.
Résistances par cent. carré :	156	146	146	161	153	156	153	161	155	133	120	144	153	147	148	149
Écarts avec la moyenne : . .	7	3	3	12	4	7	4	12	6	16	29	5	4	2	1	7,7

Le nombre 7,7, moyenne des écarts entre les résistances des 15 éprouvettes et leur moyenne 149, correspond à 5,2 p. 100 de cette dernière moyenne. Le nombre 7,6 qui figure au bas de la colonne des valeurs de P_{16} est la moyenne des moyennes telles que 5,2 calculées pour les 35 mortiers.

On remarque que, en laissant de côté l'essai T_{16}, fait dans des conditions désavantageuses, les écarts obtenus pour un même genre d'efforts ont été d'autant plus faibles qu'on a opéré sur des éprouvettes de plus grandes dimensions.

Les moyennes T et P, données par les deux dernières colonnes du tableau B, ont été calculées par les formules suivantes, qui seront justifiées un peu plus loin :

$$T = \frac{\left(\frac{F_{16} + F_4}{2}\right) + T_4}{1{,}89 + 1}$$ (on n'a pas tenu compte des essais T_{16} moins précis).

$$P = \frac{P_{50} + P_{16} + P_4}{3}.$$

II. — RÉSISTANCE DES MORTIERS AUX DIVERS GENRES D'EFFORTS

L'épreuve à laquelle on attribue généralement, à tort ou à raison suivant les cas, le plus d'importance dans l'essai des liants hydrauliques, consiste à déterminer sous quelle charge, ramenée à l'unité de surface, rompent, après des durées de conservation bien définies, des éprouvettes obtenues en moulant des mortiers où entrent les liants à essayer.

Ce mode de procéder a l'inconvénient de ne donner aucun renseignement sur les phénomènes qui précèdent la rupture, tels que les variations d'élasticité, qui sont souvent les plus intéressants pour le constructeur ; en outre, il est

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

maintenant généralement reconnu que, quelle que soit la nature de l'effort exercé : flexion, traction, compression, cisaillement, poinçonnage, etc., un même mortier peut rompre sous des charges bien différentes, suivant les conditions dans lesquelles l'essai est exécuté, de sorte que les résistances ne permettent de comparer plusieurs produits ou mortiers que si elles ont été mesurées exactement de la même manière.

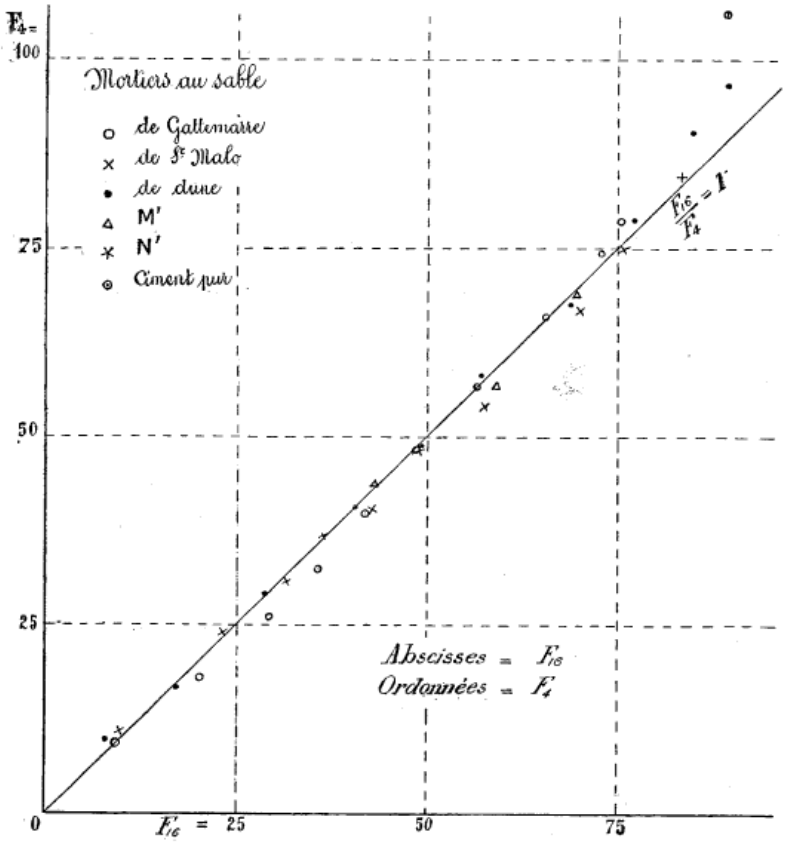


Fig. 2.

Dans les essais de flexion, par exemple, les résistances fournies par divers types d'éprouvettes peuvent être les mêmes si les dimensions de celles-ci ne diffèrent pas trop entre elles et si l'on opère sur des mortiers relativement jeunes (voir la fig. 2 obtenue par la comparaison des résistances F_{16} et F_4 du tableau B); mais il n'en est plus nécessairement ainsi avec des sections très différentes, surtout quand, par suite d'une carbonatation superficielle, l'éprouvette cesse d'être homogène. Des expériences directes (1) nous ont montré que, dans ce

(1) *Chimie appliquée*, p. 420.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cas, la composition des parties voisines des parois avait une influence prépondérante.

Dans les essais par traction, M. L. Durand-Claye a établi (1) que les efforts développés en divers points de la section des éprouvettes n'étaient pas les mêmes, de sorte que le quotient de la charge totale de rupture par la section ne donnait pas la valeur réelle de la résistance spécifique, et que ce quotient devait varier suivant la dimension de l'éprouvette.

Nous avons vérifié qu'il y avait néanmoins proportionnalité entre les résis-

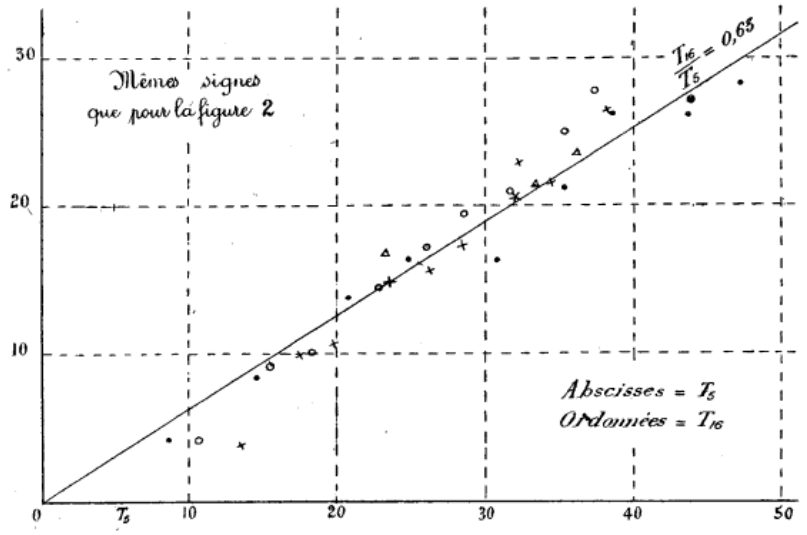


Fig. 3.

tances fournies par les divers types d'éprouvettes. La figure 3, dans laquelle sont comparées les résistances T_5 et T_{16} du tableau B, montre notamment que les secondes ont été égales à environ 0,63 des premières. D'autres expériences nous ont montré que les briquettes de 16 centimètres carrés de section minimum donnaient sensiblement les mêmes résistances que les demi-prismes de même section, essayés dans l'expérience citée, et que ces résistances étaient, en moyenne, les deux tiers de celles que donnaient les briquettes normales à section étranglée de 5 centimètres carrés.

L'inégale répartition des tensions dans la section des briquettes de traction a pour effet, comme dans les essais par flexion, d'augmenter l'influence de la composition des régions voisines des parois et de fausser complètement les expériences quand les briquettes ne sont pas homogènes. Or c'est ce qui se

(1) *Annales des Ponts et Chaussées*, 1888, II, p. 173.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

produit précisément à la longue avec les mortiers, par suite de l'action des agents extérieurs, et plus particulièrement de l'acide carbonique, sur la couche superficielle des éprouvettes. Aussi constate-t-on souvent, dans les essais à long terme, que les résistances à la traction finissent par devenir à peu près les mêmes, quels que soient la nature du liant et le dosage du mortier. Le tableau C en donne un exemple frappant : les essais ont été faits avec quatre liants d'énergies très différentes, essayés après conservation de trois mois et de six ans dans l'eau de mer, soit à l'état pur, soit sous forme de mortiers normaux damés contenant en poids une partie de ciment pour trois parties de sable (sable N du tableau A). Le premier de ces liants, A, étant de la fine poussière de ciment portland tamisé, les trois autres, B, C et D, avait été obtenus en mélangeant intimement $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{2}$ et $\frac{1}{4}$ du premier avec $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ et $\frac{3}{4}$ d'une poudre inerte, de sorte que les énergies réelles de ces quatre liants étaient entre elles comme les nombres 4, 3, 2 et 1. On remarquera que, pour le mortier sableux, où le ciment se trouve plus divisé, le nivellement des résistances s'est produit plus complètement que pour le ciment pur et était déjà commencé après trois mois.

TABLEAU C

Liant :			A	B	C	D
Résistances à la traction par cent. carré.	Ciment pur. . .	après 3 mois. .	47,0	37,3	24,8	14,3
		après 6 ans . .	33,7	37,8	33,4	16,8
	Mortier sableux.	après 3 mois. .	25,4	24,5	19,3	11,6
		après 6 ans . .	35,2	33,4	29,4	28,3

D'après la théorie de la *résistance des matériaux*, les essais par flexion et ceux par traction devraient conduire aux mêmes résistances. Mais il ne faut pas oublier que les raisonnements supposent qu'on opère sur des matières parfaitement élastiques, ce qui est loin d'être le cas pour les mortiers, surtout aux approches de la rupture. M. Durand-Claye a montré qu'en réalité la résistance déduite de la flexion était près du double de celle que fournissent les essais de traction sur briquettes de 5 centimètres carrés. De notre côté, nous avons vérifié que, quelle que fût la nature et l'âge du mortier, les deux résistances restaient proportionnelles entre elles. Ainsi, pour les essais du tableau B, le rapport constant (fig. 4) entre la résistance par flexion et celle par traction, est voisin du

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nombre 1,89. En moyenne, le rapport qui résulte de l'ensemble de nos essais est égal à 2 en chiffres ronds.

Dans les essais par compression, l'influence de la forme et des dimensions de l'éprouvette sur les résistances ramenées à l'unité de surface est moindre que dans les essais par traction, du moins quand la hauteur des blocs ne s'écarte pas trop des dimensions linéaires de leur section (1). La figure 3 montre, par exemple, que les résistances fournies par le tableau B, soit pour des cubes à section de 50 centimètres carrés, soit pour des prismes de 4 centimètres écrasés entre deux bandes parallèles de 4 centimètres de largeur disposées perpendiculairement à la longueur du prisme, ont été sensiblement les mêmes. Des diagrammes analogues montreraient que les résistances obtenues au moyen des prismes de 2 centimètres de côté sont très légèrement supérieures aux deux autres; mais nous avons dit que cet essai présentait quelque incertitude.

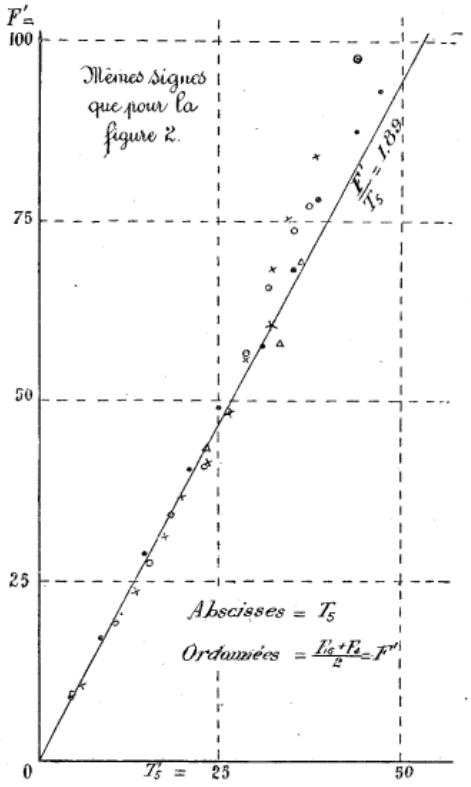


Fig. 4.

En outre, la compression peut être exercée uniformément sur toute la surface pressée et intéresser également les diverses régions de l'éprouvette, de sorte qu'aucune de celles-ci ne joue un rôle prépondérant. Aussi constate-t-on, même pour des mortiers conservés pendant longtemps, que les résistances à la compression restent sensiblement proportion-

(1) Bauschinger a cru pouvoir représenter la résistance par centimètre carré P d'une pièce prismatique ou cylindrique de hauteur h, et dont la base a pour périmètre p et pour section s, par la formule :

$$P = \sqrt{\frac{\sqrt{s}}{\left(\frac{p}{4}\right)}}\left(\lambda + \nu\,\frac{\sqrt{s}}{h}\right)$$

dans laquelle λ et ν sont deux constantes dépendant de la nature de la matière.

Il résulterait de cette formule, ainsi que des recherches du même savant sur le poinçonnage, que les trois résistances P_{50}, P_{16} et P_4 de l'expérience citée plus haut devraient être égales entre elles.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

n elles aux énergies relatives des liants, ainsi qu'en témoigne, aussi bien pour

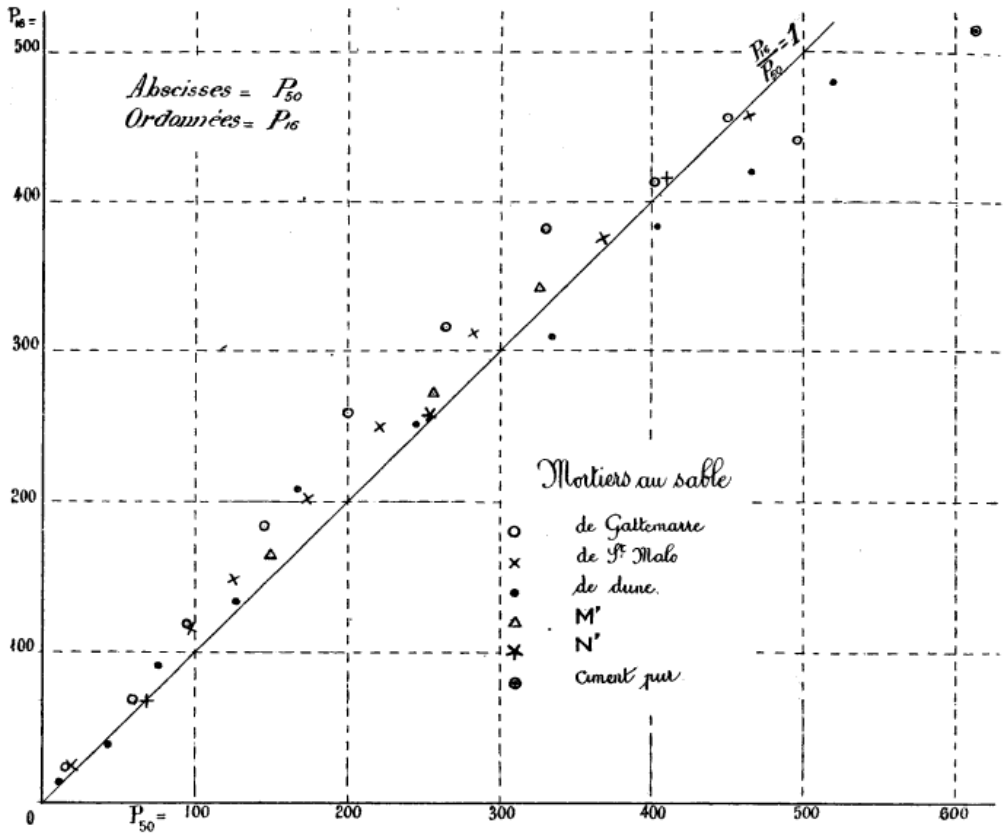


Fig. 5.

les éprouvettes de mortier sableux que pour celles de ciment pur, le tableau D ci-dessous, relatif aux mêmes liants que le tableau C.

TABLEAU D

Liant :		A	B	C	D
Résistances à la compression par centimètre carré, après conservation de 6 ans dans l'eau de mer	Ciment pur. . .	510	390	268	105
	Mortier sableux.	313	210	137	79

Il semble résulter du tableau B (fig. 6) que les essais par cisaillement donnent, avec les mortiers, des résistances proportionnelles à celles que l'on obtient par compression.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il en est de même des essais par poinçonnage, le rapport des résistances variant quand on modifie la forme ou les dimensions du poinçon ou de l'éprouvette (1).

On vient de voir que, sur les cinq genres d'essais examinés, la flexion et la traction d'une part, la compression, le cisaillement et le poinçonnage de l'autre, donnent des résistances proportionnelles.

Quoi qu'on en ait dit bien souvent, il n'y a pas de rapport constant entre la résistance à la rupture par compression et celle par traction ou flexion. Pour des

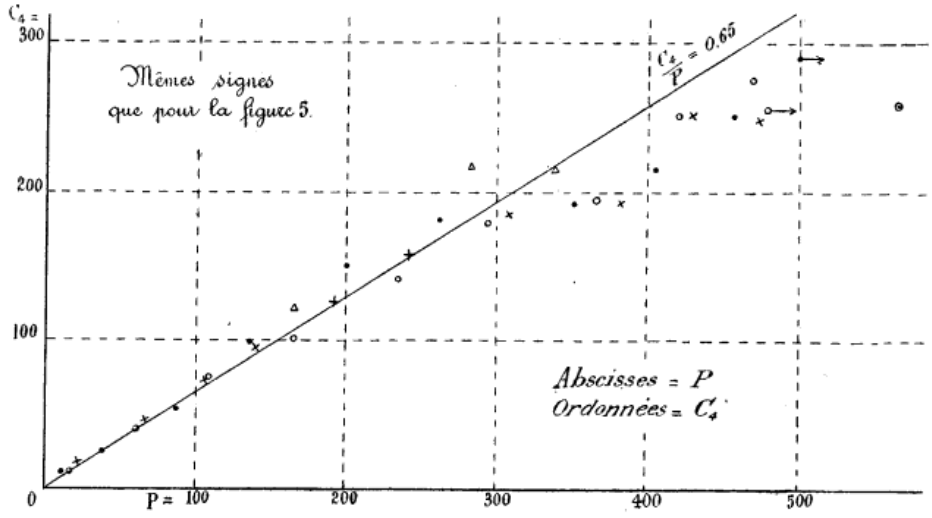


Fig. 6.

mortiers de plus en plus résistants, la première progresse plus rapidement que la seconde, de sorte que l'essai de compression permet de différencier les mortiers d'une manière plus nette que celui de traction ou de flexion. Il semble même qu'il n'y ait entre les deux résistances aucune relation indépendante de la nature du mortier, autrement dit, que deux mortiers différents ayant même résistance à la compression ne rompent pas nécessairement sous le même effort de traction. Ces conclusions sont la résultante d'un nombre considérable d'expériences, attendu que, depuis cinq ans, presque toutes nos recherches sont faites sur des mortiers gâchés en prismes de $4 \times 4 \times 16$ centimètres que l'on essaie d'abord par flexion, puis par compression. Le tableau B en fournit un exemple particulier; pour atténuer les erreurs d'expérience inhérentes à chaque genre d'essai, on a fait participer plusieurs essais au calcul des deux types de résistances comparées,

(1) On trouvera, *Chimie appliquée*, p. 424, les principales conclusions des essais de poinçonnage que nous avons exécutés jusqu'à présent.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

en adoptant d'une part, pour l'effort de traction-flexion T, une fonction des résistances F_{16}, F_4 et T_5 qui donne une valeur corrigée de cette dernière, et d'autre part, pour l'effort de compression P, la moyenne des trois résistances P_{50}, P_{16} et P_4 supposées devoir être égales entre elles. On voit par la figure 7 que

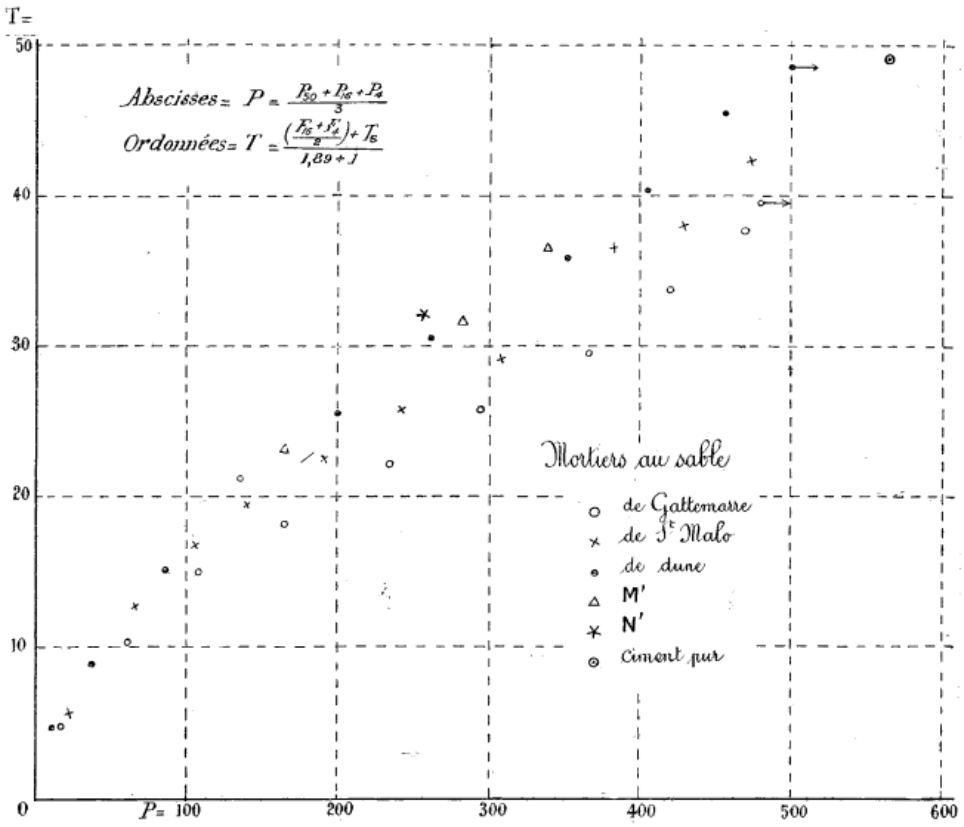


Fig. 7.

les points correspondant aux mortiers faits avec chaque sable forment des lignes courbes nettement détachées les unes des autres.

En somme, il résulte de ce qui précède que, sur les deux types d'essais distincts auxquels se réduisent les cinq modes de rupture étudiés, l'essai par compression donne, mieux que celui par traction, la mesure réelle de la cohésion des mortiers. Il fournit d'ailleurs des résultats généralement plus réguliers, surtout si l'on a soin d'opérer sur des blocs un peu gros, dans lesquels les défauts locaux d'homogénéité des mortiers ont une moindre importance relative.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

III. — COMPOSITION VOLUMÉTRIQUE ÉLÉMENTAIRE DES MORTIERS

Les diverses propriétés des mortiers hydrauliques : dureté, perméabilité, porosité, aptitude à résister plus ou moins à l'action décomposante de l'eau de mer, etc., sont évidemment fonction de la nature et de la qualité du liant employé; mais elles dépendent aussi, dans une mesure bien plus large qu'on ne le croit généralement, de la constitution physique moléculaire des mortiers, c'est-à-dire des dimensions et des positions relatives des divers éléments entrant dans leur composition. On en trouvera un exemple dans le tableau E ci-dessous, montrant qu'une série de mortiers composés de proportions variées d'un même ciment et de deux mêmes sables, l'un gros et l'autre fin, mais tels que la quantité de ciment entrant dans 1 litre de chacun de ces mortiers restât la même, présentaient, après une même durée de conservation dans des conditions identiques, des résistances à la compression variant dans le rapport de 1 à 2,5.

TABLEAU E

Composition du mortier en volumes réels.	Poussière de ciment.	2,46	2,40	2,35	2,10	1,94	1,82	1,74	8
	Sable très fin.	5,54	4,60	3,65	2,90	2,06	1,18	0,26	
	Sable très gros. . . .	0	1	2	3	4	5	6	
Volume réel de ciment par litre mortier.		58	0,161	0,166	0,160	0,160	0,160	0,162	
Résistance à la compression par centimètre carré atteinte après un an. . .		70	77	96	98	121	160	180	

Pour préciser un peu la connaissance de cette constitution intime et mettre son influence en évidence, on peut déterminer le poids d'un volume donné de mortier frais de composition pondérale connue, en déduire les poids de chaque élément entrant dans 1 litre, et enfin, connaissant les poids spécifiques du liant, du sable et de l'eau employés, calculer les volumes absolus de ces matières contenus dans l'unité de volume du mortier. Ces volumes c, s, e, ainsi que le volume des vides v, égal à $1 - (c + s + e)$, définissent la *composition volumétrique élémentaire* du mortier frais, et l'on conçoit que l'étude de leurs variations suivant les conditions de fabrication des mortiers doive fournir des renseignements utiles sur la meilleure composition à adopter.

En particulier, nous avons appelé *compacité* d'un mortier le volume absolu total des matières solides qu'il contient. Cet élément, qui, dans un mortier frais, est mesuré par la somme $c + s$, doit évidemment être un facteur important de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la qualité des mortiers. Pourtant il n'est pas le seul à considérer, et le critérium d'un bon mortier doit être, abstraction faite, bien entendu, de la nature et de la qualité du liant, une fonction plus ou moins complexe, variable d'ailleurs suivant la destination du mortier, des volumes occupés par les divers éléments dans le mortier durci, volumes qui sont eux-mêmes des fonctions des volumes élémentaires c, s, e, v, du mortier frais (1).

IV. — RELATION ENTRE LA RÉSISTANCE A LA COMPRESSION ET LES VOLUMES ÉLÉMENTAIRES

Le liant employé et les conditions de conservation restant les mêmes, les résistances atteintes à un instant quelconque de leur durcissement par des mortiers de diverses compositions, dépendent, ainsi qu'on l'a vu par le tableau E, non seulement du poids de liant entrant dans 1 litre du mortier, mais aussi de la composition volumétriqne élémentaire de celui-ci, et par suite, comme il vient d'être dit, de celle qu'il avait à l'état frais.

Après des tâtonnements ayant porté sur un très grand nombre de séries de mortiers, nous avons reconnu la loi suivante :

Pour toute série de mortiers plastiques faits avec un même liant et des sables inertes, les résistances à la compression après une même durée de conservation dans des conditions identiques est uniquement fonction du rapport $\frac{c}{e+v}$ *ou* $\frac{c}{1-(c+s)}$, *quelles que soient la nature et la grosseur du sable et les proportions des éléments, liant, sable inerte et eau, dont chacun est composé.*

On voit immédiatement par là que la résistance croît à la fois avec le volume absolu c de liant contenu dans l'unité de volume du mortier frais et avec la compacité $c + s$ de ce mortier, quelles que soient les valeurs relatives de e et de v immédiatement après le gâchage.

Une première approximation consiste à admettre que la résistance P est proportionnelle au rapport $\frac{c}{e+v}$. En réalité, elle augmente un peu plus vite

(1) Si le mortier contient une matière solide autre que le liant et le sable, par exemple une pouzzolane, il y a lieu de faire intervenir un cinquième paramètre m, qui mesure le volume absolu de cette matière entrant dans l'unité de volume de mortier frais.

La même décomposition s'applique aussi à l'étude des bétons, mélanges de mortier et de pierres. On a alors à considérer en outre un paramètre p mesurant le volume absolu des pierres. Dans le cas des bétons, le volume v des vides peut d'ailleurs être décomposé en deux parties, correspondant l'une aux *pores*, ou vides plus ou moins capillaires préexistant dans le mortier, l'autre aux *cavités*, vides relativement volumineux résultant du remplissage imparfait des intervalles entre les pierres par le mortier.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

que ce rapport, de sorte qu'on pourrait mettre la relation sous la forme : $P = H\left(\frac{c}{e+v,}\right)^m$ m étant un exposant un peu plus grand que 1, et H un coefficient constant.

On obtient encore une certaine approximation par la formule : $P = J\left(\frac{c}{e+v} - 0{,}1\right)$, qui évite l'emploi de puissances fonctionnaires.

Enfin une autre formule assez simple et qui s'applique particulièrement bien dans la plupart des cas est :

$$P = K\left[\frac{\left(\frac{c}{e+v}\right)}{1+\left(\frac{c}{e+v}\right)}\right]^2 = K\left(\frac{c}{1-s}\right)^2.$$

C'est elle que nous avons finalement adoptée. A titre d'exemple, la figure 8, déduite de l'expérience rapportée par le tableau B, en donne une vérification (1).

Dans cette formule, le coefficient K est une constante caractérisant l'énergie du liant dans les mortiers à l'époque où on a procédé aux essais de rupture, quelle que soit d'ailleurs la composition de ces derniers. A la rigueur, un seul mortier quelconque suffirait à la détermination de cette inconnue, mais, en raison des erreurs d'expérience inévitables, il est préférable, pour mesurer l'énergie intrinsèque K d'un liant après une durée de conservation des mortiers bien définie, de composer avec ce liant et des sables inertes plusieurs mortiers distincts, dont on mesure les volumes élémentaires à l'état frais, et que l'on essaie par compression à l'époque choisie. La moyenne des valeurs trouvées pour les rapports $\frac{P}{\left(\frac{c}{1-s}\right)^2}$ relatifs aux divers mortiers donne le paramètre cherché. On peut encore, pour éliminer des erreurs accidentelles trop considérables, construire un diagramme en prenant pour abscisses les valeurs de $\left(\frac{c}{1-s}\right)^2$ relatives

(1) M. Le Chatelier a cru pouvoir déduire de chiffres que nous avions cités dans un mémoire antérieur, que la résistance à la traction était proportionnelle au rapport $\frac{c}{1-s}$, et conclure de là que la résistance à la compression devait être proportionnelle au carré de ce rapport. Nous avons fait un très grand nombre d'expériences dont les résultats confirment généralement la seconde de ces lois, mais infirment complètement la première. Nous n'avons d'ailleurs pu trouver aucune relation entre les résistances à la traction et les volumes élémentaires. Dans l'exemple du tableau B, il semble qu'on ait à peu près $T = K'\frac{c}{\sqrt{1-s}}$, et par suite $\frac{T^2}{P} = K''(1-s)$, mais cette formule ne se trouve pas vérifiée par nos autres expériences.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

aux divers mortiers d'essai et pour ordonnées les valeurs de P trouvées pour ces mortiers, et mener par l'origine des coordonnées une droite qui se rapproche le plus possible des points obtenus; la valeur de K est alors le coefficient angulaire de cette droite. C'est ce qui a été fait dans la figure 8, qui conduit ainsi, pour l'expérience correspondante, à K = 1965.

Inversement, connaissant K, on peut en déduire les résistances qu'auraient

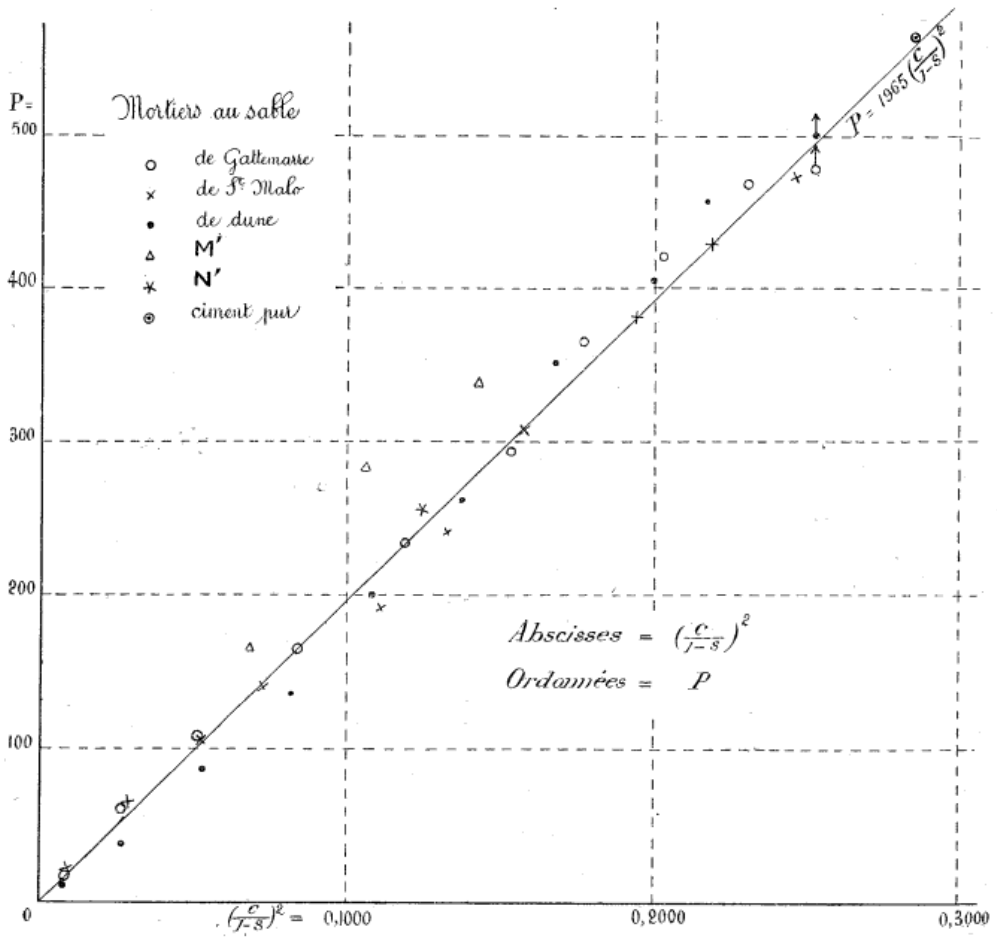


Fig. 8.

données tous les mortiers possibles du liant considéré et de sables inertes, à condition qu'on ait mesuré les volumes élémentaires de ces mortiers frais.

En somme, une pareille formule a l'avantage précieux de fournir, pour chaque produit hydraulique, un paramètre donnant une mesure *absolue* de son énergie spécifique après une durée quelconque de durcissement, indépendamment de toute considération sur la nature et la composition des mortiers.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nous allons montrer quel parti on pourrait en tirer pour le choix des essais normaux de résistance.

V. — ESSAIS NORMAUX DE RÉSISTANCE

Actuellement, les essais de résistance adoptés presque exclusivement pour la réception des ciments sont exécutés par traction et portent soit sur des briquettes de ciment gâché pur, soit, le plus souvent, sur des mortiers sableux dits normaux, soit encore, et c'est le cas général en France, à la fois sur le ciment pur et sur le mortier normal.

Pour que les résistances obtenues dans divers laboratoires soient comparables, il importe que les essais soient exécutés dans des conditions en tous points rigoureusement identiques.

En particulier, pour l'essai au mortier sableux, qui paraît plus probant que celui au ciment pur, il est nécessaire qu'on définisse exactement la nature et la grosseur du sable, les proportions relatives du sable et du ciment, la nature et la proportion de l'eau employée pour le gâchage, les conditions dans lesquelles cette opération est effectuée, la forme et les dimensions des éprouvettes, le mode de remplissage des moules et le degré de tassement donné au mortier, le mode de conservation pendant la prise puis dans le milieu définitif, l'époque de la rupture, l'appareil d'essai et la manière de s'en servir, la manière d'exprimer les résultats, etc.

Si certaines de ces conditions (proportions du mélange de ciment et de sable, type d'éprouvettes, mode de conservation, machine d'essai, expression des résultats) réclament seulement un acquiescement unanime de toutes les administrations et de tous les laboratoires qui ont à procéder à des essais de ciments, plusieurs sont en outre extrêmement difficiles à définir et à réaliser exactement, surtout lorsqu'il s'agit d'obtenir une unification internationale.

La nature du sable, et plus spécialement la forme de ses grains, qui échappe à toute définition précise, exercent une influence réelle sur la résistance du mortier; il est donc nécessaire d'adopter partout un sable de même provenance. Quant à sa grosseur, on la fixe par des tamis, mais il reste toujours une certaine incertitude sur l'instant où l'on doit arrêter le tamisage.

La proportion d'eau à employer pour le gâchage ne peut être choisie la même pour tous les ciments, car, suivant leurs degrés de finesse, on obtiendrait différentes consistances pour les mortiers. La consistance ne peut elle-même être précisée exactement.

Enfin le degré de serrage à donner au mortier dans le moule est un élément d'une importance capitale; le travail à la main ne peut être exécuté dans des conditions toujours identiques, et on en est arrivé, dans bien des pays, à recourir à l'emploi de machines spéciales.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le mortier adopté le plus généralement comme normal est composé en poids d'une partie de ciment pour trois parties d'un sable dit normal, à grains uniformes et partout à peu près de même grosseur, mais dont la provenance varie d'un pays à l'autre. Ce mortier est mouillé avec très peu d'eau et ne doit sa consistance qu'au battage énergique qu'on lui fait subir dans le moule.

Quant à la pâte de ciment pur, elle est un peu moins difficile à définir, quoique ses propriétés dépendent encore beaucoup du tour de main lors du gâchage.

Lorsqu'il s'agit d'essais de réception, connaissant les résistances atteintes après 7 et 28 jours (quelquefois aussi 84) par la pâte pure ou le mortier normal faits avec des ciments de bonne qualité, on demande aux ciments à recevoir de donner, soumis aux mêmes essais, des résistances équivalentes. Il est alors bien évident que les chiffres trouvés doivent servir simplement de termes de comparaison et ne peuvent fournir aucune indication sur les efforts auxquels l'ouvrage projeté sera capable de résister dans la pratique.

Dans les expériences de laboratoire exécutées en vue de recherches spéciales sur les ciments, on opère aussi, bien souvent, sur des briquettes de pâte pure ou de mortier normal, afin sans doute de pouvoir comparer les résultats de ces essais à ceux des essais de réception, ce qui revient à admettre que les résistances trouvées donnent une mesure exacte des énergies relatives des divers produits.

Dans les deux cas, il est clair que les essais doivent inspirer d'autant plus de confiance que les mortiers étudiés se rapprochent plus de ceux de la pratique.

Or, d'une part, outre que, dans les travaux, le ciment n'est employé pur que dans des cas tout à fait exceptionnels, on peut se demander si, dans les briquettes de ciment pur, il n'y a pas une pléthore d'éléments actifs qui se gênent entre eux et nuisent à l'exacte appréciation des qualités que le ciment présentera dans ses applications habituelles.

D'autre part, le mortier normal, composé d'un sable à grains uniformes, à peine mouillé et pilonné à outrance, diffère autant qu'il est possible des mortiers usuels, dont les sables sont formés de grains de grosseurs variées, et qui sont gâchés à consistance plastique avec une proportion d'eau notablement plus importante. Il est douteux que les phénomènes chimiques s'y produisent de la même manière, et en outre la compacité du mortier normal diffère suivant la finesse et la nature du liant, ce qui influe sur la résistance, à tel point qu'on a souvent contesté que le mortier normal fût applicable à l'essai d'autres liants que le portland.

Enfin, on a vu plus haut que l'essai de traction était loin de donner des résultats aussi précis que celui de compression.

On éviterait ces diverses objections, en même temps que les difficultés matérielles que présente l'unification du mortier normal, en employant, pour les essais, des mortiers plastiques à sable inerte, dont on déterminerait, lors du

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

gâchage, la composition volumétrique élémentaire, et que l'on essaierait par compression après les durées normales de conservation. Des volumes élémentaires calculés et des résistances trouvées, on déduirait, d'après la formule établie ci-dessus, les valeurs du coefficient K après ces durées, *valeurs qui seraient indépendantes du choix du sable et de la composition du mortier*, et qui, en outre, *permettraient de calculer la résistance qu'atteindrait, après les mêmes durées de conservation, tout autre mortier fait avec le même liant,* par exemple le mortier projeté pour les travaux.

TABLEAU F

DÉSIGNATION DU MORTIER.	NATURE ET GROSSEUR DU SABLE (1).	POIDS DE SABLE pour un poids 1 d'un même ciment.	EAU DE GACHAGE POUR 1000 GR. DE MÉLANGE SEC (2).	POIDS DU LITRE DE MORTIER FRAIS.	COMPOSITION VOLUMÉTRIQUE ÉLÉMENTAIRE du mortier frais.				$c + s$.	$\left(\frac{c}{1-s}\right)^2$.	P (3).	$\frac{P}{\left(\frac{c}{1-s}\right)^2}$.	$P' = 1110 \left(\frac{c}{1-s}\right)^2$.
					c.	s.	e.	v.					
I	N	3	97,5	2 131	0,154	0,551	0,190	0,105	0,705	0,118	134	1 135	131
II	N	3	112,5	2 086	0,148	0,531	0,211	0,110	0,679	0,099	108	1 090	110
III	N	2,5	103	2 150	0,176	0,526	0,200	0,098	0,702	0,138	151	1 090	153
IV	N	3,5	93	2 095	0,134	0,563	0,179	0,124	0,697	0,094	104	1 105	104
V	Ng	3	88	2 137	0,155	0,557	0,173	0,115	0,712	0,123	134	1 090	136
VI	Nf	3	116	2 005	0,142	0,509	0,208	0,141	0,651	0,084	95	1 130	93
VII	N'	3	107	1 996	0,142	0,511	0,193	0,154	0,653	0,085	95	1 120	94
VIII	M	3	118	2 117	0,150	0,538	0,222	0,090	0,688	0,106	119	1 120	118
											Moyenne : K =	1 110	—

(1) N : Sable de la plage de Leucate (Aude) à grains ronds. Mélange par poids égaux de trois grosseurs de grains définies par des tamis en tôle perforée à trous circulaires ayant respectivement pour diamètres 2, 1,5, 1 et 0,5 mm. $\left[\frac{1}{3}(2-1{,}5) + \frac{1}{3}(1{,}5-1) + \frac{1}{3}(1-0{,}5)\right]$. (Sable adopté comme normal pour les mortiers plastiques par la Commission des Méthodes d'essai.)

Ng : même sable, mais composé uniquement des grains (2 — 1,5).

Nf : même sable, mais composé uniquement des grains (1 — 0,5).

N' : quartzite de Cherbourg moulu à grains anguleux, passant au tamis de 64 mailles par cent. carré et retenu par celui de 144 mailles. (Sable normal du cahier des charges de Boulogne.)

M : sable obtenu en mélangeant ensemble un grand nombre de sables naturels très variés, tamisant le mélange avec des tôles perforées à trous de 5, 2 et 0,5 millim. de diamètres, rejetant tous les petits cailloux retenus par le premier de ces tamis et mélangeant par poids égaux les trois grosseurs restantes $\left[\frac{1}{3}(5-2) + \frac{1}{3}(2-0{,}5) + \frac{1}{3}\text{ (passe à 0,5)}\right]$.

(2) Sauf pour le n° II, qui a été fait intentionnellement plus mou, les proportions d'eau de gâchage ont été déterminées de telle sorte que tous les mortiers eussent sensiblement une même consistance bien plastique.

(3) Résistances à la compression par cent. carré après 4 semaines d'immersion dans l'eau douce. Chaque nombre est la moyenne de 6 essais.

Cette valeur de K, qu'on pourrait appeler le *coefficient de résistance* du

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

liant à l'époque considérée, serait donc la caractéristique qu'on se proposerait de déterminer, et pour laquelle on fixerait des limites dans les cahiers des charges.

L'expérience relatée par le tableau F ci-dessus montre à la fois la variation des résistances correspondant à de petits écarts dans la fabrication du mortier et le peu de différence entre les valeurs de K fournies par les divers mortiers étudiés.

Le mortier n° I est le mortier normal plastique adopté par la Commission française des méthodes d'essai des matériaux de construction.

Le n° II ne diffère du premier que par la proportion d'eau employée pour le gâchage. On voit qu'il est moins compact et moins résistant.

Les n^{os} III et IV diffèrent du n° I par les proportions relatives du ciment et du sable.

Enfin les n^{os} V à VIII ne diffèrent du n° I que par la grosseur ou la nature du sable employé.

En adoptant pour le coefficient K la valeur moyenne 1110, on constate que les valeurs P′ calculées pour les résistances ne présentent avec les valeurs trouvées directement P que des écarts très faibles, en tout cas inférieurs aux erreurs d'expérience possibles.

On remarquera toutefois que les mortiers essayés avaient des compositions assez voisines; autrement on aurait obtenu une concordance moins satisfaisante, surtout après la courte durée de quatre semaines, au bout de laquelle le ciment contient encore une proportion assez importante de grains inattaqués, qui doivent jouer un rôle peu différent de celui du sable, et mettent parfois la formule en défaut.

Aussi serait-il peu prudent de ne fixer pour les essais de réception aucun mortier spécial. Par contre, l'expérience montre qu'il ne serait pas nécessaire de définir le mortier normal d'une manière bien rigoureuse. On pourrait, par exemple, stipuler que ce mortier serait composé en poids d'une partie de liant pour trois parties d'un sable siliceux passant à la tôle à trous de 2 millimètres et retenu par celle à trous de 0^{mm},5 (1), et gâché avec une proportion d'eau potable telle qu'il présente une bonne consistance plastique.

On pourrait adopter pour éprouvettes des cubes de 5 centimètres de côté, qui se prêteraient à l'emploi de tous les sables possibles débarrassés des cailloux restant sur la tôle à trous de 5 millimètres (2). Une machine de rupture d'une

(1) Dans tous les cas, il serait bon d'imposer une limite inférieure des grains de sable, de peur que quelques grains très fins ne finissent par exercer sur le ciment une action chimique qui troublerait la formule. C'est ce qui paraît notamment s'être produit dans l'expérience du tableau B (voir fig. 8) avec le sable M′, qui contenait 1/9 de son poids de quartz impalpable passant au tamis de 4900 mailles par centimètre carré.

(2) Des éprouvettes de forme cylindrique seraient préférables, mais les résistances obtenues

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

force totale maximum de 20 tonnes conviendrait alors à l'essai de tous les mortiers, quels qu'en soient l'âge et la richesse. Mais, pour les laboratoires où l'on n'aurait à faire que des essais courants de réception, une puissance moitié moindre serait largement suffisante, de sorte que l'appareil ne serait sans doute guère plus coûteux que les machines servant actuellement aux essais par traction.

Enfin, un point important serait d'avoir des moules de dimensions rigoureuses et parfaitement étanches, de manière à ne rien laisser échapper de l'eau incorporée dans le mortier par le gâchage.

Dès lors, la marche à suivre pour un essai serait la suivante :

1° Déterminer les poids spécifiques du sable et du liant (1).

2° Peser des quantités déterminés de ces deux matières et, après mélange intime, les gâcher à consistance plastique, en notant la quantité d'eau employée.

3° Dans le moule préalablement taré, introduire le mortier de manière à le remplir exactement, puis peser aussitôt l'ensemble du moule et de son contenu (2).

4° Multiplier par 8 le poids net du mortier, de manière à avoir le poids du litre. Calculer, au moyen des données déjà connues, les poids, puis les volumes élémentaires, puis enfin l'expression $\left(\frac{c}{1-s}\right)^2$.

5° Procéder comme on l'a fait jusqu'à présent pour le démoulage, la conservation et les ruptures.

6° Prendre la moyenne des résistances à la compression par centimètre carré trouvées pour tous les cubes identiques préparés et essayés ensemble, et la diviser par la valeur calculée de $\left(\frac{c}{1-s}\right)^2$.

Nota. — Si l'on emploie simultanément plusieurs mortiers de compositions différentes faits avec un même liant et conservés dans des conditions identiques, opérer séparément pour chacun comme il vient d'être dit et adopter comme coefficient de résistance la moyenne des quotients qui s'en déduisent.

cesseraient d'être comparables à celles qu'on trouve avec les pierres, qu'on ne peut guère tailler qu'en blocs parallélipipédiques.

(1) Pour le sable, l'essai n'aurait à être fait qu'une fois pour toutes. A son défaut, on pourrait, sans grande erreur, adopter les poids spécifiques moyens 2,65 pour les sables siliceux et 2,69 pour les sables calcaires. De même, on pourrait, à la rigueur, adopter les poids spécifiques moyens 3,15 pour les ciments proprement dits à prise lente, 2,80 pour les ciments de laitier et 2,70 à 2,90 pour les chaux, suivant leur degré d'hydraulicité.

(2) Pour avoir une moyenne, il est bon de peser plusieurs moules à la fois. De même, il y a lieu de recommander l'emploi d'un plan de verre pour vérifier que le moule est rempli exactement.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

VI. — DOSAGE DES MORTIERS DE CHANTIER

La méthode qu'on recommande presque toujours quand il s'agit de déterminer la proportion minimum de liant qu'il convient de mélanger à un sable donné quelconque pour obtenir un mortier compact, consiste à mesurer expérimentalement le vide du sable et le rendement du liant en pâte pure, et à en déduire le poids de liant capable de fournir un volume de pâte égal à celui des vides du sable, après déduction du volume d'eau nécessaire pour mouiller les grains de ce dernier.

Nous avons, à plusieurs reprises (1), protesté contre cette manière de faire, basée sur un raisonnement que l'expérience a montré faux. Le volume des vides du sable diffère complètement suivant le tassement et le degré d'humidité de ce dernier, et *a fortiori* quand il est réduit à l'état de mortier avec de l'eau et un liant hydraulique (2). En outre, on n'arrive jamais, quelle que soit la proportion de liant employée, à un mortier absolument compact (voir la colonne 10 du tableau B). Il suffit, du reste, de remarquer que la méthode conduit toujours nécessairement à un certain dosage qui devrait correspondre à un maximum de compacité, alors que l'expérience montre, ainsi qu'on le verra un peu plus loin, qu'avec certains sables, la compacité peut aller sans cesse en décroissant quand la proportion de liant augmente.

La seule méthode logique est de composer avec le sable et le liant donnés des mortiers à divers dosages dont on détermine les volumes élémentaires, la compacité et, au besoin, les principales propriétés, et de traduire graphiquement les résultats obtenus sur un diagramme qui montre aux yeux comment ces divers facteurs varient en fonction de la quantité de liant employée.

On peut prendre pour abscisses, comme cela a été fait dans la figure 9, qui correspond aux mortiers aux trois sables naturels du tableau B, les poids de liant ajoutés à 1 mètre cube de sable.

Vu la variabilité du poids du mètre cube d'un même sable suivant le mode de mesurage et le degré d'humidité, il est préférable de partir des compositions en poids et de prendre pour abscisses, sur une base de longueur 1 dont les deux

(1) *Annales des Ponts et Chaussées*, 1892, II, p. 33. — *Chimie appliquée*, p. 471.

(2) En particulier, pour les sables de Gattemarre, de Saint-Malo et de dune, les volumes des vides, à l'état sec, tels qu'ils résultent des poids du mètre cube donnés par le tableau A, sont de 0,360, 0,432 et 0,449. Pour le dernier, le vide peut varier de 0,350 à 0,567 suivant les conditions dans lesquelles le sable est mesuré (*Ann. des Ponts et Chaussées*, 1892, II, p. 33). Or les intervalles entre les grains de sable du mortier gâché sont mesurés par $1 - s$, complément des nombres de la colonne 8 du tableau B, et il est facile de vérifier sur ce tableau que si, pour le sable de Gattemarre, le maximum de $c + s$ correspond à peu près au mortier dans lequel le sable occupe le même volume absolu qu'à l'état sec ($1 - s = 0{,}360$), il n'en est plus de même pour le sable de Saint-Malo.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

extrémités correspondent au sable pur et au ciment pur, les poids de liant entrant dans un poids 1 de mélange sec (fig. 10).

Toutefois, la considération des dosages n'a généralement qu'un intérêt

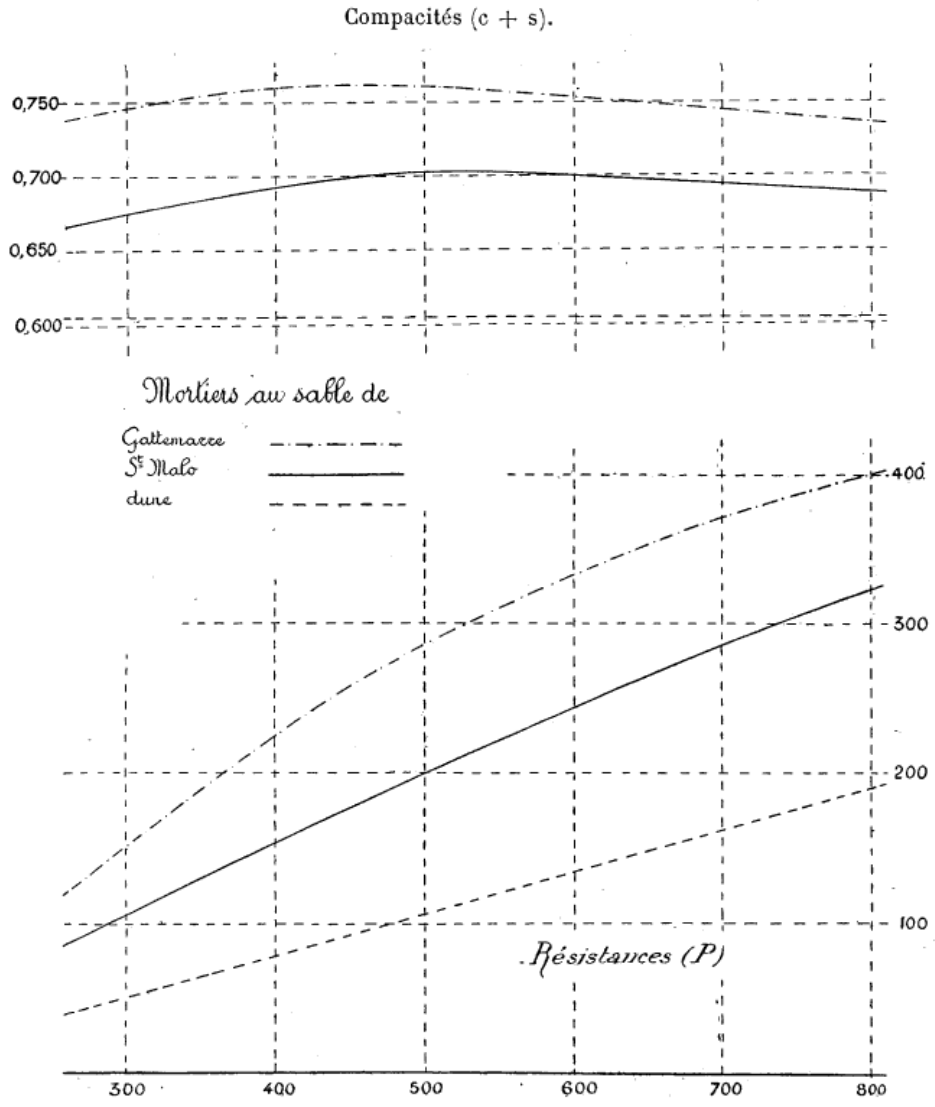


Fig. 9. — Abscisses = Poids de ciment par mètre cube de sable (en admettant les poids du tableau A).

médiat : ce qu'il importe avant tout de comparer, c'est, d'une part, le prix de revient des mortiers et, d'autre part, leurs propriétés essentielles.

Dès lors, la meilleure méthode à suivre, surtout quand on a à choisir entre

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

plusieurs sables, consiste à étudier expérimentalement comme il vient d'être dit des mortiers à dosages échelonnés faits avec chaque sable et le liant adopté, et à calculer les prix du mètre cube de ces divers mortiers.

Pour pouvoir comparer tous les résultats d'un seul coup d'œil, il suffit de

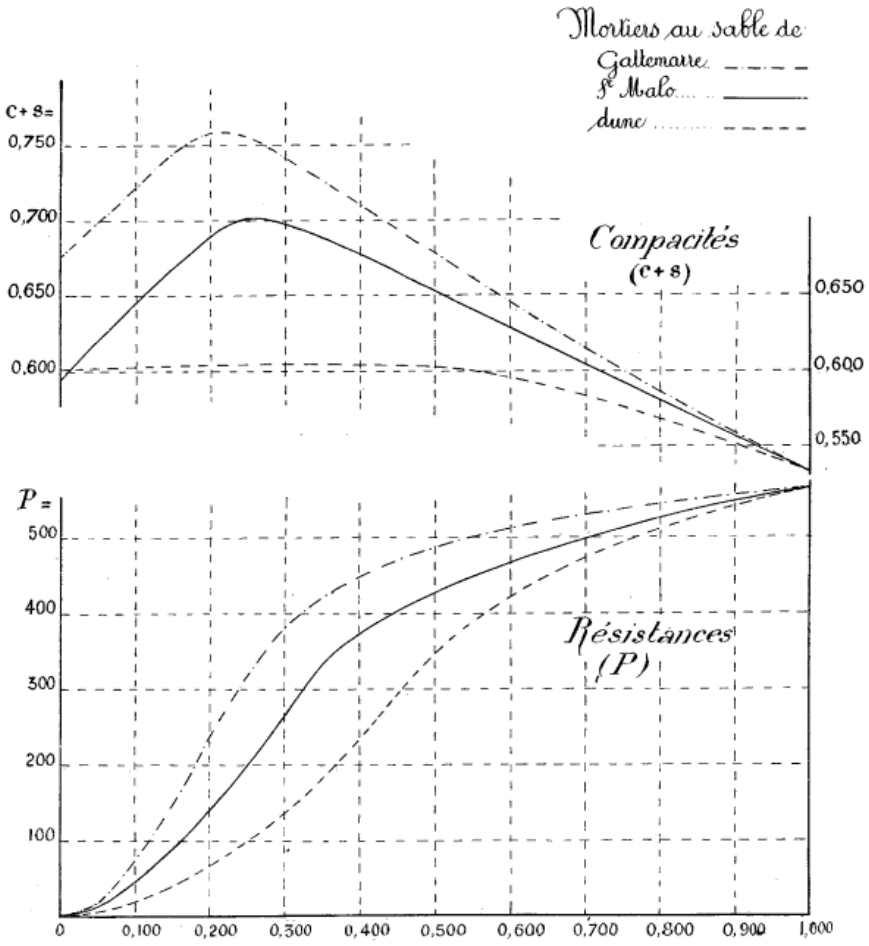


Fig. 10. — Abscisses = Poids de ciment sur un poids 1 de mélange sec.

construire un diagramme en prenant pour abscisses les prix de revient, et pour ordonnées les compacités et les résistances après une même conservation (ou, à leur défaut, les valeurs de $\left(\frac{c}{1-s}\right)^2$), les points correspondant aux divers sables étant joints par des lignes continues de couleurs différentes. On base alors son choix sur les crédits dont on dispose et sur les importances relatives qu'on attache aux diverses qualités dont le mortier aura spécialement à faire preuve

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans l'ouvrage projeté. Enfin, d'autres lignes peuvent indiquer les poids de liant par mètre cube du sable tel qu'on le mesure sur le chantier, correspondant aux prix portés en abscisses.

La figure 11, ainsi construite au moyen des résultats du tableau B, montre que, même en supposant très différents les prix du mètre cube des sables de Gattemarre, de Saint-Malo et de dune (8 fr., 4 fr. et 1 fr.), le premier de ces sables serait encore préférable au second, qui lui-même serait à la fois meilleur et plus économique que le troisième (1).

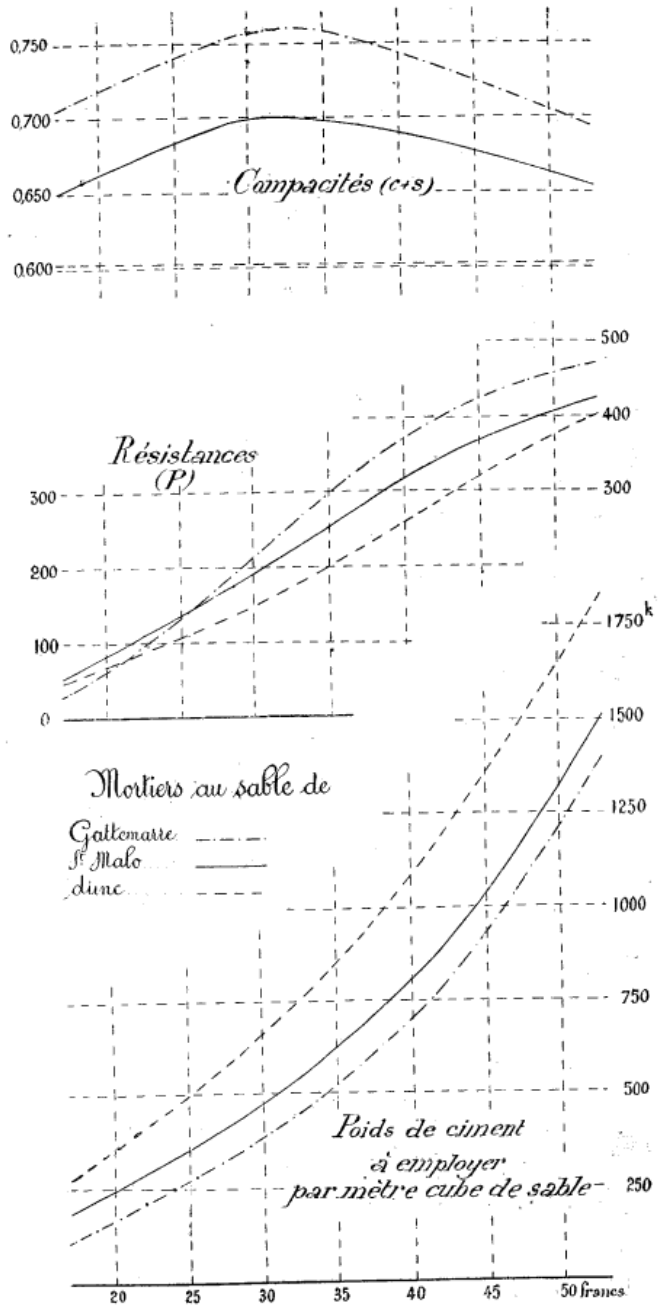


Fig. 11. — Abscisses = Prix d'un mètre cube de mortier.

VII. — COMPOSITION GRANULOMÉTRIQUE

On vient de voir par les figures 9 et 10 combien les propriétés des mortiers, et notamment leur compacité, pouvaient différer suivant la nature du sable employé.

Les sables naturels ou artificiels dont on se sert sur les chantiers sont composés d'un ensemble de grains dont les dimensions varient généralement entre des limites très écartées.

La Commission des Méthodes d'Essai a réservé le nom de *sables* aux ensem-

(1) Une application de cette méthode a été développée dans un article spécial, *Annales des Ponts et Chaussées*, 1896, II, p. 174.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

bles de grains passant à travers une tôle perforée à trous de 5 millimètres de diamètre. Ainsi définis, les sables constituent encore des mélanges souvent fort complexes, et les dénominations de gros, moyens ou fins qu'on leur donne ordinairement suivant la dimension des grains les plus abondants, sont évidemment vagues et incomplètes.

Pour faire ressortir l'influence de ce que nous avons appelé la *composition granulométrique* des sables sur leurs propriétés et sur celles des mortiers qu'ils fournissent, nous avons distingué trois catégories de grains, limitées par trois tôles perforées à trous circulaires égaux ayant respectivement 5, 2 et 0,5 millimètres de diamètre, savoir :

Grains G (gros) : passant à la tôle de 5 millimètres et retenus à celle de 2 millimètres.

Grains M (moyens) : passant à la tôle de 2 millimètres et retenus à celle de 0,5.

Grains F (fins) : passant à la tôle de $0^{mm},5$.

SABLE SEC

versé à la pelle, sans autre tassement, dans une boîte carrée de 50 litres ayant $0^{m},20$ de hauteur.

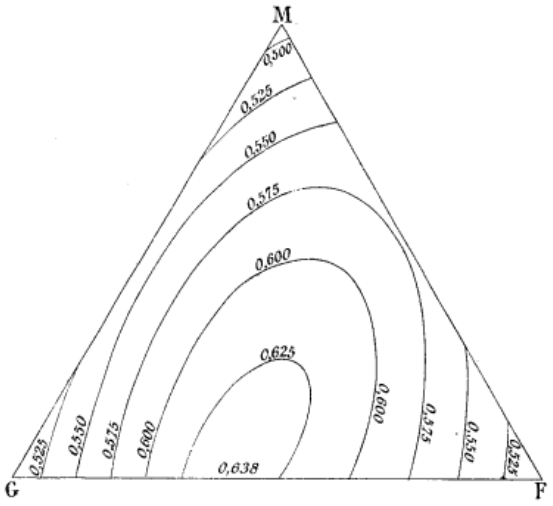


Fig. 12. — Volumes pleins réels (1 — vides) (1).

Puis nous avons remélangé ces sables élémentaires en proportions méthodiquement variées et étudié comparativement les sables résultant de ces mélanges.

L'interprétation des résultats obtenus a d'ailleurs été considérablement facilitée par l'emploi d'une méthode graphique consistant à représenter, dans un triangle équilatéral dont les sommets correspondent aux trois grosseurs élémentaires G, M et F, un sable quelconque par le centre de gravité du système pesant obtenu en chargeant les sommets du triangle proportionnellement aux poids de grains G, M et F contenus dans le sable considéré (2).

Les figures 12 à 17 indiquent, par des lignes de niveau joignant les points représentatifs des sables jouissant au même degré d'une propriété quelconque,

(1) En multipliant les cotes par 2650, on déduirait les poids de mètre cube correspondants.

(2) Il résulte immédiatement de ce mode de construction que, si l'on considère des sables dans lesquels la proportion de grains F par exemple croît régulièrement à partir de 0, leurs points représentatifs, d'abord situés sur le côté G M du triangle, vont en se rapprochant uniformément du sommet F, qu'ils atteignent quand le sable est composé uniquement de grains fins.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MORTIERS CONTENANT, EN POIDS, 3 PARTIES DE SABLE POUR UNE D'UN MÊME CIMENT

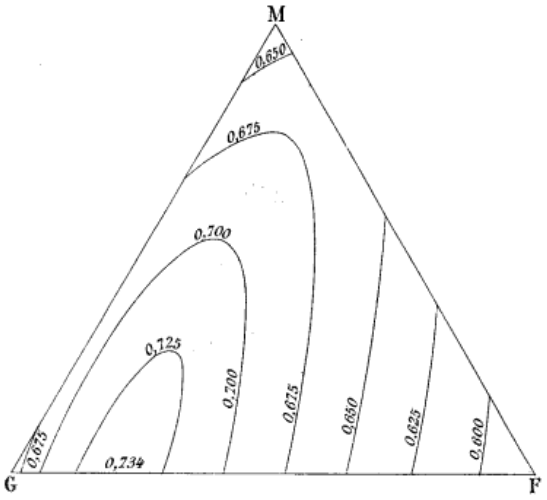


Fig. 13. — Compacité $(c + s)$ (1).

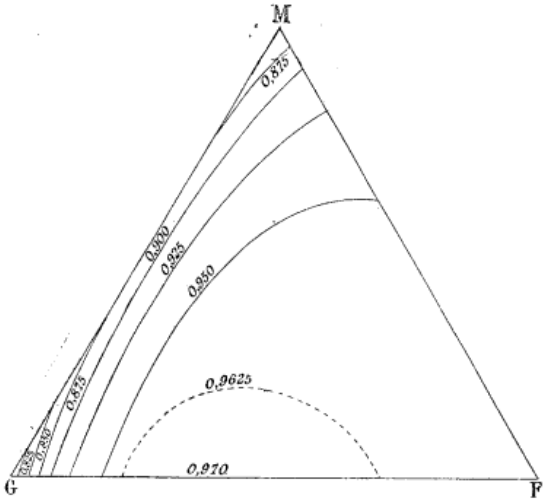


Fig. 14. — $(c + s + e)$ ou $(1 - v)$.

MORTIERS CONTENANT, EN POIDS, 4,2 PARTIES DE SABLE POUR UNE D'UN MÊME CIMENT

(Blocs cubiques de 7 cm. de côté soumis, après durcissement de 11 jours à l'air humide, à une filtration continue d'eau de mer.)

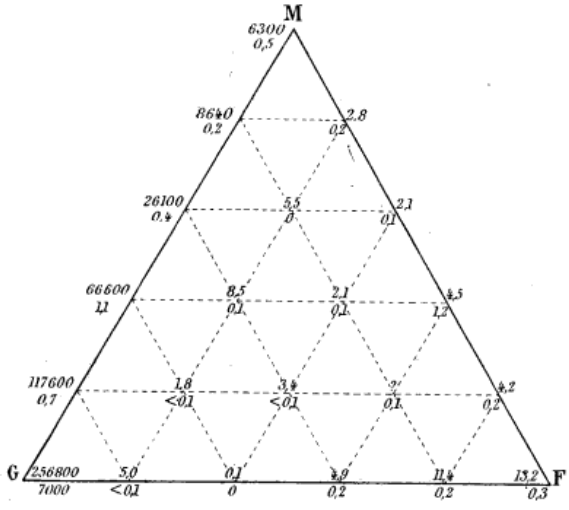


Fig. 15. — Écoulements par heure en centimètres cubes.

Au début de l'expérience (chiffres supérieurs);
Après 7 ans de filtration continue (chiffres inférieurs).

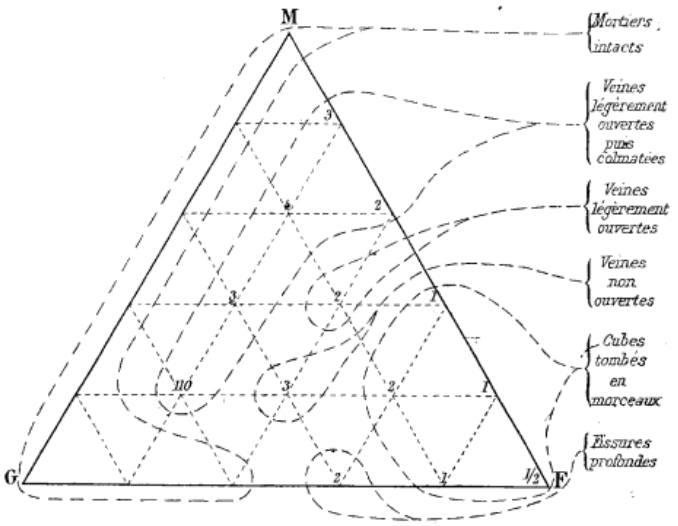


Fig. 16. — État de désagrégation après 7 ans de filtration continue.

(Les chiffres indiquent après combien de semaines on a aperçu les premières veines.)

(1) En multipliant les cotes de la fig. 13 par 0,222, 0,778, 687, 2062 ou 2749, on obtiendrait les valeurs de c et de s et les poids de ciment, de sable ou de matières solides par litre de mortier.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

quelques-uns des résultats obtenus. Leur examen montre combien est importante l'influence de la composition granulométrique du sable, soit qu'on considère celui-ci seul (fig. 12) ou qu'on compare des mortiers obtenus en gâchant à consistance plastique des mélanges en proportions pondérales constantes d'un même ciment et de sables de même nature mais de compositions granulométriques différentes (fig. 13 et 14 et fig. 15 et 16).

MORTIERS A 500 KG. DE CIMENT PAR MÈTRE CUBE DE SABLE.

(Poids du mètre cube de sable déduits de la fig. 12.)

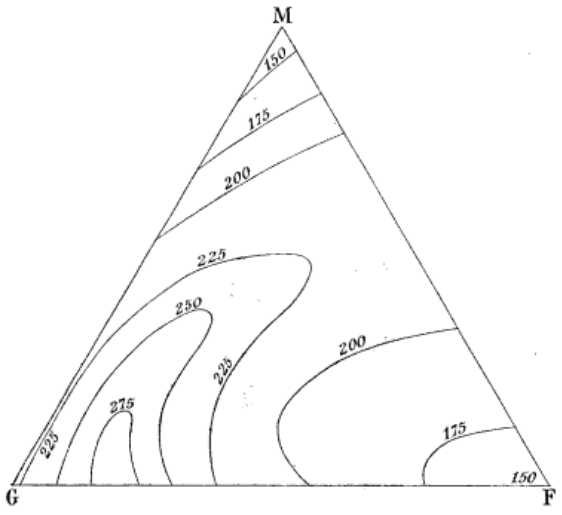


Fig. 17. — Résistances à la compression par centimètre carré après 6 ans de conservation dans l'eau de mer.

Les écarts ne sont pas moindres si l'on considère des mortiers contenant un poids constant de ciment pour un même volume de sable (fig. 17). On en jugera par le tableau G ci-dessous, qui indique les valeurs extrêmes constatées pour diverses propriétés dans deux groupes de mortiers.

TABLEAU G

Poids de ciment par mètre cube de sable (1). . . . . **kg.**	**250**	**500**
Rapport approximatif du volume du sable à celui du ciment.	**6**	**3**
Poids de 1 mètre cube de mortier frais. . . . . kg.	de 1 722 à 2 205	de 1 933 à 2 218
Volume de mortier fourni par un volume 1 de sable.	de 0,940 à 1,030	de 0,970 à 1,180
Poids de ciment contenu dans 1 mètre cube de mortier. . kg.	de 243 à 266	de 424 à 516
Compacité $(c + s)$.	de 0,570 à 0,737	de 0,565 à 0,728
Volume des vides restant, après séchage, dans un volume 1 de mortier..	de 0,145 à 0,330	de 0,093 à 0,210
Décomposition par l'eau de mer après 6 ans d'immersion.. .	Tous les degrés y compris l'absence totale de désagrégation.	Aucune désagrégation.
Résistance à la compression par centimètre carré après immersion de 1 an à l'eau douce. . . . . kg.	de 35 à 130	de 100 à 260

(1) Proportions calculées en poids, en adoptant pour poids du mètre cube des sables ceux qui sont donnés par la figure 12 ci-dessus.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il ressort de ces énormes variations dans les propriétés de mortiers ne différant uniquement que par la composition granulométrique de leur sable que *la simple indication du poids de liant employé par mètre cube de sable ne peut donner aucune idée de la qualité du mortier, si l'on ne définit pas exactement la composition du sable.*

Tel mortier à 300 kilogrammes de ciment par mètre cube d'un sable peut être meilleur que tel autre à 600 kilogrammes du même ciment par mètre cube d'un autre sable.

Si l'on considère des mortiers différant entre eux à la fois par la composition granulométrique du sable et par les proportions relatives du sable et du liant, l'expérience montre qu'il est à peu près indifférent, au point de vue de la compacité du mortier frais, de remplacer une partie du liant par un égal volume absolu de grains F de sable, ou inversement. Dès lors, en décomposant encore les éléments solides du mortier en trois grosseurs de grains, de telle sorte que ses grains fins (F′) se composent à la fois du liant et des grains F du sable, une construction graphique identique à celles qui précèdent permet de représenter les variations de la compacité des mortiers suivant leur composition granulométrique. Nous avons obtenu ainsi la figure 18, dont on peut tirer comme il suit d'utiles indications.

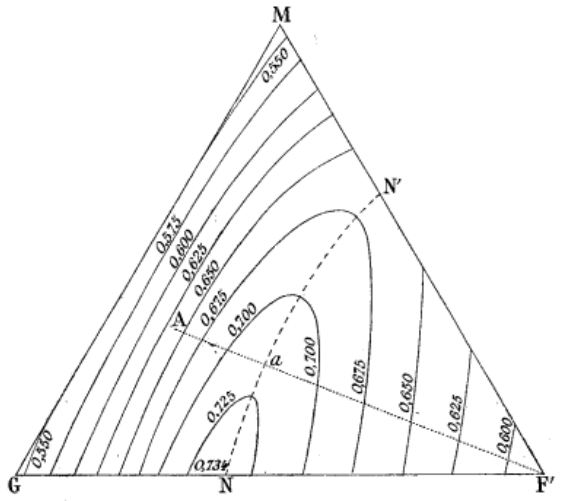


Fig. 18.

Soit N*a*N′ le lieu géométrique des points de contact des tangentes menées par le sommet F′ aux lignes de niveau tracées ou non de la figure. Tous les mortiers résultant du gâchage à bonne consistance plastique de mélanges en proportions quelconques de ciment et d'un sable représenté par le point A, seront représentés par des points de la droite AF′, et le plus compact d'entre eux correspondra au point *a*.

Les proportions correspondantes de ciment et de sable (exprimées en volumes réels) seront d'ailleurs entre elles comme les longueurs A*a* et *a* F′.

Il résulte de là qu'avec tous les sables représentés par des points de la région GNN′M du triangle, la compacité passe par un maximum pour une certaine proportion de liant, tandis qu'avec ceux de la région NN′F′, la compacité

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

diminue constamment à mesure que le mortier devient de plus en plus riche.

En assimilant la courbe NaN' à une droite parallèle au côté GM et passant par le centre de gravité du triangle, on se trouve amené à formuler les lois suivantes :

a) Pour tous les mortiers de bonne consistance plastique faits avec des sables contenant au moins un tiers de leur poids de grains fins, la compacité est d'autant plus faible que le mortier est plus riche en liant.

b) Parmi tous ceux qu'on peut obtenir avec un même liant et un sable quelconque contenant au plus un tiers de son poids de grains fins, le plus compact est celui dans lequel le volume absolu des grains fins, liant compris, est égal à la moitié du volume absolu des gros grains et des grains moyens réunis.

Le maximum de compacité est d'ailleurs d'autant plus fort que les gros grains sont plus abondants par rapport aux grains moyens.

Des expériences étendues à d'autres grosseurs de grains nous ont permis de généraliser cette seconde proposition et d'énoncer les lois suivantes, s'appliquant quelle que soit la définition admise pour les trois grosseurs élémentaires :

1° *Les mortiers plastiques qui, par unité de volume, contiennent le plus grand volume absolu de matières solides* ($c + s$), *sont ceux dans lesquels, les grains moyens faisant défaut, les gros grains se trouvent à peu près en proportion double des grains fins, liant compris.*

2° *Quand cette condition est réalisée, la valeur de* $c + s$ *est d'autant plus grande qu'il y a plus d'écart entre les dimensions des deux catégories de grains* (*gros et fins*) *entrant dans le mortier.*

VIII. — MORTIERS A TROIS ÉLÉMENTS SOLIDES

Il résulte de ce qui précède que, pour obtenir un mortier aussi compact que possible, ce qui notamment doit toujours être l'objectif dans les travaux à la mer, on doit associer deux catégories de grains de grosseurs nettement tranchées, l'une ayant nécessairement la dimension des grains du ciment, l'autre formée d'éléments aussi volumineux que le permet la nature de l'ouvrage à exécuter, et que la proportion doit être d'environ deux parties de gros grains pour une de fins.

Comme un pareil mortier dans lequel les grains fins seraient constitués uniquement par le liant serait très coûteux et le plus souvent beaucoup plus résistant qu'il n'est nécessaire, les considérations qui précèdent conduisent à additionner le liant d'une autre matière à peu près de même finesse, de manière à conserver au mortier la composition granulométrique requise, tout en n'em-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ployant que la quantité de liant correspondant à une cohésion suffisante du mortier durci.

On arrive ainsi à la notion de mortiers à trois éléments solides : sable, liant et matière fine additionnelle.

Cette matière fine peut être inerte par elle-même et ne contribuer à améliorer le mortier que par l'augmentation de compacité qu'elle lui communique. C'est ce que réalise notamment le *ciment amaigri*, mélange intime de ciment et de sable siliceux moulus ensemble à une grande finesse (1). Le volume élémentaire m de la matière additionnelle doit être alors compté avec le sable dans la formule qui permet de prévoir la résistance à la compression, et cette formule devient

$$P = K \left(\frac{c}{1 - (m + s)} \right)^2.$$

On peut encore mélanger au liant un autre liant plus économique, et former ce qu'on appelle des mortiers bâtards. Tels sont les mortiers où le liant est un mélange de ciment et de chaux éteinte. L'expérience nous a montré (2) que, dans ce cas, c et m désignant les volumes élémentaires des deux liants, le coefficient de résistance du mélange, après une durée quelconque, est sensiblement égal à la moyenne proportionnelle $\frac{c K_1 + m K_0}{c + m}$ des coefficients K_1 et K_0 de chacun des liants après la même durée, de telle sorte que la formule devient, le volume élémentaire du liant résultant étant maintenant $c + m$:

$$P = \frac{c K_1 + m K_0}{c + m} \left(\frac{c + m}{1 - s} \right)^2 = \frac{(K_1 c + K_0 m)(c + m)}{(1 - s)^2}.$$

Enfin on peut employer une matière fine qui, bien qu'incapable de durcir seule, exerce sur certains éléments du liant une action chimique favorable au durcissement du mortier, ce que l'on exprime en disant que cette matière jouit d'un pouvoir pouzzolanique plus ou moins développé. On est averti qu'il en est ainsi quand les résistances trouvées dépassent notablement celles qui résulteraient de la formule $P = K \left(\frac{c}{1 - (m + s)} \right)^2$ quand on y remplace K par le coefficient déduit de mortiers formés exclusivement du même liant et de sables sûrement inertes (3). Dans ce cas, on peut considérer le mélange de liant et de matière

(1) On peut se demander, surtout après le travail récent de MM. Lunge et Millberg démontrant que la silice, même cristallisée, peut être dissoute complètement par les lessives alcalines pourvu qu'elle soit suffisamment fine, si la silice du ciment amaigri ne finit pas à la longue par entrer, en partie, en combinaison avec la chaux du ciment proprement dit. En tous cas, une pareille action n'est pas encore appréciable après une année de durcissement.

(2) *Chimie appliquée*, p. 482.

3) Tel paraît notamment avoir été le cas du sable M' dans les essais relatés par la figure 9.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pouzzolanique comme un nouveau liant dont le volume élémentaire est $c + m$ et le coefficient de résistance K_z, ce dernier variant suivant une loi inconnue avec la proportion $z = \frac{c}{c + m}$ de liant proprement dit contenue dans l'unité de volume absolu du mélange. De la formule $P = K_z \left(\frac{c + m}{1 - s}\right)^2$, on déduit, après les essais de rupture, les valeurs de K_z correspondant aux diverses valeurs possibles de z (1).

Quels que soient le liant, la matière fine et le sable grenu que l'on choisisse,

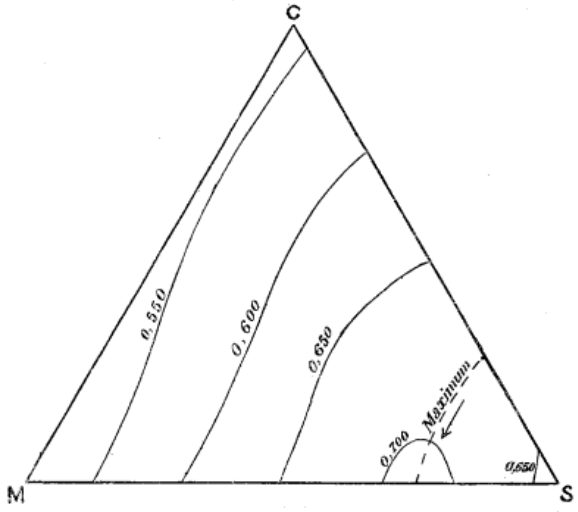


Fig. 19. — Compacités $(c + m + s)$.

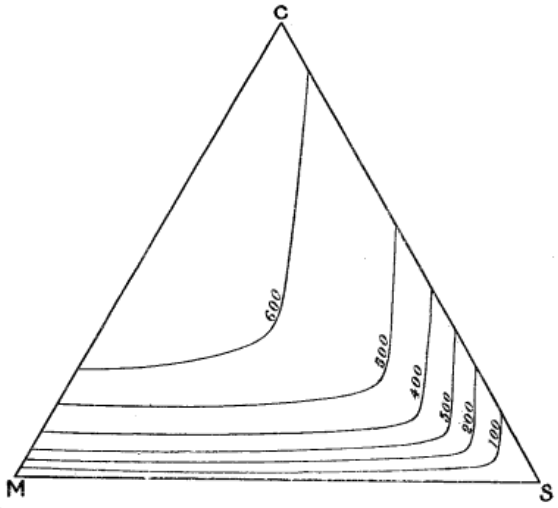


Fig. 20. — Résistances à la compression par centimètre carré après conservation d'un an dans l'eau douce.

il est commode d'étudier graphiquement les variations des différentes qualités de tous les mortiers que l'on peut obtenir en faisant varier les proportions de ces trois éléments. Il suffit d'appliquer la méthode exposée ci-dessus, en représentant chaque mélange par un point d'un triangle dont les trois sommets C, M, S, correspondent respectivement au liant, à la matière fine et au sable grenu, de telle sorte que ce point soit le centre de gravité du système obtenu en chargeant les trois sommets de poids proportionnels aux poids des trois éléments correspondants entrant dans le mélange.

On constate ainsi notamment que, tant que le liant et la matière sont à peu près de même finesse et exigent pour le gâchage des proportions d'eau peu différentes, le diagramme donnant la compacité $c + m + s$ de chaque mortier

(1) z pouvant varier de 0 à 1, on a nécessairement $K_0 = 0$ et $K_1 = K$, coefficient de résistance du liant pur.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

plastique à l'état frais a ses lignes de niveau à peu près rectilignes et parallèles au côté CM du triangle, la ligne de crête étant plus ou moins éloignée de ce côté suivant la composition granulométrique du sable employé. Au contraire, le diagramme des résistances présente généralement des courbes de niveau plus compliquées. En comparant ces deux diagrammes et, s'il y a lieu, celui des décompositions par l'eau de mer, à celui des prix de revient du mètre cube de mortier, on a le moyen de déterminer la meilleure composition à adopter.

Les figures 19 et 20, données comme exemples de ce mode de représentation, correspondent à tous les mortiers qu'on a pu faire avec un ciment portland (*C*), un laitier de haut fourneau (M) et le sable de Saint-Malo (S).

Dans la fabrication du mortier en grand, il est difficile d'obtenir sur le chantier un mélange bien homogène des deux poudres qu'il s'agit d'unir avec le sable. Il importe que le liant et la matière additionnelle aient été moulus ensemble au préalable de manière à former un mélange parfaitement intime, que l'on n'ait plus, au moment de s'en servir, qu'à associer au sable comme on le ferait d'un liant quelconque.

IX. — ADDITION AU CIMENT DE MATIÈRES POUZZOLANIQUES

On sait, depuis les travaux de M. Le Chatelier, que la prise et le durcissement des ciments résultent en grande partie du dédoublement de sels à plusieurs équivalents de chaux en sels moins basiques et en chaux libre. Cette chaux cristallise à l'état d'hydrate dans les pores du mortier et se trouve en partie dissoute, quand le mortier est immergé, en partie remplacée par de la magnésie, quand l'immersion a lieu en eau de mer, et en partie carbonatée progressivement, surtout dans les maçonneries aériennes.

D'autre part, les pouzzolanes ayant, par définition, la propriété de se combiner à la chaux en présence de l'eau pour former des composés capables d'acquérir une dureté plus ou moins grande, tout porte à croire que l'addition de matières pouzzolaniques aux mortiers de ciment doit avoir pour effet de fixer la chaux mise en liberté par la prise, dans de nouvelles combinaisons hydrauliques dont le développement simultané doit augmenter la compacité et la cohésion du produit initial.

Pourtant cette thèse, bien que soutenue depuis une quinzaine d'années, notamment par le docteur Michaëlis dont un travail s'y rattachant a été publié récemment dans ce *Bulletin* (juin 1897), est loin d'être encore universellement admise et compte même de nombreux contradicteurs.

L'un des principaux obstacles a été, croyons-nous, que les expérimentateurs

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qui ont entrepris de la défendre ont généralement négligé d'opérer comparativement sur des mortiers *de même compacité* avec ou sans matières pouzzolaniques, de sorte qu'on a pu leur objecter que les augmentations de résistance constatées étaient d'ordre purement physique et résultaient du remplissage d'une partie des vides du mortier par les matières ajoutées.

L'expérience rapportée par le tableau H, pour laquelle nous avons opéré sur des matières réduites toutes à peu près à la même finesse que le ciment, montre au contraire bien nettement les augmentations de résistance résultant de l'emploi de diverses matières dans des mortiers plastiques formés d'un même ciment portland et d'un même sable grenu, et présentant à l'état frais sensiblement la même compacité.

TABLEAU II

MATIÈRE FINE introduite dans le mortier.	COMPOSITION DU MORTIER EN POIDS.			COMPACITÉ du mortier frais ($c+m+s$).	RÉSISTANCE A LA COMPRESSION (kg par cm²) après immersion à l'eau de mer pendant	
	Ciment.	Matière fine.	Sable grenu.		4 semaines.	1 an.
Néant.	2	0	4	0,652	51	104
Poudre de grès (1). .	1	1	4	0,644	18	51
Gaize (2)	1	1	4	0,632	49	143
Trass.	1	1	4	0,634	54	89
Laitier granulé (3) .	1	1	4	0,662	131	179

(1) Ce grès contenait 20 p. 100 de calcaire introduit lors de la mouture.
(2) Pouzzolane naturelle des Ardennes contenant environ 80 p. 100 de silice. (Nous disons 80 et non 97, comme il a été imprimé par erreur dans la *Chimie appliquée*.)
(3) Laitier granulé servant à la fabrication du ciment de laitier.

Comme on le voit, la résistance a été le plus souvent égalée ou même notablement augmentée par la *substitution* de matière pouzzolanique à la moitié du ciment du premier mortier.

Dans d'autres expériences, nous avons fait varier les proportions relatives d'un même ciment et d'une même pouzzolane et mesuré les valeurs des cofficients K_z correspondant à ces mélanges. La figure 21 indique les variations de K_z en fonction de z pour trois groupes de matières et montre que l'énergie d'un mélange par parties égales (en volumes absolus) de ciment portland et de laitier granulé réduit en poudre fine a généralement été au moins égale à celle du ciment pur.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'effet des matières pouzzolaniques ajoutées en poudre fine ne se manifeste pas seulement par des augmentations de résistance ; en raison de leur affinité pour la chaux, ces matières neutralisent la chaux libre ou les sels fortement calcaires que les ciments peuvent contenir et qui constituent les *expansifs* dont les dangers sont bien connus. De même, tout porte à croire que les combinaisons qu'elles forment avec la chaux mise en liberté pendant la prise résistent mieux que cette chaux à l'action décomposante de l'eau de mer et, en tout cas, contribuent à boucher progressivement les pores du mortier en y rendant plus difficile l'accès de cet agent redoutable.

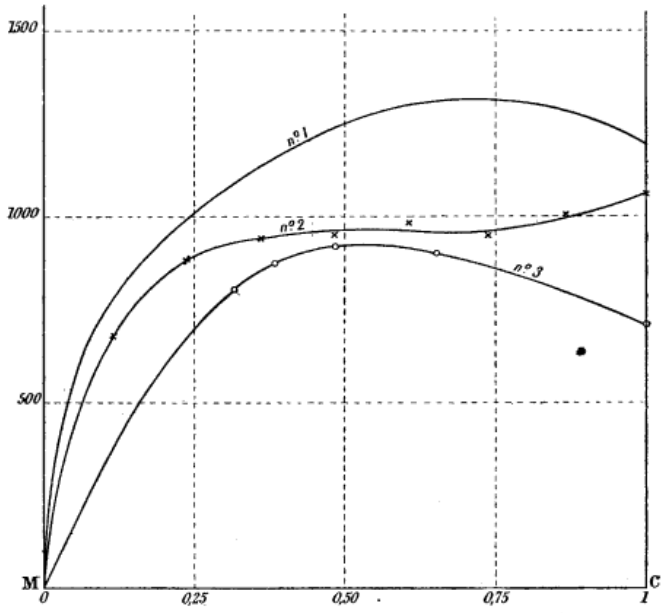


Fig.21. — Abscisses $= z = \frac{c+m}{c}$ Ordonnées $= K = \frac{P}{\left(\frac{c+m}{1-s}\right)^2}$.

Courbe n° 1 : Ciment portland et laitier B. — Essais après 4 semaines à l'eau douce. — Courbe n° 2 : Autre ciment portland et laitier A. — Essais après 12 semaines à l'eau douce. — Courbe n° 3 : Ciment portland de mauvaise qualité et laitier A. — Essais après 12 semaines à l'eau douce.

C'est du reste ce qui ressort déjà d'expériences actuellement en cours, dans lesquelles nous constatons la meilleure tenue des mortiers additionnés de matières pouzzolaniques.

Dans nos essais, certains laitiers de haut fourneau convenablement granulés, tels qu'on les emploie à la fabrication du ciment de laitier, ont généralement manifesté, au point de vue de l'augmentation des résistances à la rupture, un pouvoir pouzzolanique nettement supérieur à la plupart des pouzzolanes naturelles. Mais, en ce qui concerne la résistance chimique à l'action prolongée de l'eau de mer, on peut se demander s'il ne faudrait pas préférer à ces laitiers, toujours assez riches en alumine, des pouzzolanes plus siliceuses, alors même qu'il devrait résulter de leur emploi un durcissement initial relativement lent du mortier.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHIMIE

NOUVELLE MÉTHODE DE PRÉPARATION DES CARBURES PAR L'ACTION DU CARBURE DE CALCIUM SUR LES OXYDES. Note de **M. Henri Moissan** (1).

En dehors de son action si curieuse sur l'eau, le carbure de calcium ne semble pas présenter un grand nombre de dédoublements.

Nous avons indiqué cependant, dans notre première étude sur ce sujet, qu'il se conduisait comme un réducteur énergique (2). Il peut fournir, grâce à cette propriété, de nouveaux composés par double réaction, mais à la condition d'être mis en contact de corps liquides ou d'être amené lui-même à l'état de fusion par une élévation suffisante de température (3).

Les expériences suivantes en donneront quelques exemples :

Préparation du carbure d'aluminium. — Si l'on chauffe au four électrique un mélange à parties égales d'alumine et de carbure de calcium, on obtient un culot fondu présentant une cassure cristalline très nette.

On peut distinguer à l'œil nu, dans cette matière fondue, de grandes lamelles jaunes du carbure d'aluminium $C^3 Al^4$, mélangées de cristaux de carbure de calcium. Il est facile de mettre en évidence l'existence de ce carbure d'aluminium en décomposant le tout par l'eau.

L'excès de carbure de calcium est détruit rapidement avec dégagement d'acétylène, puis la décomposition lente des paillettes jaunes produit du gaz méthane. Si l'on prend assez d'eau pour maintenir en solution toute la chaux formée par la décomposition du carbure de calcium, on recueille des cristaux jaunes lentement décomposables par l'eau, avec dégagement de méthane. C'est bien là, ainsi que nous l'avons démontré précédemment, le plus important des caractères du carbure d'aluminium :

$$C^3Al^4 + 12H^2O = 3CH^4 + 2[Al^2(OH)^6].$$

Après la décomposition complète du carbure d'aluminium par l'eau, on a caractérisé l'alumine hydratée qui s'était formée (4).

Cette expérience établit donc que le carbure de calcium en fusion décompose l'alumine avec formation de carbure d'aluminium et de chaux. Cette chaux est ensuite ramenée à l'état de carbure par le charbon du creuset. Nous allons démontrer que cette réaction est générale et s'étend à un grand nombre d'oxydes.

Carbure de manganèse. — On a chauffé au four électrique différents mélanges en proportions variables de carbure de calcium et d'oxyde de manganèse Mn^3O^4, en faisant prédominer l'un ou l'autre des deux composés.

Dans tous les cas, nous avons obtenu du carbure de manganèse en globules fondus disséminés dans du carbure de calcium en fusion.

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 29 novembre 1897.

(2) H. Moissan, *Préparation au four électrique d'un carbure de calcium cristallisé, propriétés de ce nouveau corps* (*Comptes rendus*, t. CXVIII, 501).

(3) Avec les oxydes facilement réductibles, la décomposition par le carbure de calcium se produit sans fusion. Un mélange d'oxyde de cuivre ou d'oxyde de plomb et de carbure de calcium se réduit au rouge sombre, avec formation d'oxyde de calcium et de métal.

(4) Dans quelques-unes de nos expériences, nous avons rencontré, au milieu du mélange de carbures, de petits globules d'aluminium

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Lorsque l'on traite les globules métalliques par l'eau, il se produit, tout d'abord, un faible dégagement d'acétylène dû à une très petite quantité de carbure de calcium qu'ils contiennent; mais, après quelques instants, ils fournissent un dégagement très lent et régulier de méthane et d'hydrogène à volumes égaux, dégagement qui est caractéristique du carbure de manganèse :

$$CMn^3 + 6H^2O = 3[Mn(OH)^2] + CH^3 + H^2.$$

Carbure de chrome. — Ce carbure se prépare très bien cristallisé et avec facilité, de la façon suivante : on mélange parties égales (200 grammes environ) de sesquioxyde de chrome et de carbure de calcium. Le tout est chauffé pendant cinq minutes dans le four électrique avec un courant de 900 ampères et 45 volts. On obtient ainsi, sous une couche de carbure de calcium en fusion, un culot métallique bien rassemblé recouvert d'aiguilles cristallines de carbure de chrome.

Nous avons démontré précédemment que le chrome pouvait donner deux carbures bien définis de formule C^2Cr^3 et CCr^4.

L'analyse des cristaux obtenus dans la préparation précédente montre que le carbure préparé au moyen de l'oxyde de chrome et du carbure de calcium répond à la formule C^2Cr^3.

Nous avons obtenu, en effet, les chiffres suivants :

	1.	2.	3.	Théorie.
Chrome.	86,57	86,60	86,58	86,66
Carbone.	12,97	13,25	13,22	13,33

Ce carbure renfermait des traces de calcium et de fer.

Carbure de molybdène. — L'oxyde de molybdène obtenu dans ces expériences a été préparé par la calcination du molybdate d'ammoniaque, il répond à la formule MoO^2. On a mélangé rapidement 250 grammes de cet oxyde avec 200 grammes de carbure de calcium, et le tout a été chauffé au four électrique pendant cinq à six minutes (900 ampères et 50 volts.). Le culot obtenu après refroidissement a été projeté dans l'eau, l'excès de carbure de calcium s'est rapidement décomposé et l'on a recueilli des fragments cristallins, présentant l'aspect et toutes les propriétés du carbure de molybdène Mo^2C.

A l'analyse, ces cristaux nous ont fourni Mo : 94,32 et C : 5,68. La théorie, pour Mo^2C, exigerait Mo : 94,12 et C : 5,88.

Carbure de tungstène. — Le mélange d'acide tungstique et de carbure de calcium a été chauffé dans les mêmes conditions. Après traitement par l'eau, on a retiré des fragments à aspect cristallin ou des globules fondus qui étaient entièrement formés de carbure de tungstène. Ce composé renfermait Tu : 96,71 et C : 3,02; ce qui correspond à la formule CTu^2 pour laquelle C = 3,16 et Tu = 96,84.

Carbure de titane. — Nous avons chauffé au four électrique, dans une tube de charbon, pendant six minutes (900 ampères, 45 volts), le mélange correspondant à la formule $TiO^2 + C^2Ca$, soit acide titanique 160 grammes et carbure de calcium 128 grammes.

Le culot était parfois mal fondu, mais il renfermait toujours un excès de carbure de calcium. Au contact de l'eau, la matière se désagrège en donnant une poussière cristalline très dense. Le tout est épuisé d'abord par de l'acide acétique faible et froid, et ensuite par de l'acide acétique étendu et bouillant.

On obtient ainsi de petits cristaux très nets, possédant toutes les propriétés du carbure de titane, que nous avons décrit précédemment et ayant la composition suivante :

	1.	2.	Théorie pour TiC.
Titane.	82,05	80,70	80,64
Carbone..	19,08	»	19,36

Siliciure de carbone. — L'action réductrice du carbure de calcium fondu peut s'appliquer à la silice aussi bien qu'aux oxydes métalliques. Nous avons chauffé au four électrique un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mélange de cristal de roche en poudre et de carbure de calcium répondant à la formule $SiO^2 - C^2Ca$ et, après fusion de la masse et décomposition par l'eau, nous avons séparé une grande quantité de cristaux bien nets et faciles à caractériser de siliciure de carbone ou carborundum. Ces cristaux transparents sont incolores ou légèrement bleutés.

Le carbure de calcium étant aujourd'hui un produit industriel, cette réaction pourra peut-être s'appliquer à la préparation du carborundum.

Dans les doubles réactions que nous venons d'indiquer rapidement, nous n'avons employé que des composés oxygénés dont le corps simple, uni à l'oxygène, était capable de fournir un carbure défini et cristallisé. La réaction sera différente si nous faisons agir, sur ce carbure de calcium, un oxyde métallique dont le métal ne produit pas de carbure.

Action du carbure de calcium sur l'oxyde de plomb. — Nous avons chauffé au four Perrot 100 grammes de litharge et 6 grammes de carbure de calcium. Ces proportions répondent à l'équation suivante :

$$C^2Ca + 5PbO = 2CO^2 + CaO + 5Pb,$$

Nous avons obtenu un culot de plomb de 65 grammes et une scorie, qui renfermait encore du métal disséminé dans la masse. La réaction est identique si nous doublons la quantité de carbure de calcium.

Ce dernier corps agit donc ici encore comme réducteur, mais comme le plomb ne fournit pas de carbure, le métal seul est mis en liberté.

Nous devons rappeler, à propos de ces expériences, que M. Warren (*Chemical News*, janvier 1897, p. 2) avait déjà étudié l'action du carbure de calcium sur la litharge, et qu'il avait indiqué, dans cette réaction, la formation d'un alliage de plomb et de calcium. Le plomb que nous avons obtenu dans nos expériences ne renfermait que des traces de calcium (1).

Oxyde de bismuth. — La réduction de l'oxyde de bismuth (315 grammes) par le carbure de calcium (43 grammes) nous a donné de même un culot de bismuth métallique à cassure cristalline ne renfermant pas de calcium.

Oxyde d'étain. — 45 grammes de bioxyde d'étain et $12^{gr},5$ de carbure de calcium ont été chauffés pendant une demi-heure au four Perrot. Après la réaction, il est resté un mélange de chaux et de poussière d'étain très divisée et facilement oxydable que l'on a réunie en un culot par fusion sous l'acide borique. Cet étain ne renfermait pas de calcium.

Pour que ces expériences de double décomposition par le carbure de calcium fournissent des résultats probants, il faut avoir soin que le carbure employé ne renferme pas d'impuretés. Dans nos premiers essais, nous avions employé un carbure de calcium impur, et nous avons remarqué que tout le silicium et le fer qui se trouvaient dans ce composé avaient passé dans le carbure métallique formé par double décomposition. Dès lors, nous n'avons plus utilisé que du carbure de calcium préparé au moyen de chaux de marbre et de charbon de sucre.

Conclusions. — En résumé, le carbure de calcium en fusion réagit avec énergie sur les oxydes. Si le métal ne s'unit pas au carbone, comme le plomb, l'étain et le bismuth, il est mis en liberté et, dès lors, il peut être séparé ou il peut se combiner aux corps présents suivant les conditions de l'expérience.

Si le métal ou le métalloïde de l'oxyde peut se carburer, il se produit avec le carbure de calcium fondu une double décomposition suivant la formule

$$RO + CaC^2 + RnC + CaO.$$

dans laquelle R représente un métal quelconque et n un nombre variable d'atomes de carbone.

(1) Pour déceler la présence du calcium, nous avons attaqué 10 grammes de métal par l'acide nitrique. Le plomb a été ensuite séparé par l'hydrogène sulfuré. Après ébullition et filtration, le liquide est concentré, puis neutralisé par l'ammoniaque. Par addition d'oxalate d'ammoniaque, nous n'avons obtenu qu'un très léger louche d'oxalate de calcium.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nous avons pu préparer, par cette nouvelle méthode, des carbures cristallisés et définis d'aluminium, de manganèse, de chrome, de molybdène, de tungstène, de titane et de silicium, composés que nous avions obtenus antérieurement au four électrique soit par union directe des deux corps simples, soit par réduction de l'oxyde par le charbon.

HYGIÈNE

Sur la contamination des puits (1). Note de **M. Duclaux**.

Divers savants, et, dans notre dernière séance, M. Martel, ont montré combien était facile la contamination des puits dans les terrains calcaires fissurés : ces puits drainent les eaux superficielles et les reçoivent parfois telles qu'elles courent sur le sol, avec toutes leurs impuretés. Je voudrais montrer que le danger n'est pas moins grand dans les terrains perméables et poreux, avec cette différence pourtant que la nitrification peut parfois intervenir et détruire les matières organiques apportées par l'eau avant qu'elle ait atteint la nappe souterraine des puits. Je voudrais profiter aussi de l'occasion pour montrer qu'on peut porter un jugement assuré sur la contamination d'une eau avec les seules ressources de la Chimie pure, et sans avoir recours aux méthodes parfois fallacieuses de la Bactériologie.

Mon attention a été appelée, pendant ces vacances, sur une petite ville du Cantal où avait éclaté une légère épidémie de fièvre typhoïde. Cette ville, assise sur un petit mamelon porté par un contrefort qui court du nord au sud en s'abaissant vers la vallée du Lot, repose sur un terrain de gneiss très absorbant, et possède, par suite, une nappe d'eaux souterraines qui s'écoulent lentement le long des pentes. Il suffit de percer, en un point quelconque, un puits de quelques mètres de profondeur pour y voir arriver l'eau. Aussi, beaucoup de maisons on une pompe dont le réservoir est tantôt dans la cave, tantôt dans le jardin, quand il y en a un. Comme il n'y a nulle part de fosse d'aisances étanche, comme les canalisations sont à l'état rudimentaire, comme, en outre, il n'est pas rare d'y trouver des rues couvertes d'un tapis de fougères, de bruyères ou de genêts qui pourrissent en retenant l'eau du ciel et toutes les eaux ménagères, on voit que toutes les conditions sont réunies pour qu'une rotation régulière s'établisse entre la cuisine et le puits de chaque maison.

L'important était de savoir comment se traduisait cette contamination inévitable, et à quel état arrivaient au puits les eaux qui avaient lavé et emporté les déjections et les fumiers accumulés à la surface du sol. C'est pour cela que j'ai fait une série d'analyses portant sur des eaux prises en amont de la ville, dans les puits de la ville, et en aval de la ville, dans ses environs médiats ou immédiats, sans quitter pourtant son horizon géologique. J'ai réduit ces analyses au strict nécessaire pour l'objet que j'avais en vue, et n'y ai dosé que le résidu d'évaporation à 100°, le chlore, la chaux, l'ammoniaque, les nitrates, et, éventuellement, les phosphates.

Voici les nombres trouvés. J'ai mis au premier rang les sources en amont de la ville : les sources 1 et 2 sont réunies dans une canalisation qui les amène à une fontaine publique n° 3, malheureusement insuffisante. Les puits 7 à 21 sont ceux où j'ai eu accès en ville. Les puits ou sources 22 à 26 sont tous à des niveaux plus bas que les précédents, et sont plus ou moins

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 6 décembre 1897.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

éloignés de l'agglomération urbaine, mais toujours dans le même terrain. Les chiffres sont des milligrammes par litre.

SOURCES EN AMONT DE LA VILLE.

	Chlore.	Chaux.	Résidu.		Chlore.	Chaux.	Résidu.
1.	3,0	2,0	35	4.	3,6	1,5	36
2.	3,5	2,0	35	5.	3,0	1,0	26
3. 1re analyse (1) . .	4,0	2,5	35	6.	6,0	6,0	42
» 2e — . .	5,0	1,5	22				

PUITS DE LA VILLE.

	Chlore.	Chaux.	Résidu.		Chlore.	Chaux.	Résidu.
7. 1re analyse. . . .	24	17	135	14. 1re analyse . .	133	54	563
» 2e — . . .	20	14	137	» 2e — . .	123	31	575
8. 1re — . . .	40	29	218	15.	120	63	448
» 2e — . . .	»	»	222	16. 1re analyse . .	48	107	423
9. 1re — . . .	50	27	335	» 2e — . .	»	»	425
» 2e — . . .	»	»	328	17. 1re — . .	103	50	534
10. 1re — . . .	55	284	351	» 2e — . .	117	28	601
» 2e — . . .	»	»	364	18. 1re — . .	23	38	256
11.	106	40	449	» 2e — . .	27	30	267
12. 1re analyse . . .	60	26	308	19.	64	35	323
» 2e — . . .	»	»	301	20.	13	14	105
13. 1re — . . .	128	74	676	21. 1re analyse. . .	15	33	188
» 2e — . . .	126	59	690	» 2e — . .	»	»	223

SOURCES OU PUITS DE LA MÊME RÉGION, EN AVAL.

22. 500 mètres (2). .	27	12	174	25. 4000 mètres. .	3,0	2,5	42
23. 1000 — . . .	3	3	41	26. 15 kilom.. .	2,5	3,0	24
24. 2000 — . . .	3,5	6	67				

L'étude de ce Tableau conduit aux conclusions suivantes :

1° La preuve de la contamination est faite par l'apparition, dans l'eau des puits, de deux éléments presque absents dans les eaux vierges de la même région géologique, la chaux et le chlore. La chaux est apportée en ville par les aliments de l'homme et des animaux, et c'est de l'intestin qu'elle passe dans les puits, où sa proportion est parfois 50 fois plus grande que la proportion normale. Le chlore provient, lui aussi, des urines et des fumiers, et il y en a, dans certains puits, 50 fois plus que dans les eaux vierges. Encore faut-il remarquer que ces dernières eaux, lorsqu'elles circulent en nappe sous des sols non habités, mais cultivés, leur ont emprunté en les traversant un peu de la chaux et du chlore apportés par les fumiers. Quand elles circulent sous des sols en friche ou couverts de bois, la chaux n'y dépasse pas, en terrain de gneiss, 1 milligramme, et le chlore 3 milligrammes par litre, tandis que, dans l'eau des puits, nous trouvons des chiffres de 107 milligrammes de chaux et de 133 milligrammes de chlore.

2° Si grande qu'elle soit, la variation du chlore et de la chaux n'est qu'une fraction assez faible de la variation du résidu d'évaporation, qui ne dépasse pas 40 en amont et en aval de la ville, tandis qu'il atteint le chiffre de 690 dans un des puits. D'une manière générale, ce chiffre va en augmentant à mesure qu'on se rapproche du centre de l'agglomération, et diminue

(1) Lorsqu'il y a deux analyses, elles ont porté sur deux échantillons prélevés au même point, l'un huit jours, l'autre vingt jours après une période de pluies.

(2) Distances en droite ligne des sources ou puits au centre de la ville.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

quand on s'en éloigne. Cette augmentation n'est due que pour une faible part à la présence de matières organiques. Sauf pour le puits n° 11, creusé dans la cave d'une maison très sale, ces eaux de puits réduisent faiblement l'hypermanganate en solution acide ou alcaline et ne contiennent pas d'ammoniaque; mais les nitrates y sont abondants et atteignent des chiffres compris entre 100 et 200 milligrammes de nitrate de potasse par litre. Il m'est même arrivé, en évaporant un litre de l'eau du puits n° 14, de les voir cristalliser au fond de la capsule de platine.

3° On peut inférer de là que, malgré la densité relativement grande de la population (environ 800 habitants sur moins de 2 hectares), et l'état de saleté habituel de la petite ville, le sol poreux et absorbant en protège les habitants, à leur insu, en nitrifiant, avant de la laisser arriver dans les puits, la matière organique de l'eau qui le traverse. Tel était, au moins, le cas après l'été pluvieux que nous venons de subir cette année. Mais cet équilibre de nitrification n'est pas assez stable pour qu'on puisse compter sur lui. Nous avons vu qu'il était troublé pour le puits n° 11, qui recevait de l'extérieur de la matière organique incomplètement transformée. On peut prévoir qu'il ne se réalisera pas dans tous les temps et dans tous les lieux, et que, par conséquent, les habitants sont toujours exposés à retrouver dans leur eau de boisson un peu de la matière organique et quelques-uns des microbes provenant de leurs fumiers ou de leurs déjections.

4° En acceptant l'hypothèse la plus favorable, celle où la nitrification de la matière organique, garantissant son innocuité, serait toujours assurée, l'eau des puits n'en contiendrait pas moins, à côté des nitrates, tous les autres matériaux des excréments ou des fumiers que le sol ne retient pas, à savoir, le chlorure de sodium et les phosphates des urines. Les eaux des puits que j'ai étudiés atteignent, sous ce point de vue, un degré d'impureté peu habituel. Il y en a qui sont sensiblement salées au goût, et la proportion moyenne d'acide phosphorique y atteint 25 milligrammes par litre. C'est environ cinquante fois plus que dans les eaux vierges de la région, qui en contiennent moins de $0^{mg},5$ par litre. C'est, d'un autre côté, environ cinquante fois moins que dans l'urine.

5° Nous arrivons donc, par différentes voies, à cette conclusion que l'eau des puits étudiés est, ou du moins était, cette année, après les pluies abondantes de l'été, un mélange de 1 litre d'urine avec 50 litres d'eau de pluie. La proportion doit être plus considérable pendant les étés secs. Cette conclusion n'a rien de réjouissant. On peut lui donner une autre forme en disant que l'eau de ces puits est tout à fait comparable aux eaux d'égout de Paris lorsque, après s'être épurées à Gennevilliers, elles sont déversées dans la Seine. Elles ont beau contenir la proportion normale d'oxygène, être limpides et pauvres en microbes, elles sont riches en sels, en nitrates, et personne n'en voudrait faire des eaux de boisson, même après cuisson ou filtration poreuse.

Toutes ces conclusions, obtenues par la Chimie pure, viennent à l'appui de l'opinion que j'ai soutenue dans mon récent *Traité de Microbiologie* au sujet de la prépondérance des déterminations chimiques sur les déterminations bactériologiques dans les analyses d'eau. En procédant par analyses comparatives des eaux suspectes et des eaux pures de la même région, on peut d'ordinaire savoir d'où vient le mal, et aussi quel est le remède. Dans l'espèce, c'est en allant recueillir les eaux pures qui existent en amont, que la petite ville dont je parle pourra remplacer par de l'eau réellement potable et sûrement inoffensive les eaux *fertilisantes* qu'elle consomme aujourd'hui.

Diverses analyses faites çà et là m'ont prouvé qu'il n'est pas rare de rencontrer en France des situations toutes pareilles à celle que je viens d'esquisser, et c'est pour les déceler que l'Institut Pasteur organise en ce moment un service de recherches et de renseignements.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

NOTES DE MÉCANIQUE

INDICATEUR INTÉGRATEUR *Little*.

Le principe de cet appareil consiste (fig. 1) à faire agir la pression du cylindre indicateur A, par le renvoi R D, sur un axe C, perpendiculaire à celui du piston, rappelé par un ressort S, et porteur d'une roue de planimètre E, dont la jante, située dans le plan de l'axe C, est appuyée par un ressort I sur le tambour L, commandé par le renvoi de la crosse du moteur à l'essai. La roue E, dont l'inclinaison est ainsi à chaque instant proportionnelle à la pression de la vapeur en A, transmet par la vis sans fin P, son mou-

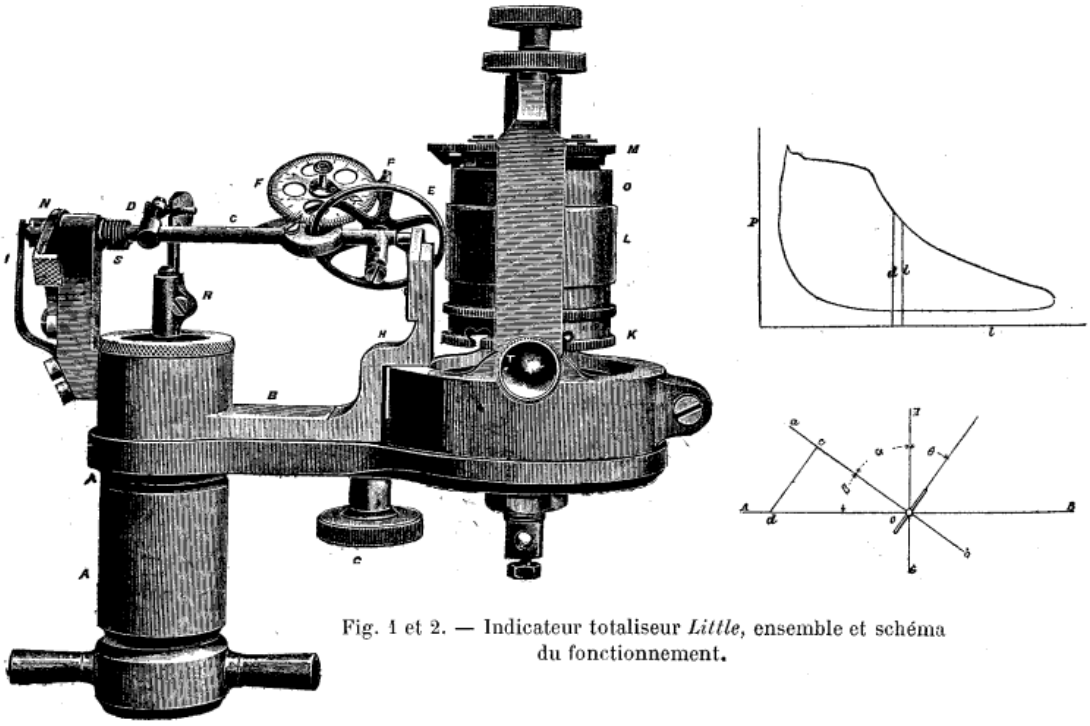


Fig. 1 et 2. — Indicateur totaliseur *Little*, ensemble et schéma du fonctionnement.

vement à un totaliseur F, à deux roues l'une de 100 dents et l'autre de 99. Le bras BH de l'indicateur est fixé dans l'orientation voulue par la vis C, et le doigt N permet d'écarter E de L. Le taquet I limite la course de L avec une précision réglée par le vernier M au $\frac{1}{200}$ de pouce, et la bague en bronze dur L peut se déplacer sur son tambour O de manière à empêcher toute marque de la roue E.

Représentons en H G (fig. 2) l'axe du tambour O, en AB sa course développée, en O la roue E. Pour un pivotement O*d* du tambour, la roue tourne ou roule de $cd = od \sin \beta$

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

$= od \sin \theta$, c'est-à-dire que sa rotation élémentaire, pour une petite valeur dl de od, sera de $dl \sin \theta$. Or, d'après la construction de l'appareil, $\sin \theta$ est proportionnel à la pression P, de sorte que, pour un tour du moteur, la rotation de E sera proportionnelle à l'aire. $SP dl$ du diagramme. Au départ, pour $P = o$, $\theta = 35°$, de sorte que la rotation de la roue change de sens au retour du diagramme, avec un glissement qui compense celui de l'aller, ainsi qu'on l'a vérifié expérimentalement.

La puissance moyenne indiquée est donnée, pour un cylindre de moteur de diamètre D et course L, par la formule

$$I = (D^2 L K. S) B$$

S étant l'échelle de l'indicateur B, la lecture du vernier, K un coefficient de réduction, ou, pour une machine donnée, par la formule

$$I = K' B \quad (1)$$

HISTORIQUE DES CHAUDIÈRES A TUBES D'EAU D'APRÈS **M. F.-J. Rowan** (2).

En 1803, *Woolf* construisit une chaudière composée de tudes à eau horizontaux en fonte, de faible diamètre pour résister aux hautes pressions, et reliés entre eux par de courtes connexions. De 1821 à 1835, l'on construisit, pour les automobiles à vapeur, un grand nombre de chaudières à tubes d'eau, où l'on rencontre les origines de plu-

Fig. 3.
WOOLF

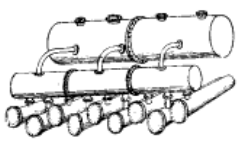


Fig. 4.
S.S. MONTANA

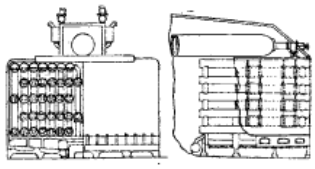


Fig. 5.
JULIUS GRIFFITH

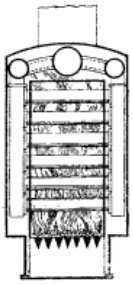
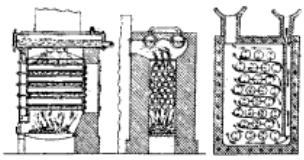


Fig. 6.
ALBAN



sieurs types actuels. Enfin, en 1831, *Jacob Perkins* breveta sa chaudière à haute pression, constituée par des petits tubes fermés à un bout, avec chacun un tube de circulation intérieur.

Les différentes et nombreuses chaudières à tube d'eau peuvent se classer comme il suit :

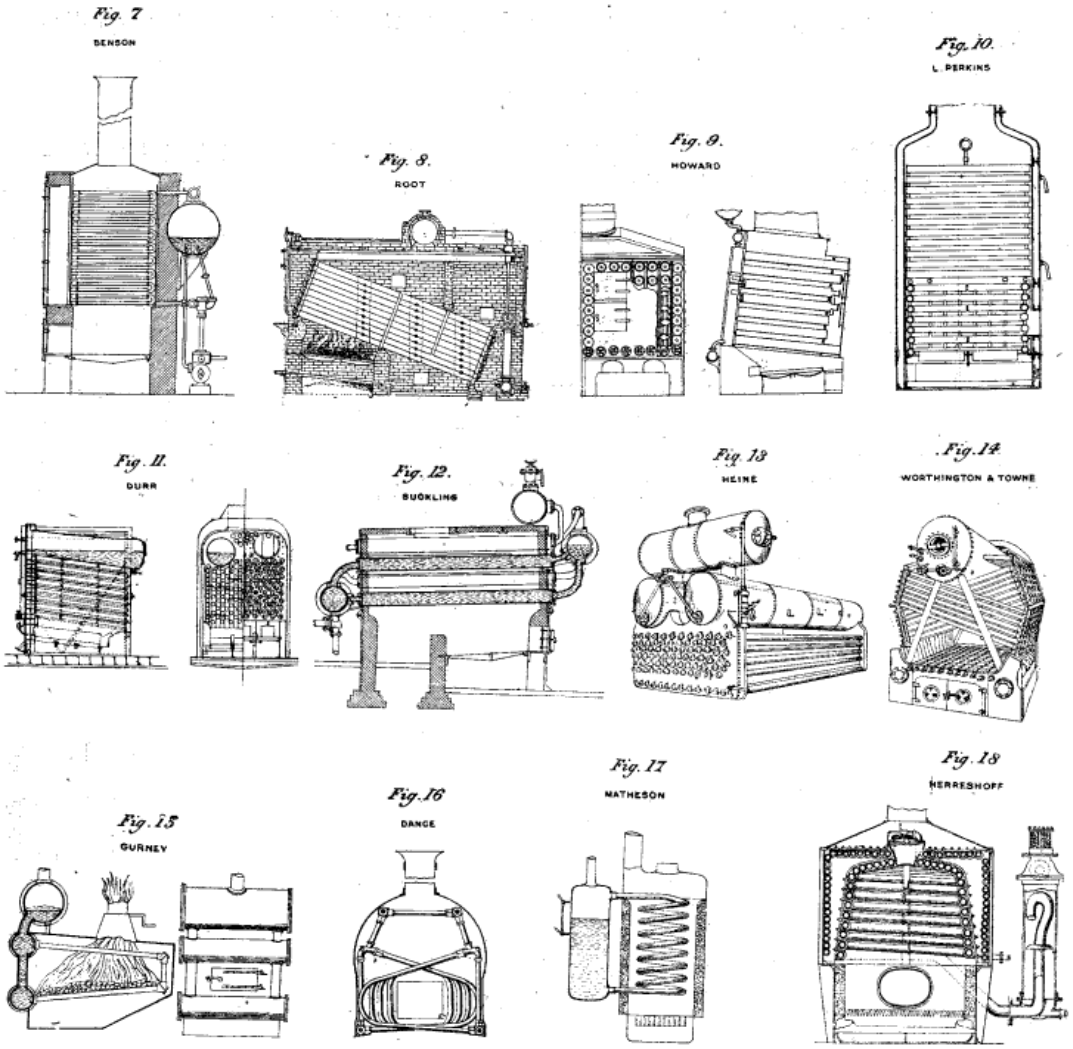
1° *Types Woolf*, composés de chambres cylindriques disposées côte à côte (fig. 3); on le retrouve dans les chaudières de Howden (1861) pour les steamers *Montana* et *Dakota* (fig. 4), de Howard, de Kerberton, Wigzell, Hawkesley, Wild (1874).

2° *Chaudières à tubes horizontaux ou peu inclinés débouchant dans des caisses ou*

(1) *Engineering*, 10 décembre, 721.
(2) *Institution of Engineers, and Shipbuilders in Scotland* (*Transactions*), nov 1897.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

boîtes de formes variées.— Le prototype de ce genre de chaudières est celle de Griffith (1821) (fig. 5), suivie par celles de Alban (fig. 6), Benson (fig. 7), Root (fig. 8), Howard (fig. 9), Ramsden, Belleville, Watt, Lotus-Perkins (fig. 10), Lawe, Hardingham, Phleger... puis les Babcox-Wilcox, Durr (fig. 11), Gill., Henri (fig. 12), Suckhings (fig. 13), Lagraffel d'Allest, Worthington et Towne (fig. 14), Oriolle, etc.



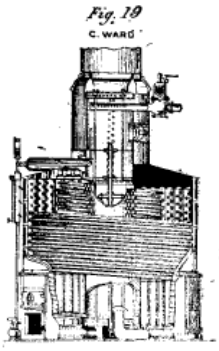
3° *Chaudières à serpentins.* — L'une des premières est celle de G. Gurney, en 1825 (fig. 15) ; puis viennent celles de sir Charles Dance (fig. 16), Matheson (fig. 17), Du Temple, Heresdorf (fig. 18), Thonycroft, et les chaudières américaines de Ward (fig. 19), et de Seller.

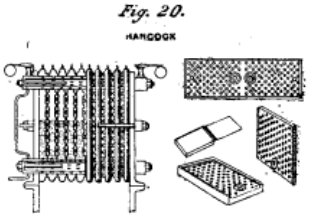
4° *Chaudières à compartiments lamellaires.* L'une des premières est celle de Hancock (1831) (fig. 20), puis l'idée fut reprise, de 1858 à 1862, par Rowan de Horton (fig. 21).

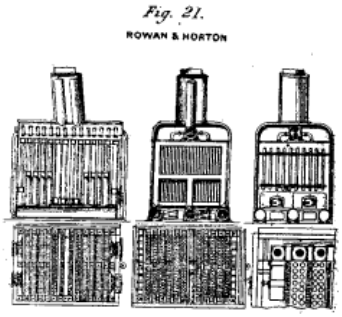
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

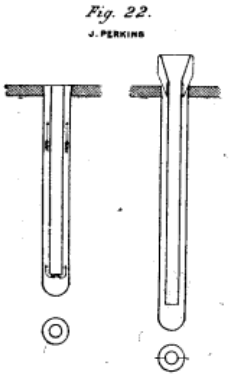
5° *La chaudière Paul Perkins* constituée (fig. 22) par de petits tubes fermés à un bout, débouchant dans une chambre commune, et pourvus de tubes de circulation intérieure est le prototype des chaudières Field (fig. 23), Niclausse (fig. 24), Howard, Allen-Thom, etc.

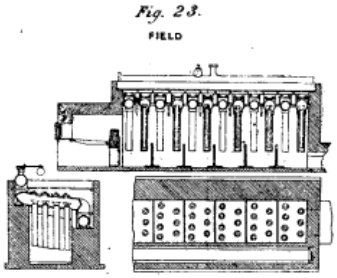
6° *Chaudières à tubes d'eau verticaux.* — Prototypes Summers et Ogle (fig. 25) (1832),

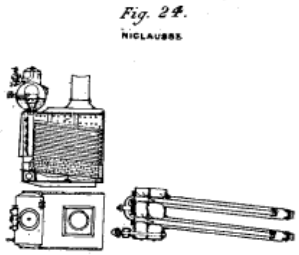


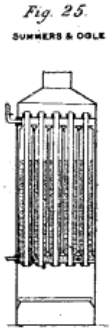


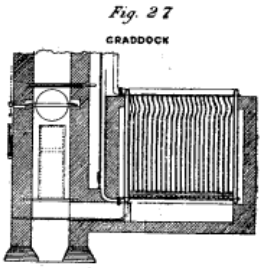


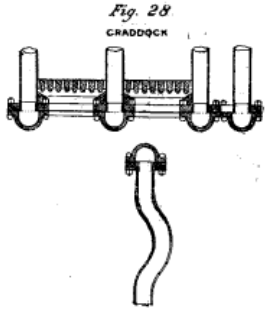












Maceroni et Squire (1855) (fig. 26), Thomas Craddock 1844 (fig. 27). Viennent ensuite les chaudières des navires *Thétis* (1858) et *Murillo*, par le professeur Williamson, en 1861; les chaudières Rowan et Horton (fig. 30) (1869), sur les navires *Haco, Propontis, Nepaul* et *Bengal;* celles de Jordan (fig. 30), celles de Stirling, Butman et Cook, en Amérique.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

7° *Boutigny.* — Les recherches de Boutigny sur la vaporisation à l'état sphéroïdal qui se forme sur les parois à partir de 142° peuvent être considérées comme le point de départ des chaudières à vaporisation instantanée (fig. 31), étudiées par Belleville, Heresdorf, peut-être L. Perkins, et en dernier lieu, d'une façon méthodique et approfondie, par *Serpollet* pour ses automobiles (fig. 32).

Fig. 29.
ROWAN & NORTON (1869)

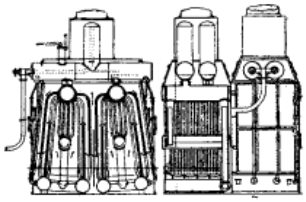


Fig. 30.
JORDAN

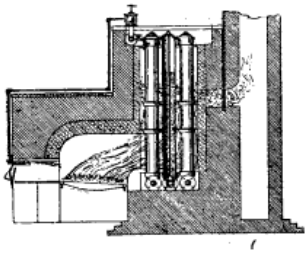


Fig. 31.
BOUTIGNY

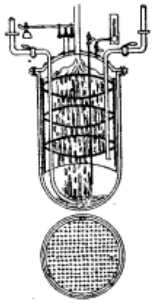


Fig. 32.
SERPOLLET

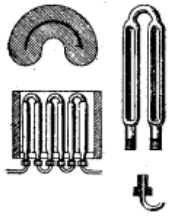


Fig. 33.
ROWAN DIAGRAMS

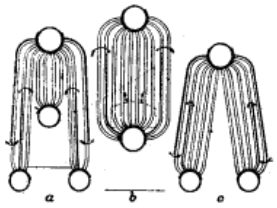


Fig. 34.
F. J. ROWAN (1876)

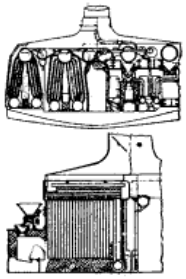


Fig. 35.
THORNYCROFT

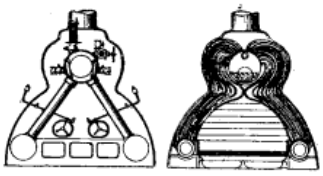


Fig. 36.
YARROW

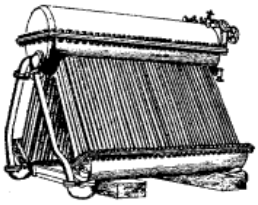


Fig. 37
BLECHYNDEN

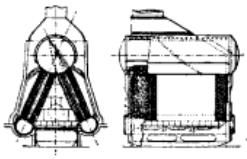


Fig. 38.
MAXIM

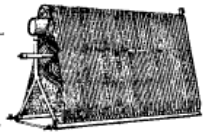
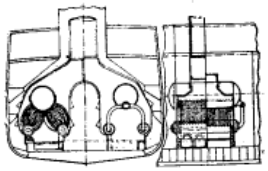


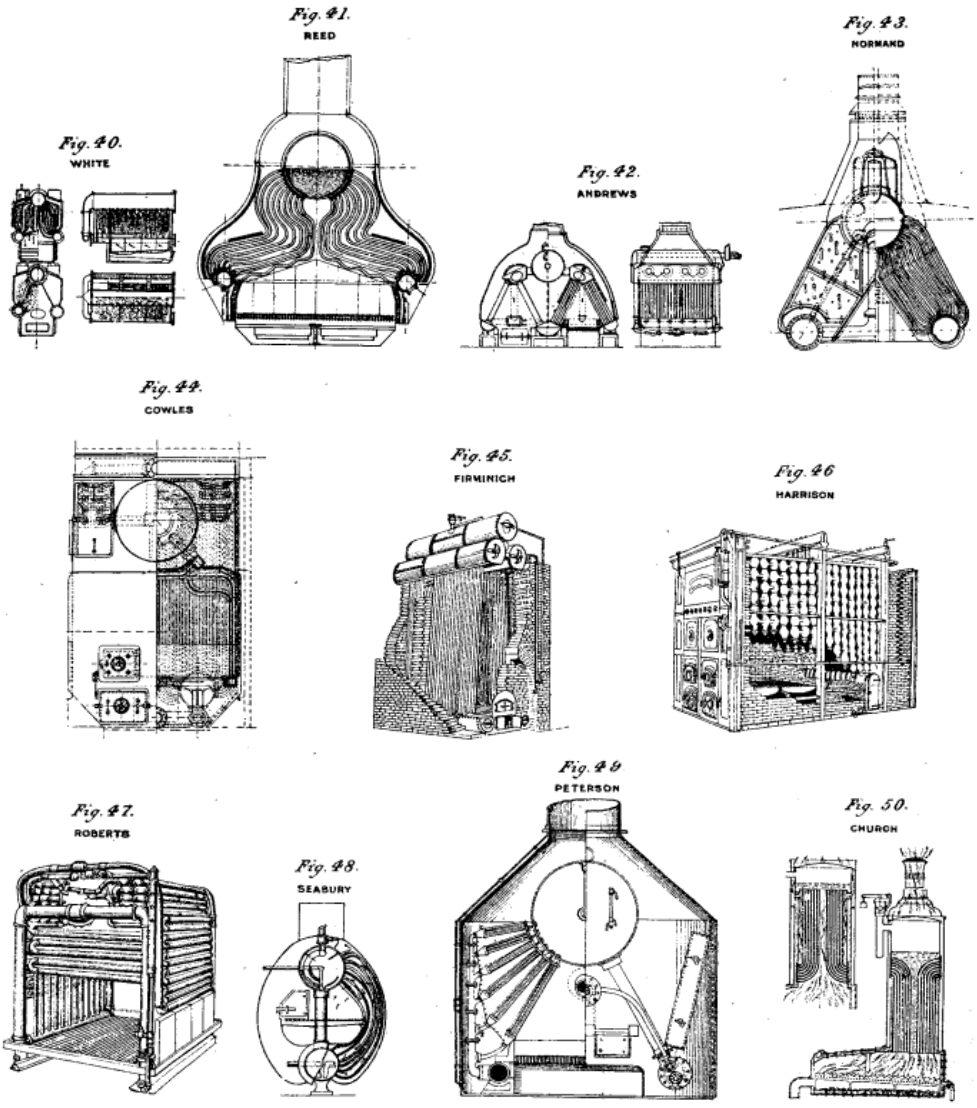
Fig. 39.
FLEMING & FERGUSON



8° *Chaudières formées de trois chambres horizontales disposées aux sommets d'un V renversé et reliées par des tubes verticaux ou très inclinés.* Cette disposition générale, proposée par l'auteur en 1874 (fig. 33 et 34), se retrouve dans les types anglais de Thornycroft (fig. 35), Yarrow (fig. 36), Blechynden (fig. 37), Maxim (fig. 38), Fleming et Fergusson (fig. 39), White (fig. 40), Reed (fig. 41), Andrews (fig. 42), Peterseen (fig. 49) ; français de Normand (fig. 43) ; américains de Cowles (fig. 44), Firminich (fig. 45). Ces chaudières sont aujourd'hui extrêmement répandues.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

9° *Chaudières ne rentrant pas dans la classification précédente.* — Parmi ces dernières, on peut citer les chaudières en fonte de Miller et Harrison (fig. 46), Shepherd, les



chaudières américaines Roberts (fig. 47), Seabury (fig. 48), puis celle de Church (fig. 50), prototype de la chaudière actuelle Haythorn.

CHANGEMENT DE VITESSE POUR VÉLOCIPÈDE *Sandranié*.

La roue *c*, dont l'axe *x* (fig. 51) est monté sur le tube *t* (fig. 53), est commandée par la chaîne et engrène par ses deux dentures intérieures avec les pignons *e'* et *d*, fous

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sur le moyeu y de la roue d'avant et embrayables avec lui par le manchon g (fig. 60). Les pignons e et d ne tournent pas directement sur le moyeu y, mais sur une douille d'acier dur h (fig. 55) fendue comme y pour le passage des griffes de g, et fixée sur y par un rivet i. La manœuvre de g se commande par le renvoi $k\ l\ m$ et le collet à billes

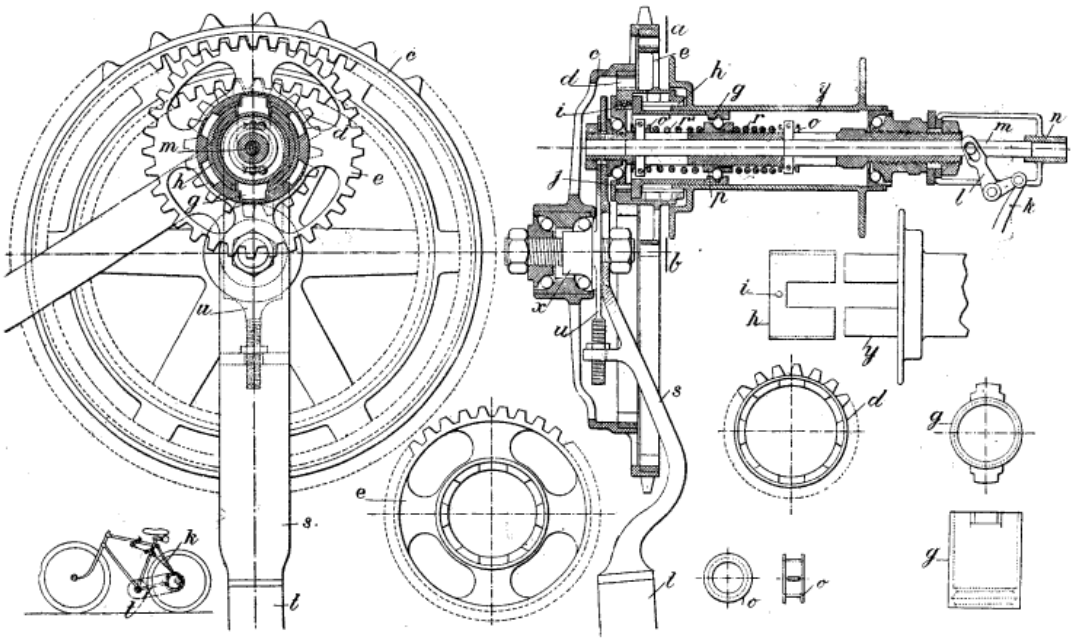


Fig. 51 à 60. — Changement de vitesse *Sandranié*.

p. L'arbre m porte deux collets o et o'. Quand on la tire à droite, le ressort r, comprimé, repousse p et g de manière à le débrayer de d puis à renclencher e; lorsqu'on repousse m à gauche, le ressort r, comprimé à son tour, enclenche g avec d.

La tension de la chaîne se règle en déplaçant le palier de x par la vis u.

RÉGULATEUR *Legat*.

Ce système de régulateur à mouvement isochronisé à pour but de pouvoir prendre un fluide quelconque à une pression très élevée et de le rendre à une pression très réduite : quelques millimètres d'eau.

Ce qui caractérise cet appareil, c'est l'ingénieuse disposition de ses mécanismes, qui assurent d'une façon rigoureuse le débit et la pression que l'on s'est fixés.

Le gaz à détendre pénètre dans le corps de l'appareil par l'orifice du canal E, dont un pointeau G règle l'ouverture et s'écoule par S, en exerçant sous la membrane de A une pression qui, dès qu'elle dépasse celle fixée par les ressorts R, soulève la membrane, la tige T, et fait, par le renvoi $a\ b\ i$, appuyer sur la tête de la soupape pour l'obliger à se fermer plus ou moins. Mais, en même temps, les ressorts R′ se détendent, et facilitent ainsi la fermeture de la soupape, de sorte que la pression diminue en A. Si cette pression tombe au-dessous de celle fixée, les ressorts R tendent à descendre la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

membrane qui, entraînant tout le système, oblige les ressorts R′ à s'allonger de manière qu'ils s'opposent ainsi à toute variation brusque de la pression en S.

Ce mécanisme isochroniseur a permis de grouper sous un très petit volume un appareil excessivement sensible, satisfaisant aux exigences de l'application du gaz acétylène comme éclairage.

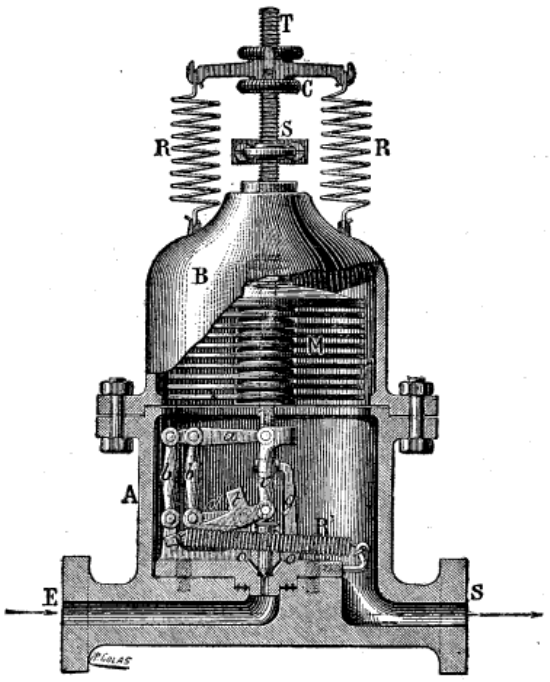


Fig. 61. — Régulateur *Legat*.

A, corps de l'appareil; B, chapeau fermant l'appareil; M, membrane métallique extensible très flexible, fixée par sa base entre A et B; T, tige reliée à la membrane M par un écrou assurant également l'étanchéité; R, ressorts servant à fixer la pression du gaz détendu; C, écrou portant la traverse de suspension et servant à tendre les ressorts R; *a*, levier articulé à la bielle *b* et relié par une articulation à la tige T; *b′*, bielle articulée au levier *a* et actionnant la soupape pointeau par un levier qui vient appuyer sur la tête du pointeau; G, pointeau formant soupape ouvrant ou fermant l'orifice d'arrivée du gaz. Ce pointeau reçoit l'action directe d'un petit ressort à boudin qui assure l'ouverture de l'orifice d'arrivée lorsque l'appareil est au repos; E, entrée du gaz; O, orifice de pénétration du gaz dans l'intérieur de l'appareil; S, sortie; *e*, bielles articulées à la tige T et aux leviers *t*; *t*, leviers oscillant autour du même axe que le levier *d* et recevant à leur extrémité les attaches des ressorts R′; R, ressorts compensant à chaque instant les efforts exercés par la membrane dans ses mouvements d'extension et de compression. Une des extrémités de ces ressorts est attachée à un point fixe de l'appareil.

Dans le cas de l'éclairage des voitures et des wagons, pour remédier aux effets produits par les secousses et les trépidations, le détendeur se place avec son axe horizontal incliné à 45° par rapport au plan vertical du véhicule. Dans ce cas, pour éviter tout frottement de la tige T contre son guide, une suspension à couteau S supporte le mécanisme.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

PROCÈS-VERBAUX

Séance du 26 novembre 1897.

Présidence de *M. Mascart*, président.

MM Collignon et *Aimé Girard*, secrétaires, dépouillent la correspondance.

M. Groignard, 113, avenue d'Arène, Marseille, présente une *valve-clapet automatique d'arrêt de vapeur* et un *niveau d'eau à valve-clapet automatique d'arrêt.* (Arts mécaniques.)

M. Ruby, 105, rue des Poissonniers, demande une annuité de brevet pour *une serrure.* (Arts mécaniques.)

M. A. Pouchet, 50, avenue de Breteuil, présente un *appareil de navigation aérienne.* (Arts mécaniques.)

M. H. Dulieux, 22, rue du Vieux-Marché-aux-Poulets, à Lille, présente une *empaqueteuse auto-mesureuse.* (Arts mécaniques.)

M. A. Croisé, à Bouzareah, près Alger, présente deux rapports sur les *Roses arabes* et sur l'*Absintheum vulgaire.* (Agriculture.)

M. Georgeot, adresse ses remerciements pour sa nomination comme membre de la Société.

Correspondance imprimée. — MM. les Secrétaires présentent au Conseil, avec remerciements aux donateurs, les ouvrages mentionnés à la page 1539 du *Bulletin* de novembre, parmi lesquels ils signalent tout particulièrement un important mémoire de *M. Natalis Rondot* sur l'*Ancien régime du travail à Lyon.*

Nomination d'un membre au comité des arts mécaniques. — Sont présentés comme candidats au titre de membre du Comité des Arts mécaniques :

En première ligne, *M. E. Polonceau*, ingénieur civil des Mines, ingénieur en chef du Matériel et de la Traction au chemin de fer d'Orléans;

En seconde ligne, *M. Masson*, ingénieur au Conservatoire des Arts et Métiers.

M. Polonceau est nommé membre du Comité des Arts mécaniques.

Mutation. — Le Comité approuve le passage de *M. A. Buquet* du *Comité du Commerce* à celui des *Arts chimiques.*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

DÉCLARATION DE VACANCE. — *M. Lavollée* déclare une *vacance* au *Comité du Commerce*, en raison de la mutation précédente.

NOMINATION DES MEMBRES DE LA SOCIÉTÉ. — Sont nommés membres de la Société :

MM. Carra, ingénieur des Arts et Manufactures, présenté par *M. Damour*.

Pélatan, ingénieur civil des Mines, présenté par *MM. L. Polonceau* et *G. Richard*.

CONFÉRENCE. — *M. Bechmann* fait une conférence sur *l'Assainissement de la Seine*.

M. le Président remercie vivement M. Bechmann de sa très intéressante conférence, qui sera reproduite au *Bulletin*.

ÉLECTIONS POUR LE BUREAU DE 1898. — *M. le Président* annonce que les élections pour le Bureau de 1898 auront lieu pendant la séance du *10 décembre* prochain.

Séance du 10 décembre 1897.

Présidence de *M. Mascart*, président.

DÉPOUILLEMENT DE LA CORRESPONDANCE. — *MM. Collignon* et *Aimé Girard*, secrétaires, dépouillent la correspondance.

M. C. Polonceau remercie le Conseil de sa nomination comme membre du *Comité des Arts mécaniques*.

M. Lepoix, 58, rue Vieille-du-Temple, demande une annuité de brevet pour un *système de refroidissement des cylindres de moteurs à gaz*. (Arts mécaniques.)

M. Pesce, ingénieur, 32, rue de la Pompe, présente des *cartes en relief*. (*Agriculture*.)

Sont présentés pour concourir au *prix des Arts chimiques*, les ouvrages suivants : *la Pratique du Teinturier*, par *M. J. Garçon; Guide pratique du chimiste métallurgiste et de l'essayeur*, par *M. L. Campredon*. (Comité des Arts chimiques.)

M. E. Damour envoie des cartes d'invitation à ses conférences des 12 et 19 décembre, faites au Conservatoire des Arts et Métiers sur l'*utilisation de la chaleur dans les fours de la grande et de la petite industrie*.

M. Maconnière, 26, rue de Staël, demande une annuité de brevet pour un *procédé de destruction du black-root*. (Agriculture.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. Rager, 18, rue de la Vrière, à Provins, envoie, pour concourir au *prix d'agriculture*, une étude sur l'*Économie rurale de Seine-et-Marne*. (Agriculture.)

M. A. Bigot, à Mer (Loir-et-Cher), envoie un mémoire sur les *Argiles employées en céramique*. (Arts chimiques.)

CORRESPONDANCE IMPRIMÉE. — MM. les Secrétaires présentent au Conseil, avec remerciements aux donateurs, les ouvrages mentionnés à la page 1651 du présent *Bulletin*, parmi lesquels il signale tout particulièrement les *Comptes Rendus du deuxième Congrès de chimie appliquée* (*M. Lindet*, président), 4 vol. Paris, au siège de l'Association, 156, boulevard Magenta.

NOTICE NÉCROLOGIQUE. — *M. Imbs* lit, au nom du *Comité des Arts mécaniques*, une notice nécrologique sur *M. Ch. Comberousse* (p. 1549 du présent *Bulletin*).

RAPPORT DES COMITÉS. — *M.* LINDER fait, au nom de la *Commission des Alliages*, la communication suivante :

Au nom de la *Commission des alliages*, j'ai l'honneur de déposer sur le Bureau, pour insertion dans le *Bulletin* de la Société, un mémoire important de *M^me^ Sklodowska-Curie*, sur les *propriétés magnétiques des aciers trempés*.

M^me^ Sklodowska-Curie a étudié, dans ce mémoire, les propriétés magnétiques des aciers trempés de composition connue, en se plaçant surtout au point de vue de la *construction des aimants permanents*. L'étude a été généralement faite sur des barreaux ayant 20 centimètres de longueur et une section carrée de 1 centimètre de côté. Quelques aciers cependant ont été étudiés sous forme d'anneaux réalisant des circuits magnétiques fermés.

Les barreaux étaient chauffés dans un four électrique à spirale de platine, puis trempés à l'eau. Le courant de chauffe aimantait le barreau dont on suivait l'état d'aimantation au moyen d'une aiguille aimantée montée sur pivot.

L'auteur a reconnu ainsi que le barreau ne prend la trempe que si le four a été porté à une température supérieure à celle de la transformation magnétique, c'est-à-dire lorsque l'acier est à l'état faiblement magnétique au moment de la trempe.

Les qualités magnétiques d'un acier à aimants sont caractérisées par *l'intensité d'aimantation rémanente à circuit magnétique fermé* et le *champ coercitif*. Le champ coercitif est le champ démagnétisant extérieur uniforme dans lequel il faut placer l'acier aimanté à saturation pour que l'intensité d'aimantation devienne nulle. De la grandeur de ce champ, dépend la stabilité du magnétisme et la possibilité d'aimanter des barreaux peu allongés.

M^me^ Sklodowska-Curie a étudié une série d'aciers à pourcentage croissant de carbone. Parmi ces aciers, ceux qui renferment 1,2 p. 100 environ de carbone se prêtent le mieux à la construction des aimants.

Elle a en outre porté son attention sur des aciers spéciaux, qui ont montré que l'existence, dans l'acier, de divers métaux ne modifie pas, en général, beaucoup l'intensité d'aimantation rémanente à circuit magnétique fermé, mais que, souvent, elle augmente le champ coercitif et que c'est l'augmentation du champ coercitif qui rend certains aciers spéciaux propres à faire de bons aimants permanents. La présence d'un peu de silicium, de bore, de manganèse ne semble pas, à ce point de vue, exercer une influence notable ; le nickel, le chrome, le cuivre en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

petite proportion améliorent au contraire les qualités magnétiques des aciers; mais ce sont les aciers au tungstène et au molybdène qui fournissent les meilleurs aciers à aimants.

Le champ coercitif peut dépasser 60 pour les aciers au carbone : il atteint 70 à 74 pour les aciers au tungstène, tels que l'acier d'Allevard, et 80 à 85 pour les aciers au molybdène. Les aciers employés actuellement pour la construction des aimants permanents sont des aciers au tungstène. On voit que les aciers au molybdène pourraient être utilisés avec tout autant d'avantages.

Mme Sklodowska-Curie termine son mémoire par une étude des conditions de stabilité du magnétisme rémanent des barreaux aimantés. Elle a examiné, dans cette partie de son travail, l'influence des chocs, des variations de température et des actions magnétiques extérieures sur les aimants. Ses expériences prouvent que les secousses produisent d'autant moins d'effet que le champ coercitif est plus fort; qu'un recuit à 200° altère considérablement les bons aciers à aimants, qu'un recuit à 100° est déjà nuisible et que, pour construire des aimants permanents, il convient de les recuire vers 60° seulement, en ayant soin de les désaimanter ensuite partiellement après les avoir aimantés à saturation.

Sont présentés, au nom du *Comité des Arts mécaniques*, et approuvés les rapports suivants :

M. Simon, sur la *mécanique Verdol*.

M. Bourdon, sur le *clapet automatique d'arrêt de M. Pile* (p. 1553 du présent *Bulletin*).

M. Imbs, sur les *tissus cambrés de M. Landsmann* (p. 1552 du présent *Bulletin*).

COMMUNICATIONS. — *M.* A. BIGOT, céramiste, fait la communication suivante sur les *applications industrielles des émaux de grand feu*.

Il y a quatre ans, j'ai eu l'honneur de présenter à la Société d'Encouragement une série d'émaux de grand feu applicables aux grès et à la porcelaine dure. C'était le résultat d'une suite d'études scientifiques et artistiques entreprises avec la pensée de faire servir ces nouveaux matériaux à la décoration architecturale.

Depuis cette époque, je me suis particulièrement adonné aux résultats pratiques, à la reproduction industrielle de ces émaux et aux meilleurs moyens d'obtenir de bons rendements. C'est surtout ce dernier point qui fait l'objet de ma communication.

Les émaux de grand feu dont je me sers sont préparés à ma fabrique, ce qui me permet de leur donner une composition constante, les matériaux qui les constituent étant soumis au préalable à une analyse rigoureuse. Ils sont destinés à être chauffés à des températures variant de 1250° à 1400°; ce sont là les températures réelles, déterminées avec le pyromètre thermoélectrique de M. Le Chatelier. On sait que la porcelaine dure de Sèvres cuit vers 1375°, comme l'a démontré M. Vogt.

J'emploie ces émaux pour les pâtes céramiques que je viens de citer, parce qu'elles subissent au feu un commencement de vitrification et qu'elles acquièrent ainsi une dureté considérable, qui leur permet de résister à tous les agents atmosphériques, pluie, gelée, humidité et permet d'en faire usage pour la décoration extérieure des monuments et des constructions. Quant à la dureté de mes émaux, elle est deux fois plus grande que celle de la pâte, ainsi qu'il résulte de mes mesures.

Je n'ai point cherché, dans ma fabrication de briques et de carreaux, à trouver des émaux à teinte plate et uniforme. J'ai voulu au contraire donner à chaque pièce de la variété en y disposant deux ou trois tons qui se fondent et s'harmonisent, comme le prouvent les échantillons que j'ai l'honneur de soumettre à la Société. Aucun d'eux ne ressemble exactement à son voisin et cependant il est impossible de ne pas voir immédiatement que ce sont des

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pièces décorées avec le même émail et formant un ensemble harmonieux dans sa variété. C'est là le côté artistique de ces objets. C'est là aussi la grande difficulté qu'il y a à reproduire ces tons et ces couleurs.

J'avais montré, lors de ma première communication, des émaux cristallisés en longues aiguilles soyeuses. Ces émaux se rencontrent dans certaines pièces rares du Japon fabriquées au XVII^e^ siècle. Je les ai retrouvés en même temps que la manufacture de porcelaine de Copenhague, et j'en ai développé la gamme en la complétant. Depuis cette époque, des émaux de ce genre ont été produits par la manufacture de Sèvres. Je suis le seul qui soit parvenu à rendre cette fabrication absolument industrielle, grâce à des rendements excellents.

Cette question des rendements est capitale. Ceux qui se sont occupés d'émaux de grand feu applicables aux grès et aux porcelaines dures (de ces émaux que l'on a désignés sous le terme de *flammés*, qui n'a par lui-même aucune signification, mais qui sert à les distinguer des émaux à teinte plate) n'ont guère eu, jusqu'à présent, que des rendements de 30 p. 100 au maximum. C'est cette raison qui a découragé un grand nombre de céramistes et les a détournés de la fabrication des émaux de grand feu.

Les rendements dépendent de trois causes : 1° La qualité de la pâte céramique, qui ne doit pas se fendre au feu ni se déformer trop. Sur ce dernier point, il est reconnu que toute pièce mise au feu subit une déformation plus ou moins prononcée suivant la nature de cette pièce et la façon dont elle a été fabriquée. Avec des soins, on peut arriver à éviter la rupture au feu, et, dans mes fours, je n'ai en moyenne que 1 pour mille de perte de ce genre.

2° La nature de l'émail, qui doit être ou brillant, ou mat, ou cristallisé, au gré du fabricant et qui ne doit présenter ni boursouflures, ni taches noires, etc.

3° La couleur, qui doit être celle que l'on veut obtenir.

Ces deux dernières conditions sont les plus difficiles à réaliser parce que les céramistes n'ont que fort peu de points de repère. J'y suis cependant parvenu en observant des règles bien précises. Parmi les milliers d'émaux divers que j'ai préparés, j'ai exclu d'une fabrication industrielle tous ceux dont l'aspect et la couleur changent facilement avec de légères modifications dans la nature des gaz du four. Par exemple, si je dois obtenir un vert préparé avec l'oxyde de cuivre, il faut que mon émail reste vert même si la flamme a été réductrice (on sait que cette dernière donne ordinairement des bleus ou des rouges avec l'oxyde de cuivre). Pour arriver à ce résultat, j'ai modifié la composition de mes émaux jusqu'à ce que j'aie rencontré une substance qui fixe le vert et qui donne toujours cette couleur, même si l'on a employé comme colorant l'oxyde rouge ou le cuivre métallique.

Je me suis astreint à une étude suivie de la nature des gaz chauds et de leur marche dans les fours. Je suis parvenu à leur donner une composition et une direction assez constantes pour être à volonté réducteur ou oxydant.

C'est donc par des moyens chimiques, comme la composition des émaux et des gaz du foyer, par des moyens physiques comme la couleur, la cristallisation des émaux et la marche de la flamme que je suis arrivé à obtenir les rendements dont je vais dire quelques mots.

Lorsqu'il s'agit de très grandes pièces, comme cette plaque de foyer que je présente, les causes d'insuccès sont dues spécialement à la rupture ou à la déformation. Néanmoins, mes rendements sont de 90 p. 100. J'emploie ces grandes plaques, dont quelques-unes dépassent 1 mètre de longueur, soit pour des cheminées, soit pour des frises.

Avec les émaux cristallisés, il faut surtout avoir grand soin d'obtenir la température voulue ; si l'on reste au-dessous, l'émail ne présente plus de longues aiguilles, mais de tout petits cristaux, qui donnent aux carreaux un aspect rugueux. Il est alors nécessaire, pour les ramener à la cristallisation voulue, de les chauffer de nouveau à leur point de cuisson ; les rendements sont alors parfaits.

Quant aux briques et aux petits carreaux recouverts de mes autres émaux, je n'ai point de déchet, pas même un pour cent.

En conséquence, je puis prendre 95 p. 100 comme le rendement moyen que j'obtiens dans une fabrication industrielle des briques et carreaux émaillés et cuits au grand feu.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il résulte de là un fait important dans la pratique : je puis fabriquer au même prix que la faïence dite de grand feu, qui est en réalité simplement chauffée vers 1000°.

J'ai donc mené à bonne fin la création d'un art industriel qui donne des effets nouveaux avec une matière d'une résistance à toute épreuve et qui est fort apprécié du public tant en France qu'à l'étranger.

M. le Président remercie *M. Bigot* de son intéressante communication, qui est renvoyée au *Comité des Arts Chimiques*.

M. Gréhant fait une communication sur *le grisou, l'oxyde de carbone, le grisoumètre*.

M. le Président remercie et félicite vivement M. Gréhant de sa très intéressante communication qui sera reproduite au *Bulletin*.

Élection du Bureau pour 1898. Le nombre des membres votants n'ayant pas atteint la centaine, il sera procédé à un *nouveau vote définitif* dans la prochaine séance du *vendredi 24 décembre*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

BIBLIOGRAPHIE

Cours de Mécanique appliquée aux Machines, professé à l'école spéciale du génie civil de Gand par M. J. BOULVIN, 6e fascicule. *Locomotives et Machines marines.* (In-8, 352 p. Paris, Bernard).

Nous avons déjà eu l'occasion de signaler à nos lecteurs les cours de M. Boulvin (1), nous n'insisterons pas de nouveau sur la méthode et la clarté qui caractérisent cet important ouvrage, nous nous bornerons à signaler les parties du présent fascicule qui nous ont paru présenter un intérêt spécial.

La question si importante et si complexe de l'*équilibrage* des locomotives est traitée aux pages 37 à 48 et 75 à 95, avec l'ampleur qu'elle comporte et une rare clarté en se reportant, d'ailleurs, à la théorie générale des forces d'inertie donnée dans le cinquième fascicule du cours, et par l'emploi des diagrammes sinusoïdaux qui permettent de suivre facilement et de définir l'allure des mouvements de lacet. D'accord en cela avec une pratique presque universelle, M. Boulvin indique comme le meilleur moyen de combattre ces mouvements l'emploi des bogies avec cheville à jeu élastique, qui ménagent la voie et facilitent les passages en courbes. Quant aux divers moyens proposés pour réaliser l'équilibrage complet de la locomotive, tels que les trois cylindres de Stephenson, les machines dédoublées d'Haswell... ils se sont tous montrés soit insuffisants, soit trop compliqués, et l'on s'en tient, en somme, à l'application de poids modérés aux roues, suffisante même aux plus grandes vitesses.

M. Boulvin donne, à la page 105, un diagramme très simple, permettant de déterminer, pour une tuyère donnée, de section s, la cheminée, de tirage maximum et de section S, au moyen de courbes donnant les rapports des vitesses $\frac{v}{w}$ des gaz dans la tuyère et à l'entrée S de la cheminée par exemple pour des rapports $\frac{s}{S}$ variant de 0,10 à 0,15. Une comparaison faite au moyen de ces courbes entre deux cheminées l'une droite, pour laquelle $S = S_1$ et l'autre évasée à la base, avec $S = 2S_1$ démontre l'infériorité du type évasé, à égalité de compression aux cylindres et de section S_1 au sommet. Pour la rendre aussi efficace que la première, il faut en rétrécir la tuyère, ce qui démontre bien que c'est là une forme défectueuse, tandis que la forme évasée vers le haut est au contraire avantageuse.

Les *rapports de chauffe* des locomotives sont très variables suivant l'allure du feu et la nature du combustible ; le rapport de la surface de chauffe à celle de la grille varie de 20 à 100, et celui de la surface des tubes à celle du foyer, de 10 à 20, celui du foyer à la grille de 1,5 à 6, et l'on ne peut donner aucune règle précise à ce sujet, ni pour déterminer *a priori* le régime normal d'un type donné, dont l'analogue n'aurait

(1) *Bulletin* de novembre 1895, p. 1233 et de juillet 1897, p. 1014.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pas été expérimenté. Les locomotives à grandes grilles de l'État Belge brûlent au plus 382 kilos par mètre carré de grille et par heure, tandis que certaines machines à petites grilles en brûlent jusqu'à 600 kilos. Quant au faisceau tubulaire, la principale modification qu'il a reçue récemment, par l'adoption des tubes Serve, permet d'améliorer le tirage tout en augmentant de 70 p. 100 la surface intérieure du faisceau.

Après l'étude de la chaudière, M. Boulvin décrit, mais avec moins d'étendue, le *véhicule* et le *mécanisme* de la locomotive, simple et compound, puis il termine cette partie de son ouvrage par une revue rapide et néanmoins suffisamment complète des principaux types de machines actuellement employées en Europe et en Amérique. On y voit se dégager nettement la tendance actuelle aux machines très puissantes, à grandes chaudières surélevées, marchant à des pressions allant jusqu'à 15 atmosphères, et souvent en compound, à des vitesses extrêmes allant jusqu'à $7^{m},50$ par seconde pour les pistons et 140 kilomètres à l'heure.

La seconde partie de l'ouvrage de M. Boulvin est consacré aux *machines marines*. La puissance des machines de paquebots a augmenté, en ces dernières années, dans des proportions imprévues, passant très vite de la *Touraine*, avec ses 157 mètres de long et 12 500 chevaux, à la *Campania*, de 182 mètres et 30 000 chevaux. Les rendements des hélices et des roues, ces dernières lourdes et affectées par le roulis, sont à peu près équivalents : de 0,70 environ. La question du calcul de la résistance du navire n'est pas encore complètement résolue : on ne peut l'évaluer qu'à peu près par des essais sur modèles, et d'après le théorème des similitudes en mécanique, approximativement applicable au moins en ce qui concerne le frottement de l'eau, et en tenant compte de l'action, assez mal définie d'ailleurs, du propulseur même sur cette résistance. On continue d'adopter, pour évaluer les vitesses, dans la marine, l'unité absurde du nœud : $0^{m},514$ par seconde, sans être arrivé, pour cela, à pouvoir calculer la résistance du navire ou la puissance nécessaire à ses machines en fonction de cette vitesse et de ses dimensions : elle augmente presque proportionnellement au cube de la vitesse et au carré de la longueur l (pour des navires semblables), tandis que le tonnage utile croît même plus vite que l^3, ce qui suffit pour expliquer l'immense supériorité des grands navires bien affrêtés.

Actuellement, la question capitale de la navigation à vapeur est celle des chaudières. Les anciennes chaudières à foyers intérieurs à retour de flammes, encore en immense majorité, atteignent jusqu'à 5 mètres de diamètre, avec des pressions de 12 atmosphères et au vent forcé, qui permet d'en augmenter de 50 p. 100 la combustion et la vaporisaiion par m^2 de grille et de chauffe, des feux de 150 kilos par m^2 de grille et par heure, qui ne laissent pas de les fatiguer énormément : leur poids est d'environ 400 kilos par mètre carré de leur surface de chauffe, de sorte que ce type de chaudières paraît arrivé à sa limite d'utilisation pratique. De là, la vogue actuellement si générale des chaudières à tubes d'eau, sur lesquelles nous avons trop souvent insisté dans ce bulletin pour qu'il soit nécessaire d'y revenir à nouveau.

Du côté des machines, le type dominant est la triple expansion type pilon avec, pour les grandes puissances, cinq cylindres disposés sur trois manivelles, dont deux cylindres de haute et basse pression en tandem, attaquant les manivelles extérieures, et l'intermédiaire attaquant le coude du milieu : sur la *Campania*, ces cylindres ont respectivement $0^{m},94$, 2 mètres, $2^{m},50$ de diamètre et $1^{m},74$ de course. On a pu descendre ainsi jusqu'à des dépenses de 6 kil. de vapeur et 550 grammes de combustible par cheval-heure indiquée et, pour des machines de 500 à 1000 chevaux, à des poids

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

moyens de 88 kilos par cheval pour la machine et de 180 kilos pour l'ensemble, machines et chaudières, ou encore de 4 870 kilos par m^3 des cylindres pour la machine et de 380 kilos par m^2 de chauffe pour les chaudières. Ces poids sont, à effet égal, plutôt diminués qu'augmentés par l'emploi de la double hélice, qui présente en outre l'avantage d'une grande sécurité; ceci tient à ce que les hélices jumelles étant plus petites que l'unique, on augmente le nombre de leurs tours et diminue le volume total des cylindres.

La quadruple expansion est encore peu répandue, peut-être, probablement même, s'étendra-t-elle avec l'emploi des chaudières à tubes d'eau et des pressions de 15 atmosphères, mais avec un avantage moindre que celui qui a marqué le passage de la double à la triple expansion.

Comme dans les précédents fascicules de l'important ouvrage de M. Boulvin, le texte, toujours à la fois clair et précis, est accompagné de figures, la plupart de démonstration, ainsi qu'il convient à un ouvrage d'enseignement, avec, de temps en temps, des dessins de construction, tous bien choisis parmi les meilleurs et les plus actuels.

De l'emploi du Bouclier dans la construction des souterrains, par M. R. LEGOUEZ (1 vol. in-8, 440 pages, 337 figures. Paris, Baudry).

L'ouvrage de M. Legouez traite un sujet des plus importants et des plus actuels. La méthode des boucliers, créée de toutes pièces par Brunel en 1844, s'est, sans rien ajouter d'essentiel aux idées de Brunel, considérablement perfectionnée puis étendue aux ouvrages les plus divers, tels que le creusement des galeries sous les voies publiques sans en interrompre la circulation. Nous en avons un bel exemple dans le creusement du collecteur de Clichy *intra muros*, décrit avec détail dans l'ouvrage de M. Legouez.

La partie principale de cet ouvrage se compose d'un ensemble de monographies complètes et très claires des principaux ouvrages et travaux exécutés d'après la méthode du bouclier, depuis le récit émouvant de l'exécution du premier tunnel sous la Tamise par Brunel, — de 1825 à 1843, — jusqu'au collecteur de Clichy en 1897 : souterrains de la Tour de Londres, par Barlow et Greathead (1867), du City and South London (1886) (premier emploi de l'injecteur Greathead), sous l'Hudson (première grande galerie exécutée à l'air comprimé 1879), sous la rivière Saint Clair (1884), la Mersey (1890), la Clyde à Glasgow (1890), l'East River à New-York, la Tamise à Blackwall (1892) (1), le siphon et le collecteur de Clichy. Les quatre derniers chapitres, intitulés le Bouclier, le Revêtement, conditions générales d'emploi de la méthode, Résumé et conclusions, ne sont en réalité que la synthèse et la discussion des faits exposés dans ces monographies.

Le bouclier doit pouvoir s'adapter, suivant les circonstances les plus diverses, à la forme et à la nature du revêtement dont il garantit l'exécution : c'est par une adaptation très intelligente du bouclier à des conditions toutes nouvelles que MM. Augé et Fougerolles sont arrivés à creuser à fleur du sol des rues de Paris le collecteur de Clichy, avec des dépenses moindres qu'en opérant à tranchée ouverte, et sans troubler la circulation. Le profil circulaire, considéré longtemps comme inévitable, a pu, au contraire, dans ce cas, être avantageusement remplacé par un profil aplati, et le revêtement

(1) *Bulletin* d'octobre 1893, p. 1073.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

métallique par de la maçonnerie, en général avantageuse dans les terrains résistants, où il n'est pas fait usage de l'air comprimé. Quant à la durée du bouclier même, où à la longueur qu'il peut parcourir sans être détruit, elle varie évidemment beaucoup suivant les circonstances: de 500 à 800 mètres dans les travaux de grand diamètre, elle a atteint 1 250 mètres au collecteur de Clichy *exta muros;* la vitesse moyenne d'avancement varie de 1m,50 par jour en très mauvais sol, à l'air comprimé, sous rivière, à 3m,50 en bon sol et à l'air libre. En dehors des cas où elle est indispensable, la méthode du bouclier procure, sur les méthodes ordinaires, une économie de 20 à 400 francs par mètre courant selon le diamètre. La démonstration qui en a été faite par les travaux du collecteur de Clichy est des plus importantes et des plus suggestives pour l'extension de la méthode du bouclier aux travaux urbains nécessités par l'établissement des métropolitains, grands égouts, etc.

Cours d'Exploitation de mines, par M. HATON DE LA GOUPILLIÈRE; 2e édition, avec la collaboration de M. PELLÉ, vol. II. (in-8, 1070 pag., 924 fig.). Paris, P. Vicq-Dunod.

Nous n'avons pas à refaire ici l'éloge de cet important ouvrage, dont nous avons déjà présenté le premier volume à nos lecteurs (*Bulletin* de mai 1896, p. 765); nous ne ferons que signaler les principales questions étudiées dans ce volume. *Extraction :* câbles, bennes, tambours et bobines, molettes, chevalets, parachutes, culbuteurs, régularisation ou équilibrage; machines d'extraction à vapeur, hydrauliques et pneumatiques; appareils de descente et de translation du personnel. *Épuisement :* Aménagement des eaux, pompes extérieures et souterraines à vapeur, à air comprimé, hydrauliques et électriques. *Aérage*, avec la question du grisou traitée à fond, l'exposé des remarquables travaux de M. Murgue sur la ventilation; aménagement du courant d'air; ventilateurs divisés en statiques et dynamiques, parmi lesquels à signaler tout particulièrement les types de Rateau et de Mortier; aérage naturel. *Éclairage :* lampes de sûreté, grisoumètres, coups de grisou et de poussières. *Accidents divers :* incendies, éboulements, coups d'eau, dégagement d'acide carbonique. *Préparation mécanique des minerais :* travail à la main, travail mécanique, broyage, débourrage, triage et criblage, cuves, lavoirs, bacs à pistons, classeurs, tables planes, circulaires, à secousses, etc., classement magnétique. Organisation d'un atelier.

On voit, par ce simple sommaire, très écourté, avec quelle méthode et quelle abondance ce livre remplit son vaste programme; inutile d'ajouter qu'il renferme, à côté du texte même, des renvois aux sources extrêmement précieux, permettant aux lecteurs qui désirent approfondir encore plus un des sujets traités de se reporter aux documents spéciaux les plus récents et les plus sûrs.

De l'Encyclopédie Leauté. (Paris, Gauthier-Villars.) — **L'électrochimie. Production électrolytique des composés chimiques**, par M. MINET (Adolphe).

Dans cet ouvrage, l'auteur s'occupe des applications industrielles de l'électrolyse à la production des composés chimiques, et divise son étude en deux parties. La première comprend ce qui se rapporte à la chimie minérale et se subdivise en trois chapitres : 1° Électrolyse de l'eau, où, après avoir rappelé les recherches de MM. Berthelot, Duter, D. Tommasi sur ce sujet. M. Minet décrit divers procédés de production industrielle de l'hydrogène, ainsi que quelques types de voltamètres étalons; 2° Électrolyse des acides et des bases; 3° Électrolyse des sels, où

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

une large part est réservée à l'électrolyse du chlorure de sodium et à la fabrication de la céruse.

La deuxième partie renferme les applications se rattachant à la chimie organique : Synthèse de l'alcool, purification et vieillissement artificiel des alcools, préparation des matières colorantes, tannage électrique, purification des jus sucrés, telles sont les principales questions qui y sont traitées.

Les constantes physico-chimiques, par M. SIDERSKY.

Ce livre est à la fois un manuel pratique de physique chimique et un répertoire des principales constantes physiques des matières et substances employées dans l'industrie. Il est divisé en six parties distinctes, traitant successivement de la *Densité*, du *Changement d'état physique*, de la *Viscosité*, de la *Réfraction*, de la *Calorimétrie industrielle* et de la *Photométrie*. Il donne la description des méthodes les plus modernes et les plus expéditives pour la détermination de ces constantes, et il résume dans 37 tableaux les données numériques pour les substances pures. Il renferme, en outre, des indications sur la détermination des poids moléculaires des composés organiques.

Annuaire du Bureau des longitudes pour 1898. (Paris, Gauthier-Villars.)

Ce petit volume contient, comme toujours, une foule de renseignements scientifiques qu'on ne trouve que là, et, en outre, les notices suivantes : *Sur la Stabilité du système solaire*, par M. H. POINCARÉ; *Notice sur l'œuvre scientifique de M. H. Fizeau*, par M. A. CORNU; *Sur quelques Progrès accomplis avec l'aide de la Photographie dans l'étude de la surface lunaire*, par MM. M. LŒWY et P. PUISEUX; *Sur les travaux exécutés en* 1897 *à l'observatoire du mont Blanc*, par M. J. JANSSEN; *Discours prononcés au cinquantenaire académique de M. Faye, le* 25 *janvier* 1897, par MM. J. JANSSEN et M. LŒWY. In-18 de VI-806 pages, avec 2 cartes magnétiques.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LIVRES ET OUVRAGES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE

EN DÉCEMBRE 1897

Mineral Industry. Vol. V, par M. R. P. Rothwell, 1 vol. in-8, 865 p. New-York. *Scientific Publishing C°*. Principaux mémoires: Fabrication du ciment en Angleterre, par MM. Stanger et Blount. Progrès de l'Électro-chimie et de l'Électro-métallurgie en 1896, par M. W. Borchers. Lavage des charbons en Angleterre et en Allemagne, par M. R. Cremer. Les houillères de France et de Belgique, par MM. P. Schneider et G. Le Bel. Les fours à coke et leurs sous-produits modernes, par M. C. Lunge. État actuel du procédé de chloruration en tambours tournants. par M. J.-H. Rotwell. Grillage et chloruration des minerais d'argent calcaires et arsénieux, par O. Hofmann. Hydrométallurgie des métaux précieux, par M. H. Wurtz. Fabrication du fer basique dans l'Alabama, par M. W.-B. Philips. Perfectionnements récents de la métallurgie du plomb, par M. O. Hofmann. Les terres rares, par M. L.-M. Dennis. Le sel en Autriche, par M. Helmacker. Métallurgie de l'Étain, par M. H. Louis. Raffinage du zinc, par M. Bruno Kerl. Traitement des minerais plomb-zinc sulfurés, par M. Bartlett. Diffusion des métaux, par M. Roberts-Austen. Analyse micrographique des métaux, par M. Arnold. Progrès de la préparation mécanique en 1896, par M. R.-H. Richards.

Institution of Civil Engineers. London *Proceedings*, vol. CXXX. Ascenseurs et grues électriques, par M. H.-W. Ravenshaw. Le tunnel de Blackwall, par M. Hay et Fitzmaurice. Bactériologie, par M. G.-S. Woodhead. Bateaux de sauvetage à propulseurs hydrauliques, par M. Barnaby. Essais des dynamos alternatives, par M. Parshall. Le port de Greenock, par M. W. R. Kinipple.

American Society of Mechanical Engineers (transactions), vol. XVIII (1897). Rapport du Comité d'essai des constructions incombustibles. Taille des engrenages à la fraise, par MM. Jones et Goddard. Lavage des charbons bitumineux par le procédé Luhrig, par M. J. V. Schaeffer. Galets de friction en papier, par M. Goss. Anciennes chaudières de Pompéi, par M. Bonner. Calibration d'un compteur Worthington, par M. Laird. Pont roulant de 60 mètres, par M. Seaver. L'avenir des machines à vapeur à haute pression, par M. Thurston. Pertes par le frottement dans les manufactures, par M. Benjamin. Peintures inoxydables pour le fer et l'acier, par M. Wood. Les régulateurs de machines à vapeur, par M. Ball. Le moment de résistance, par M. Kerr. Rendement des surfaces de chauffe des chaudières, par M. Hale; des grilles, par M. Christie. Contraction et déformation des pièces de fonte, par M. Shuman. Tubes en aluminium sans soudure, par M. Waldo. Origines du procédé Bessemer, par M. Bessemer. Le système métrique et le système duodécimal, par W. Colles. Le meilleur mode de fonctionnement des machines compound, par M. K. Mamfield. Les adiabatiques, par M. D. Wolsom Wood. Effets des efforts alternativement positifs et négatifs sur le fer et l'acier, par M. Gray. Limite d'élasticité du fer et de l'acier, par M. Gray. Proportions usuelles des machines à vapeur, par M. Barr. Diagrammes de résistance des dents d'engrenages, par M. Jones. Essais de trois machines Sulzer, par M. Hill. Extansiomètres de poche et à miroirs, par M. Henning. Emploi de l'électricité dans les ateliers, par M. Benjamin. Analyse des gaz dans les essais de chaudières, par M. Hale. Lois de la condensation dans les cylindres et les machines à vapeur, par M. Rice. Expériences sur les armatures des chaudières, par M. J. Cole. L'*Indicateur continu.* par M. Gray. (1 vol. in-8, 1120 p., publié par la Société. New-York.)

Du Ministère du Commerce. **Description des Machines et Procédés brevetés**, 1 vol. 1889. Filature, Tissage, Passementerie, Tricots, Travaux de construction, Carrosserie, Arquebuserie et Artillerie.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La Céramique du Bâtiment, par M. L. LEFEVRE, 1 vol. in-8, 490 p. 250 fig. Paris, Masson.

Formulaire Physico-Chimique, par M. D. TOMMASI, 1 vol. in-18, 495 p. Paris, J. Fritsh.

De l'Encyclopédie Leauté. **L'Électro-Chimie**, par M. A. MINET. Paris, Gauthier-Villars.

De la petite Encyclopédie pratique de Chimie industrielle. **Histoire de l'Industrie chimique. Le Sel**, 2 vol. in-18, 160 p. Paris, Bernard.

De la Smithsonian Institution. **Bureau of American Ethnology;** 16e *Rapport annuel*, 1894-95, 1 vol. in-4, 325 p. Washington. Government Printing Office.

Deuxième congrès de Chimie appliquée. *Comptes Rendus*, 4 vol. in-8, au siège de l'Association, 156, boulevard Magenta.

Les Lacs Français, par M. A. DELEBECQUE, 1 vol. in-4, 428 p. 153 fig. Paris, Imprimerie Chamerot.

La pratique du Teinturier, par M. J. GARÇON, 3 vol. in-18. Paris, Gauthier-Villars.

Guide pratique du Chimiste métallurgiste et essayeur, par M. L. CAMPREDON, 1 vol. in-8, 890 p. Paris, Baudry.

Métallurgie. Zinc, Cadmium, Mercure, Étain, Antimoine, Arsenic, Nickel, Cobalt, Aluminium, par M. SCHNABEL, traduction du Dr Gautier, tome II, 1 vol. in-8, 654 p. Paris, Baudry.

Ciments et Chaux hydrauliques. Fabrication, Procédés, Emploi, par M. L. CANDLOT, 2e édit. 1 vol. in-8, 460 p. Paris, Baudry.

Emploi du bouclier dans la construction des souterrains, par M. R. LEGOUEZ, 1 vol. in-8, 430 p. Paris, Baudry.

Vocabulaire technique français, anglais, allemand, par M. SVILOKOSSITCH, 1 vol. in-18, 128 p. Paris, Bernard,

Cours de Mécanique appliquée aux machines, par M. J. BOULVIN, professeur à l'école du Génie civil de Gand, 6e fascicule. *Locomotives et machines marines*, 1 vol. in-8, 340 p. Paris, Bernard.

De la Bibliothèque du conducteur de travaux publics. **Plantations**, par M. G. LEFEBVRE. **Maçonneries**, par M. E. SIMONET, 2 vol. in-18. Paris, Vicq-Dunod.

Du ministère du Commerce d'Italie. **Annali di Statistica industriale, Province de Messine**, 1 vol. in-8, 112 p. Rome, Typographie nationale.

Du ministère de l'Instruction publique. **Inventaire général des richesses d'art de la France**, 3e partie, 1 vol. in-4, 520 p. Paris, Plon.

Annuaire de l'Observatoire municipal de Montsouris pour 1898. Paris, Gauthier-Villars.

L'assainissement comparé de Paris et des grandes villes de l'Europe, par MM. BADOIS et BIEBER, 1 vol. in-8°, 233 p. Paris, Baudry.

Mémoires de la Société d'agriculture du département de la Marne, année 1896, 1 vol. in-8°, 560 p. Imprimerie Thouille, Châlons-sur-Marne.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LITTÉRATURE

DES

PÉRIODIQUES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE DE LA SOCIÉTÉ

Du 15 Novembre au 15 Décembre 1897

DÉSIGNATIONS ABRÉGÉES DES PUBLICATIONS CITÉES

Ag. . . . Journal de l'Agriculture.
Ac. . . . Annales de la Construction.
Acp. . . . Annales de Chimie et de Physique.
AM. . . . Annales des Mines.
Ap. . . . Journal d'Agriculture pratique.
APC. . . . Annales des Ponts et Chaussées.
At. . . . Annales télégraphiques.
Bam. . . . Bulletin technologique des anciens élèves des écoles des arts et métiers.
BMA. . . Bull. du ministère de l'Agriculture.
Ci. . . . Chronique industrielle.
Co. . . . Cosmos.
CN. . . . Chimical News (London).
Cs. . . . Journal of the Society of Chemical Industry (London).
CR. . . . Comptes rendus de l'Académie des Sciences.
DoL. . . . Bulletin of the Department of Labor des États-Unis.
Dp. . . . Dingler's Polytechnisches Journal.
E. . . . Engineering.
E'. . . . The Engineer.
Eam. . . . Engineering and Mining Journal.
EE. . . . Eclairage Électrique.
Elé. . . . L'Électricien.
Ef. . . . Économiste français.
EM. . . . Engineering Magazine.
Es. . . . Engineers and Shipbuilders in Scotland (Proceedings).
Fi . . . Journal of the Franklin Institute (Philadelphie).
Gc. . . . Génie civil.
Gm. . . . Revue du Génie militaire.
IC. . . . Ingénieurs civils de France (Bull.).
ie. . . . Industrie électrique.
Im . . . Industrie minérale de St-Étienne.
IME. . . . Institution of Mechanical Engineers (Proceedings).
IoB. . . . Institution of Brewing (Journal).
Lo . . . La Locomotion automobile.
Ln. . . . La Nature.
Ms. . . . Moniteur scientifique.
N. . . . Nature (anglais).
Pc. . . . Journal de Pharmacie et de Chimie.
Pm. . . . *Portefeuille* économ. des *machines*.
Rgc. . . . Revue générale des chemins de fer.
Rgds. . . . Revue générale des Sciences.
Ri . . . Revue industrielle.
RM. . . . Revue de mécanique.
Rmc. . . . Revue maritime et coloniale.
Rs. . . . Revue Scientifique.
Rso. . . . Réforme Sociale.
RSL. . . . Royal Society London (Proceedings).
Rt. . . . Revue technique.
Ru. . . . Revue universelle des mines et de la métallurgie.
SA. . . . Society of Arts (Journal of the).
ScP. . . . Société chimique de Paris (Bull.).
Sfp. . . . Société française de photographie (Bulletin).
Sie. . . . Société internationale des Électriciens (Bulletin).
SiM. . . . Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse.
SiN. . . . Société industrielle du Nord de la France (Bulletin).
SL. . . . Bull. de statistique et de législation.
SNA. . . . Société nationale d'agriculture de France (Bulletin).
SuE. . . . Stahl und Eisen.
USR. . . . Consular Reports to the United States Government.
VDI. . . . Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure.
ZOI. . . . Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieure und Architekten-Vereins.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

AGRICULTURE

Agriculture (L') devant le Parlement. *Ef.* 4 *Dec.*, 727.

Avoine (Composition de l') (Rawton). *CR. Nov.*, 797.

Bétail (Sucre et mélasse comme aliments du). *Ag.* 11 *Déc.*, 931.

Betteraves (Espacement des). *Ap.* 2 *Déc.*, 816.

Beurres de Normandie. *Ag.* 29 *Mai*, 843.

— Français, commerce des margarine et acide borique. *Co* 4 *Déc.*, 711.

Châtaignes (Maladies des) (Roze). *CR.* 6 *Déc.*, 982.

Chiens de berger (Les). *Ag.* 4 *Déc.*, 902.

Cuscute et sa destruction. *Ap.* 2 *Déc.*, 815.

Engrais. Nitrate du Chili. *Ag.* 20 *Nov.*, 849.

— Nitrification dans les sols (Schlœsing). *CR.* 22 *Nov.*, 824.

— Absorption des matières organiques par les racines (Laurent). *CR.* 29 *Nov.*, 887.

— Dénitrification (expériences de Sommerville). *Cr.* 30 *Nov.*, 926.

— Eucalyptus acclimatés (Les). *Ag.* 11 *Déc.*, 940.

Endives de Bruxelles. *Ag.* 15 *Nov.*, 854.

Fruits (Dessiccation des). *Ag.* 15 *Nov.*, 846.

Lait. Production en Sibérie. *Ap.* 25 *Nov.*, 776.

— Congélation (Winter). *ScP.* 5 *Déc.*, 999.

Machines agricoles. Moissonneuse Schwenke. *E.* 19 *Nov.*, 637.

— Batteuse Clayton et Shuttheworth. *E'* 10 *Déc.*, 579.

— Pressoirs concours de Nantes. *Ap.* 25 *Nov.*, 782.

— Presses à foins Leeming *E'*. 10 *Déc.*, 580.

Poule de Faveroles. *Ag.* 20 *Nov.*, 823.

Sarrasin (Composition du) (Balland). *CR.* 15 *Nov.*, 797.

Vignes (Fumure des). *Ap.* 18 *Nov.*, 739; 9 *Déc.*, 354.

— Vignoble soutenu par des terres labourables. *Ap.* 2 *Déc.*, 827.

— Black-Root dans le Sud-Est de la France. *Ag.* 20 *Nov.*, 823.

CHEMINS DE FER

Chemins de fer transsibériens. *Ef.* 20 *Nov.*, 657; de Mandchourie. *Ef.* 11 *Déc.*, 761

— État français en 1896. *Rgc. Nov.*, 293.

— En France et la garantie d'intérêt. *Ef.* 27 *Nov.*, 689; 4-11 *Déc.*, 721-757.

— de l'Afrique allemande. *Bulletin de la Société d'Encouragement de Berlin, Nov.*, 309.

— Accidents en Allemagne. *Ri.* 27 *Nov.*, 497.

— *Électriques* des mines de Risieza. *Pm. Nov.*, 162.

— Métropolitain souterrain de Boston. *ZOI.* 19 *Nov.*, 630.

— Monorail Behr. *Elé.* 11 *Déc.*, 375.

Dynagraphe Price *RM., Nov.*, 1112.

Gare terminus de la Compagnie d'Orléans. Gc. 11 *Déc.*, 89.

Locomotives articulées Weidknecht. *Ri.* 11 *Déc.*, 515.

— à l'Exposition de Bruxelles. *E.* 19-26 *Nov.*, 617-650, 10 *Déc.*, 705.

— *Américaines*. Récents perfectionnements. *Rgc. Nov.*, 282 et anglaises. *E'.* 10 *Déc.*, 576. du Central mexicain, de l'Achison Topeka. *RM. Nov.*, 1110-1111.

— *Compound*. 4 cylindres Webb. *E.* 3 *Déc.*, 693.

— Entretoisement des foyers. *E.* 19 *Nov.*, 627.

— Boîte médiane pour essieux coudés (Le Touré). *Rgc. Nov.*, 263.

— *Essais de locomotives anglaises. E'.* 19 *Nov.*, 491.

— Foyers des *E'*. 26 *Nov.*, 522; à pétrole Holden. *RM. Nov.*, 1109. Rapports de chauffe. *IC. Oct.*, 501.

— *Stabilités* (Des) J. Nadal. *APC.*, n° 31.

— *à voie étroite* des chemins du Japon *E'*. 20 *Nov.*, 525.

— *Électriques* Heilmann *Ri.* 4 *Déc.*, 506. *Ln.* 11 *Déc.*, 19; *Ie.* 25 *Nov.*, 513; 10 *Déc.*, 489.

Trains (Vitesse des) *E'*. 19 *Nov.*, 501; 3 *Déc.*, 551-554; grands parcours anglais. *Rgc. Nov.*, 310.

Matériel roulant. Attelage Harris. *E.* 20 *Nov.*, 669.

Voitures Pulmann. *E.* 20 *Nov.*, 669; à intercommunication de l'Est. *Rgc. Nov.*, 302.

— Store à baguettes d'arrêt. *Rgc. Nov.*, 282; boîtes à graisse. Hulestrom. *RM. Nov.*, 1113.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Wagons à bascule. Barry. *RM. Nov.*, 1113.

Voie (La). Américaine *E'.* 19 *Nov.*, 508 ; anglaise. *Gc.* 27 *Nov.*, 4 *Déc.*, 65, 79. *E'.* 26 *Nov.*, 527.

— Gardes en sable pour rampes. *E.* 10 *Déc.*, 709.

— Rails d'acier, essais par corrosion *Pm. Nov.*, 170. Examen microscopique des détériorations (Andrews). *L.* 4 *Déc.*, 676.

— Barrière Jorns. *E.* 26 *Nov.*, 669.

Signaux Électromagnétiques Wilfrid Boult. *Dp.* 19 *Nov.*, 184.

— Électropneumatiques Westinghouse. Chemins bavarois *E.* 20 *Nov.*, 664.

TRANSPORTS DIVERS

Automobiles (Classification des) *Ie.* 10 *Déc.*, 516.

— Concours de la Self Propelled Traffic Association *E'.* 19 *Nov.*, 507.

— Concours des poids lourds. *Gc.*, 20-27 *Nov.*, 33-53.

— Guidage Davis. *E'.* 26 *Nov.*, 519. Thornycroft. *RM. Nov.*, 1103 Bird. *La.* 2 *Déc.*, 566.

— *Électriques.* Fiacres. *Elé.* 20 *Nov.*, 328.

— *à vapeur.* Train Scott. *E.* 26 *Nov.*, 646; Thornycroft. *RM. Nov.*, 1114.

— *à pétrole.* Crozet. *RM. Nov.*, 1113.

— — Puissance des moteurs. *La.* 2 *Déc.*, 562.

Traction mécanique. La. (Barbet). *RM. Nov.*, 1032.

Tramways (Vitesse des). *Ie. Oct.*, 506.

— *Électriques.* Divers (Pellissier). *EE.* 20 *Nov.*, 349. Emploi des courants triphasés à 4000V. *Ie.* 25 *Nov.*, 496; 11 *Déc.*, 520.

— — Lachmann. *Elé.* 20 *Nov.*, 331. (Vitesse des). *EE.* 26 *Nov.*, 428.

à accumulateurs (Les). *EE.* 26 *Nov.*, 429. *E.* 19 *Nov.*, 625. Madeleine - Courbevoie. *Ri.* 27 *Nov.*, 494.

Vélocipèdes Américains (Les). Waldo. *E.* 3 *Déc.*, 679; *SA.* 3 *Déc.*, 45.

— Freins-Philips. *E.* 26 *Nov.*, 666. Williams. *RM. Nov.*, 1115. Morrow. *id.*, 1116.

— Changement de vitesse Politt. *RM. Nov.*, 1115.

— Roulement Mac Alpin. *RM. Nov.*, 1114.

— (Rendement des). *RM. Nov.*, 11 15.

— (Support de). *RM. Nov.*, 1115.

CHIMIE ET PHYSIQUE

Acides *sulfurique.* Réaction de l'hydrogène sur (l'). Berthelot. *CR.* 15 *Nov.*, 743. Réaction sur le mercure à la température ordinaire. *Id.*, 749. Tour de Glover. *Cs.*, 30 *Nov.*, 914. Combiné dosage (Marboutin). *ScP.* 30 *Nov.*, 950-953. Concentrateur Dyson. *Cs.* 30 *Nov.*, 913.

— *Gras volatils.* Production par les eaux de désuintage des laines (Buiseux). *CR.* 15 *Nov.*

— *Silicique.* Actions des alcalis caustiques et des carbonates alcalins (Lunge et Milberg). *Ms. Déc.*, 867.

— *Camphorique* (Constitution de l') (Bouveault). *ScP.* 5 *Déc.*, 990.

Alcaloïdes. Divers. *Cs.* 30 *Nov.*, 930.

Aldéhide formique dissous, action de l'oxygène (Delépine). *ScP.* 20 *Nov.*, 938.

— Aldéhidate d'ammoniaque (Delépine). *CR.* 6 *Déc.*, 951.

Amidon (Diastase de l'). (Ling et Baker). *Ms. Déc.*, 909.

— Pouvoir rotatoire et réducteur des produits de saccharification de l'amidon par la diastase. *Ms. Déc.*, 912.

Analyse spectrale. Oxygène, soufre, sélénium. (Runge et Paschen). *CN.* 26 *Nov.*, 255.

Brasserie. Divers. *Cs.* 30 *Nov.*, 928.

— (Progrès de la). *Dp.* 12-19 *Nov.*, 189, 161.

— Divers. *Ms. Déc.*, 904-913.

— Fermentation alcoolique sans levure (Buckner). *Ms. Déc.*, 904.

Carburendum. Fabrication et propriétés (Kohn). *Cs.* 30 *Nov.*, 863.

Carbures. Préparation par l'action du carbure de calcium sur les oxydes (Moissan). *CR.* 29 *Nov.*, 839.

Chaux et ciments. Divers. *Cs.* 30 *Nov.*, 916.

— Fabrique de Wolsk. *VDI.* 27 *Nov.*, 1349.

— Fraudes du ciment de Portland. *Cs.* 30 *Nov.*, 853.

— Constitution des ciments hydrauliques (Newbury). *Cs.* 30 *Nov.*, 886.

— Ciment de laitiers. *Cs.* 30 *Nov.*, 915.

Cerium (Unité élémentaire du) (Wyrouboff et Verneuil). *CR.* 6 *Déc.*, 950.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Congélation de divers mélanges. (Abaissement maximum du point de) (Palermo et Ampola). *ScP.* 20 *Nov.*, 1186.

Cryohydrates (les) (Bruni), *ScP.* 20 *Nov.*, 1188.

Diphénylanthrone (homologues de la) (Guyot). *ScP.* 5 *Déc.*, 966.

Dissociation du chlore aux températures élevées (Leduc). *CR.* 6 *Déc.*, 937.

Explosifs. Divers. *Cs.* 30 *Nov.*, 933.

Effluves thermiques (Enregistrement photographique des) (Gurbhard). *CR.* 22 *Nov.*, 814.

Éléments et corps simples. (Ditte). *Rs.* 11 *Déc.*, 737.

Essences et parfums. Récentes études (Gerber). *Ms. Déc.*, 880.

Farines (falsification des). Recherche par les rayons X. *Ln.* 11 *Déc.*, 19.

Fermentation du sucre et de l'amidon dans l'orge du malt (Gruss). *Ms. Déc.*, 907.

— (Produits volatils accessoires de la) (Chapmaron). *Ms. Déc.*, 910.

— Ferment de la cellulose (Omeliansky). *CR.* 6 *Déc.*, 970.

Gaz. Coefficient de dilatation aux pressions moyennes. Leduc. *CR.* 15 *Nov.*, 768.

— A l'eau Delwick. *Cs.* 30 *Nov.*, 900.

Gaz d'éclairage. Becs incandescents. *Dp.* 12 *Nov.*, 145. *Cs.* 30 *Nov.*, 900.

— *Acétylène* (Odeur de l'). *Ci.* 4 *Dec.*, 553.

— — Divers. *Cs.* 30 *Nov.*, 903.

— — Le carbure de calcium. *USR. Nov.*, 331.

— — Fabrication à Vernier. *Ri.* 27 *Nov.*, 497.

— — Gazogènes Sloane, Bon, Deroy. *Ln.* 20 *Nov.* 387. Cousin, Maréchal Patin. *Id.* 26 *Nov.*, 412.

Hydracides. Décomposition par les métaux et spécialement par le mercure. Influence de l'oxygène (Berthelot). *CR.* 15 *Nov.*, 746.

Hydrogène. naissant (Tommasi) l'*Électrométallurgie. Nov.*, 161. *ScP.* 5 *Déc.*, 961.

Iode. Combinaison avec les hydrates métalliques (Rettie). *ScP.* 20 *Nov.*, 1196.

Laboratoire. Divers. *Cs.* 30 *Nov.* 934-936.

— Bain de mercure à couche épaisse. Principe mécanique du (Hamy). *CR.* 15 *Nov.*, 760.

— Analyse des silicates (Leclere). *CR.* 29 *Nov.*, 893.

Magnésium (sels basiques de) (Tassilly). *ScP.* 4 *Déc.*, 964.

Nickel. Poids atomique (Richards et Cushman). *CN.* 11 *Déc.*, 284.

Optique. Réfractions moléculaires des sels et acides (Gladstone et Hubert). *ScP.* 20 *Nov.*, 1188.

— Franges des miroirs argentés, application à la mesure des petites épaisseurs d'air (Faby et Perot). *Acp. Déc.*, 459.

— Pouvoir rotatoire des liquides, influence de la température (Guye et Aston). *CR.* 22 *Nov.*, 819, des corps polymérisés comparés avec leurs monomètres (Berthelot). *CR.*, 22 *Nov.*, 822.

Rayons X. EE. 19 *Nov.*, 372.

— *CR.* 22 *Nov.*, 831.

Osmose. Diagramme de Van Hoff. *N.* 18 *Nov.*, 72.

Oxygène à basse pression (Threlfall et Martin). *CN.* 10 *Déc.*, 283.

Papier de bois. Fabrication de la pulpe. *Ln.* 27 *Nov.*, 407.

Pétrole à Bakou. *IC. Oct.*, 510. *Ru. Nov.*, 235,

— Action de l'acide sulfurique, de la chaleur et de la pression (Zoloziecki). *Cs.* 30 *Nov.*, 904.

— Brûleur Altmann. *E.* 19 *Nov.*, 637.

— 30 ans de progrès dans l'industrie des huiles de Shistes (Beilby). *Cs.* 30 *Nov.*, 876.

— Fourneaux Lamotte. *Ri.* 20 *Nov.*, 486.

Plombates alcalins (Kassner). *Cs.* 20 *Nov.*, 913.

Phosphoglycérate de chaux (Aduan et Trillat). *Pc.* 1 *Déc.*, 481.

Poids atomique du nickel. *CN.* 10 *Déc.*, 285.

Saponification des hydrates de carbone (Thermochimie de la) (Brown et Pickering. *ScP.* 20 *Nov.*, 1191.

Résines et vernis. Divers. *Cs.* 30 *Nov.*, 923, 924, 940. Action des siccatifs sur l'huile de lin. *Id.* 922.

Surfusion. Infuence sur le point de congélation des dissolutions de chlorure de potassium et de sucre (Raoult). *CR.* 15 *Nov.*, 751.

Sulfate cuivreux (Joannis). *CR.* 6 *Déc.*, 948.

Sucrerie. Divers. *Cs.* 30 *Nov.*, 927.

— Progrès en 1897. *Dp.* 3 *Déc.*, 236.

— Sucres des fruits tropicaux (Détermination des). *Cs.* 30 *Nov.*, 939.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Tannerie. Divers. *Cs.* 30 *Nov.*, 925.
— Fermentation des liqueurs de tannerie (*Id.*), 925.
Teinturerie. Divers. *Cs.* 30 *Nov.*, 906-908.
— Chromosulfochromates alcalins (Recoura). *ScP.* 20 *Nov.*, 934.
— Dérivés nitrés de l'alizarine et leur application à l'impression (Brandt). *SiM. Sept.*, 382.
— Mordant au chrome pour les cuirs (Amend). *Cs.* 30 *Nov.*, 895.
— Pour la laine (Last). *Id.*, 909.
— Mordants métalliques. *Id.*, 911.
— Indoïnes (les) (d'Andiran). *Cs.* 30 *Nov.*, 905.
— Brun Bismarck. *Id.*, 906.
— Irichomatine Henry. *Ri.* 11 *Déc.* 517.

COMMERCE ET ÉCONOMIE POLITIQUE

Artisans (Les) et la petite industrie en Allemagne. *Ef.* 11 *Déc.*, 760.
Associations coopératives et la patente. Ef. 27 *Nov.*, 691.
Brevets d'invention (publication des). *Ef.* 27 *Nov.*, 700.
Chili (Le). *Ef.* 4 *Déc.*, 729.
Chine. Finances, chemins de fer. *USR. Nov.*, 394-436.
Colonies (Arts, industries et commerce des) (Burne). *SA.* 19 *Nov.*, 6.
— Méthode (la) dans les études coloniales (Chailley-Bert). *Rgds.* 30 *Nov.*, 912.
Criminalité (La). *Rso.* 1 *Déc.*, 850.
Éducation des enfants (Travail manuel dans l'). *Rso.* 1 *Déc.*, 830.
Effets de commerce (Mouvement des). *SL. Nov.*, 480.
États-Unis (Immigration européenne aux). *Rs.* 11 *Déc.*, 763.
Fédération des travailleurs du livre (La). *Musée social.* (B. nos 15.)
Grève des mécaniciens anglais. E. 19-26 *Nov.*, 624, 628, 657, 10 *Déc.*, 707-713. *E'.* 26 *Nov.*, 527. 3-10 *Déc.*, 685, 575.
Législation internationale au congrès de Bruxelles. *Ef.* 4 *Déc.*, 725.
Inspection du travail en France. Rso. 16 *Nov.*, 719.
Mines d'anthracite aux États-Unis (*Ouvriers des*). *DoL. Nov.*, 728.
Italiens à Chicago. DoL. Nov., 689.
Machines (Œuvre de la) dans la civilisation moderne. *Rso.* 16 *Nov.*, 778.
Monnaie de Paris (Mouvement de la). *SL. Nov.*, 519.
Postes aux États-Unis. *SL. Nov.*, 579.
— Insuffisance du service en France. *Ef.* 20 *Nov.*, 657.
Sibérie. Émigration et peuplement. *Ef.* 27 *Nov.*, 693.
Sidérurgie (Importance de la suprématie en). (Jeans). *EM. Déc.*, 393.
Sucrerie. Coopération dans la sucrerie allemande. *USR., Nov.*, 341.
Travail des ouvriers américains et étrangers (Maxim). *EM. Déc.*, 365.
Tutelle administrative en France. Origine et déviations. *Rso.* 1 *Déc.*, 797.

CONSTRUCTIONS ET TRAVAUX PUBLICS

Chine. Ouverture des rivières en *USR. Nov.*, 380.
Constructions *urbaines.* Règlements Allemands. *USR. Nov.*, 350.
— *en ciment armé* (Calcul des). *Le ciment.* 25 *Nov.*, 353, 355 *Rt.* 10 *Déc.*, 535.
Démolition du viaduc du Manoir. Ri. 4 *Déc.*, 501.
Incendies. Protection en Europe. *E.* 26 *Nov.*, 641.
— de la Cité de Londres. *E.* 26 *Nov.*, 656.
Ponts (Barêmes pour le calcul des) (Dupuy et Cuenot). *APC.* N° 30.
— en arc de Mungsten. *VDI.* 4 *Déc.*, 1372. Sur l'Elbe à Hambourg. *Id.*, 1385. en béton sur le Danube. *APC*, N° 37. en maçonnerie à voûtes articulées. *APC.* N° 36.
— levis du Murray. *E'.* 19 *Nov.*, 497; à bascule de Chicago. *E'.* 26 *Nov.*, 517; de Millwaukee. *VDI.* 27 *Nov.*, 1360.
— canaux métalliques. *Ac. Nov.*, 162,
— Viaducs divers. *VDI.* 20 *Nov.*, 1321.
Russie. Industrie et salaires agricoles. *UsR. Nov.*, 366.
Terrassement, prix de transport des déblais (Canaud). Bam. *Nov.*, 1342.
Tour Eiffel (Stabilité de la). (Bassot). *CR.* 6 *Déc.*, 903.
Vent. Vitesses et pressions. *E'.* 19 *Nov.*, 497.
Voûtes (Théorie des). *Gm. Nov.*, 448.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ÉLECTRICITÉ

Aimantation (Modifications mécaniques, physiques et chimiques, apportées par l'). (Hurmuzescu). *EE.* 20 *Nov.*, 357.

Annonciateur Siemens. *EE.* 26 *Nov.*, 412.

Câbles (Machine Johnson et Philips à fabriquer les). *Elé.* 4 *Déc.*, 353.

Canalisations aériennes (Établissement des). *Elé.* 20 *Nov.*, 326.

Décharges dans les gaz raréfiés. Lamotte. *EE.* 20 *Nov.*, 337; 4 *Déc.*, 444.

Distributions Heldt. *EE.* 10 *Déc.*, 487.

— à courants diphasés de l'École de Mons. *EE.* 10 *Déc.*, 489.

Dynamos (Théorie) (Insuffisance de la). Tauleigne). *Co.* 20 *Nov.*, 645.

— Nouvelle méthode d'étude (Arnold). *Elé.* 20-26 *Nov.*, 333, 346; 4 *Déc.*, 361.

— Induits armés (Fleischmann). *EE.* 20 *Nov.*, 363.

— Isolement au papier des tôles. (Siemens). *EE.* 11 *Déc.*, 507.

— (Compoundage) des (Fleischmann). *EE. Nov.*, 364.

— (Armatures à trous, champ magnétique des) (Baily) *EE.* 26 *Nov* , 415.

— De Laval. *E.* 3 *Déc.*, 697.

— *Moteurs asynchrones.* Steinmetz. *EE.* 11 *Déc.*, 510.

— — à courants alternatifs (Démarrage des) (Arno). *EE.* 26 *Nov.*, 390.

Éclairage dans Paris. *EE.* 26 *Nov.*, 430, 4 *Déc.*, 477. *Ri.* 11 *Déc.*, 517.

— *Arc.* alternatif. Facteurs du rendement. *EE.* 20 *Nov.*, 365.

— — Lampes F. Henrion. *Ie.* 25 *Nov.* 500 Marks. *Elé.* 27 *Nov.*, 337.

Électro-chimie. Progrès en Russie. *L'Electro-chimie. Nov.*, 163, depuis 25 ans. *Elé.* 4 *Déc.*, 359.

— L'Électrolyse. *L'électrochimie. Nov.* 166.

— *Four électrique* (le) (G. Richard). *EE.* 11 *Dec.*, 481.

— Réactions des ions (Kuster). *Cs.* 30 *Nov.*, 920.

— Décomposition électrolytique des dissolutions (Nernst). *Cs.* 30 *Nov.*, 921.

Endosmose électrique (de Villemontée). *EE.* 26 *Nov.*, 390, 10 *Déc.*, 497.

Indicateur à distance à champ tournant (Arld). *EE.* 4 *Déc.*, 460.

Interrupteur disjoncteur Volta. *Ri.* 11 *Déc.*, 518.

— rapide pour courants intenses (Webster). *EE.* 4 *Déc.*, 472.

Irreversibilité des phénomènes chimiques (Colson) *CR.* 6 *Déc.*, 945.

Mesures des courants alternatifs (Rowland *American journal of science. Déc.*, 429.

— Voltmètre Ayrton et Mather. *EE.* 4 *Déc.*, 459.

— Enregistreurs Siemens et Halske. *EE.* 4 *Déc.*, 459.

Pile thermique à charbons Picard. *EE.* 26 *Nov.*, 415.

— à électrode de charbon. Théorie (Tommasi). *SaP.* 5 *Déc.*, 963.

Réducteur de potentiel Ducretet. *Elé.* 4 *Déc.*, 361.

Résistance électrique des dissolutions salines en mouvement. EE. 11 *Déc.*, 522.

Télégraphie (La). (Hess). *EE.* 37 *Nov.*, 385, 4 *Déc.*, 455.

— Bureaux secondaires desservis par un même conducteur à rappel. Marchand. *Elé.* 27 *Nov.*, 340.

— Télégraphe chimique Delany. *EE.* 4 *Déc.*, 455.

— Synchronographe Crehore et Squier. *EE.* 4 *Déc.*, 456.

— *Sans fil.* Conductibilité des substances discontinues (Brantz). *CR.* 6 *Déc.*, 939.

— — la (Slaby). *Société d'Encouragement de Berlin. Nov.*, 150.

Transformateur Wydts et Rochefort. *EE.* 20 *Nov.*, 362.

— Sur charge non inductrice, détermination graphique de la chute de tension. *EE.* 4 *Déc.*, 462.

— tournants. Réactions d'induit. *Ie.* 11 *Déc.*, 518.

Transport de force Bellegarde. *Elé.* 20 *Nov.*, 321. Utilisation des forces naturelles. Dumont et Bagnère. *IC. Oct.*, 437.

— Mechanickville-Shenectady. *Ie.* 10 *Déc.*, 514.

HYDRAULIQUE

Compteur d'eau. Schiunrel-Lux. *Ri.* 4 *Déc.*, 503.

Force motrice de l'Arc. Rt. 25 *Nov.*, 506.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Jaugeages. Statistique des cours d'eau de France. (Bresse). *APC*. N° 29.
Montage en pression des vannes de conduite d'eau Sherrerd. *RM. Nov.*, 1116.
Pompes à entraînement d'air Popp. *Rt*. 11 *Déc.*, 547.
— Centrifuge Cherry. *C'*. 10 *Déc.*, 509.
— d'épuisement Chamayou Bam. *Nov.*, 1339.
— des eaux de Charlottenbourg. *VDI*. 13 *Nov.*, 1297.
— Foulantes de France et Paul. *Ap*. 9 *Déc.*, 866.
— Snow pour ascenseurs. *Ri*. 20 *Nov.*, 484.
— d'incendies Merywheather. *E*. 26 *Nov.*, 663. (Transport des). *Ln*. 11 *Déc.*, 17.
— horizontales (Mass.) *RM. Nov.*, 1044.
Réservoirs du Nil. (Suais, Cotard et Badois). *IC. Oct.*, 490.

HYGIÈNE

Chauffage à vapeur d'échappement. Soupape de contre-pression Jenkins. *Ri*. 27 *Nov.*, 406.
— (par le gaz de) en Amérique. *Ri*. 27 *Nov.*, 497.
Eaux. Stérilisation par l'ozone. *Elé*. 11 *Déc.*, 379.

MARINE, NAVIGATION

Ancre. Philips. *E*. 26 *Nov.*, 669.
Bac à vapeur de l'Itchen, 26 *Nov.*, 647.
Bateau à 2 hélices Avon. *E*. 19 *Nov.*, 631.
Constructions navales (Les) en Angleterre. (Mac Kechnie). *EM. Déc.*, 372.
— Sur la Tamise pendant le règne de Victoria. *E'*. 20 *Nov.*, 524, 10 *Déc.*, 505.
Gouvernail Brace. *Rm. Nov.*, 1124.
Marine de guerre anglaise, allemande, russe, italienne. *Rmc. Nov.*, 427.
— Contre-torpilleur *Le Condor* (Ventilation du). *Rmc. Nov.*, 277.
— Croiseur anglais *Pomone*. *E'*. 26 *Nov.*, 525.
— Canonnières à faible tirant des États-Unis *E'*. 3 *Déc.*, 541. Pour le Nil. *Gc*. 4 *Dec.*, 73.
— Blindages. Essais Creusot-Vickers. *E'*. 19 *Nov.*, 493. Cammell. *E'*. 26 *Nov.*, 529.
— Torpilleur *Thrasher* (Avarie au). *E*. 26 *Nov.*, 658.
Ports. Manutention dans les docks (Crowell). *EM. Déc.* 444.
— de Marseille. *Gc*. 20 *Nov.*, 47.
Relèvement du 4 mâts Europe. *Rt*. 10 *Déc.*, 529
Rivages. Protection contre les envahissements de la mer. (Corthell). *EM. Déc.*, 411.
Sauvetage (Canot de) Mac Gruire. *E*. 19 *Nov.*, 638.
Traction électrique sur les canaux (La). 9 *Déc.*, 577.
Volga (Le). *E*. 19 *Nov.*, 612.

MÉCANIQUE GÉNÉRALE

Aérostation. Application des moteurs légers. *La*. 2 *Déc.*, 570.
Broyeur Slurtevant. *Rm. 'Nov.*, 1126.
Embrayage Walker et Fischer. *Rm. Nov.*, 1126.
Engrenages moulés à la machine. *E*. 10 *Déc.*, 705.
Chaudières (Matériaux des). *Dp*. 3 *Déc.*, 227.
— Production et utilisation industrielle de la chaleur (Damour). *Gc*. 20 *Nov.*, 33.
— A l'exposition de Leipsick. *VDI*. 13-20 *Nov.*, 1303, 1335.
— *A tubes d'eau*. Diverses. *Dp*. 19 *Nov.*, 179. Howatson. *RM. Nov.*, 1107. Munford. *E'*. 3 *Déc.*, 556. (Circulation dans les). (Sanguin). *Rmc.*; (Brillié). *Gc*. 4-11 *Déc.*, 75, 95. Dans la marine américaine. (Mac Farland). *EM. Déc.*, 411, *Nov.*, 284.
— Instantanée Merrywheather. *RM. Nov.*, 1107.
— Mixte. Solignac. *RM. Nov.*, 1107.
— Alimentateur. Fourneaux et Harne. *R.M Nov.*, 1108. Filtrage et purification des eaux. Wright. *É*. 19 *Nov.*, 631; Bromwell. *Rm. Nov.*, 1108.
— Foyers Divers. *Dp.*, 10-11-26 *Nov.*, 148, 182, 202.
— Grille Richards, à anthracite. *Ri*. 11 *Déc.*, 513.
— Prise de vapeur. Campbell et Railton, *RM. Nov.*, 1108.
— Purgeur automatique. Klem. *Ri*. 27 *Nov.* 498.
— Signal d'alarme électrique. Brown. *Ri*. 20 *Nov.*, 483.
— Soupapes. Bosworth. *RM. Nov.*, 1106.
— *Tubes à feu* (Rupture des). de 1888 à 1896. (Watckenaer). *APc.*, 32.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Graisseur. Baines et Norris. *RM. Nov.*, 1126.
— Télescopique Bourdon. *RM. Nov.*, 1096.
Horlogerie. La montre dans le Jura. (Réverchon). *Rs.* 4 *Déc.*, 717.
Levage. Ascenseurs électriques (Les). (Moses). *EM. Déc.* 479.
— Palans à vis. *Dp.* 12 *Nov.*, 155. Winnard et Bedford. *Ri.* 20 *Nov.*, 482.
— Cabestan Cochrane et Cooper. *E.* 10 *Déc.*, 725.
— *Derrick* (de la). *Berlin. Iron. Bridge C°. RM. Nov.*, 1117.
— Transbordeurs de la *Link-Belt* C°. Graissage des roues. *RM. Nov.*, 1118.
Machines-outils. Machines à vis et boulons (Codron). *Bam. Nov.*, 1300.
— Affûteuse Walker. *RM. Nov.*, 1120.
— Centrage. Outillage américain. *Bam. Nov.*, 1328.
— Cisaille Bucklov. *RM. Nov.*, 1118.
— *Ateliers* Vickers. *E.* 19-26 *Nov.*, 607, 639; machines actionnées par l'électricité. *E.* 3 *Déc.*, 672.
— Foret troué Morse. *RM. Nov.*, 1120.
— Fraiseuse double de Niles. *E.* 10 *Déc.*, 708; Buckton. *RM. Nov.*, 1119.
— Laminoirs à bandages. *E.* 10 *Déc.*, 703.
— Emboutisseur Aspinall. *RM., Nov.*, 1119. Paul. *Id.*
— Pour fabrication du vélocipède. *VDI.* 13 *Nov.* 1298.
— Pour pignons de vélocipèdes. *Id*, 1120.
— Riveuses Caskey. Donolas-Earl. *RM. Nov.*, 1105.
— *Raboteuse* universelle Bement. Miles. *RM. Nov.*, 1121.
— à faire les billes. Hopflinger. *RM. Nov.*, 1099.
— *Scies à métaux* (Diverses). *Dp.* 3 *Déc.*, 230.
— à meuler Espinasse. *RM. Nov.*, 1103.
— tailler les engrenages. Newton. *RM. Nov.*, 11 *an*; visser en entretoises. *RM. Nov.* 1123.
— *Tarauds* à échelons. Taraudeuse Morgan. *RM.* 1123.
— *Tour* à billes. Rivett et Hunt. *RM. Nov.*, 1099. Revolver Herbert. *RM. Nov.*, 1101. Arrêt automatique. *RM. Nov.*, 1118.
— Chuck. Von Pitler. *Id.* 1122.
— Filetage Bariquand. *RM.* 11 *Nov.*, 1120.
Tubes. Gratteuse Worker. *RM. Nov.*, 1122; Mandrineuse des Missouri. Pacific Shops. *Id.*, 1122.
— Bois. Scies à débiter les douves. Auclair. *Ci.* 4 *Déc.*, 556.
Meunerie. Meules Schweirer. *Ci.* 29 *Nov.*, 891.
Moteurs à vapeur. Divers. *Dp.* 3 *Déc.*, 222.
— aux États-Unis. Thurston. *RM. Nov.*, 1025.
— (Proportions des). Barr. *E.* 19, 26 *Nov.*, 635, 666.
— Compression dans les espaces morts (Économie de la) (Dwelshauvers Dery). *Ru. Nov.*, 141.
— Belliss essais. *RM. Nov.*, 1130.
— Rotatif Almond. *RM., Nov.*, 1130.
— Diagrammes des résistances. *VDI.* 20 *Nov.*, 1340. Géométrie des (Baills). *Rmc. Nov.*, 257.
— *Distribution*. Hora et Zvonieck. *RM. Nov.*, 1106.
— *Régulateurs* (Les) (Smith). *E'.* 26 *Nov.*, 515; 3, 10 *Déc.*, 539, 563.
— — à frein électrique Rieter. *SIM. Sept.*, 359.
— — Accéléré Firth. *RM. Nov.*, 1129.
— — Électromagnétique Wilson. *EE.* 26 *Nov.*, 413.
— Stuffing box Airy. *RM. Nov.*, 1130.
— Turbine de Laval. *E.* 26 *Nov.*, 644; *EE.* 26 *Nov.*, 403.
— à disque Roux et Bouhey. *Ci.* 4 *Déc.*, 559.
— **à gaz**. (Cycle des). *E'.* 19 *Nov.*, 491. Divers. *Dp.* 12, 19, 26 *Nov.*, 150, 174, 193; 3 *Déc.*, 217.
— à l'exposition de Nigni, 1896. *VDI.* 20 *Nov.*, 1329. de Bruxelles. *E.* 3 *Déc.*, 681.
— Tangye. *E.* 19 *Nov.*, 615. Pollock. Furnival. *Id.*, 622. Dufour. *La.* 25 *Nov.*, 554.
— Expérimental Knight. *E'.* 10 *Déc.*, 383.
— *à pétrole*. Carburateur Peugeot. *La.* 25 *Nov.*, 557.
— Diesel. *RM. Nov.*, 1074.
— Détails de construction (G. Richard). *RM. Nov.*, 1060.
— *à alcool*. *Ap.* 18 *Nov.*, 745.
Presses à coton Rice. *Ri.* 4 *Déc.*, 504.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Résistance des matériaux. Charges brusques. *E'*. 26 *Nov.*, 528.
— des colonnes. *ZOI*. 3, 10 *Déc.*, 661, 677.
— Congrès de Stockholm (Bélébutsky). *IC. Oct.*, 483.
— Altérations par l'eau de mer (Lidy). *APC*. N° 34.
— (Déformation permanente des) (Faurie). *Co*. 11 *Déc.*, 753.
Ventilateurs Wilkin. *Dp*. 26 *Nov.*, 201.

MÉTALLURGIE

Aluminium. Action de l'acide nitrique. *L'Électrométallurgie*. *Nov.*, 172.
— Fabrication électrochimique au Niagara. *Gc*. 4 *Déc.*, 81.
Amérique. Progrès des mines et de la métallurgie en les 50 dernières années (Douglas). *SA*. 26 *Nov.*, 21.
Coke. Four à Ljungberg. *SA*. 11 *Déc.*, 73.
Creuset Brickford. *E*. 3 *Déc.*, 698.
Fer et acier. Thermochimie (Campbell et Thompson). *ScP*. 20 *Nov.*, 1193. Pouthire. *Cs*. 30 *Nov.*, 918.
— Procédés Girard. *Cs*. 30 *Nov.*, 918.
— — Basiques (Transformation des). *Pm. Nov.*, 170.
— *Fonderie*, contraction et déformation des moulages pendant le refroidissement. *Ri*. 20 *Nov.*, 482.
— Haut fourneau Douglas. *Gc*. 27 *Nov.*, 70.
— Machine soufflante compound de Pribram. *Gc*. 11 *Déc.*, 98. Lang. *SuE*. 13 *Nov.*, 942.
— Laminoir pour fils et barres Lurmann. *RM. Nov.*, 1129.
— Sidérurgie américaine (La). *SuE*. 13 *Nov.*, 948.
Four à creusets. Panadero. *Bam. Nov.*, 1384.
Or. Cyanuration. *Eam*. 13 *Nov.*, 580. Dixon. *CN*. 10 *Déc.*, 281. Procédé Pelatan Clerici. *Ru. Nov.*, 178.

MINES

Barrage en galerie. *E'*. 26 *Nov.*, 523.
Belgique (Charbon et fer en). *SuE*. 15 *Nov.*, 961.
Grisoumètre Shaw. *Rt*. 25 *Nov.*, 523.
Houille. Charbon à gaz de la Nouvelle-Galles du Sud (C. E. Bertrand). *CR*. 6 *Déc.*, 984.
— Mines de Hongrie. *Ru. Nov.*, 192.
— Failles inverses (Les). (*Id.*), 235.
Machines d'extraction allemandes. *VDI*. 4 *Déc.*, 1378.
Or. Dragages du Montana. *Eam*. 20 *Nov.*, 605.
Perforatrice électrique Bladray. *Eam*. 13 *Nov.*, 575.
Préparation mécanique des magnétites phosphorées à Luléa. *VDI*. 13 *Nov.*, 1307.
— Trieur, Clark et Ringquist. *RM. Nov.*, 1128.
— Appareil d'essai *Cs*. 30 *Nov.*, 916.
Sondages. Divers. *Dp*. 19 *Nov.*, 170.
Suède (Industrie minérale en) (Brough). *SA*. 10 *Déc.*, 61.
Salines de Tsr-Liu, Chine. *USR. Nov.*, 384.
Saphires et corindons du Montana (*American Journal of Science*). *Déc.*, 417, 421, 424.

PHOTOGRAPHIE

Acétone. Utilisation dans les développateurs alcalins (Lumière et Seyerwetz). *Sfp*. 15 *Nov.*, 550.
Reproduction des couleurs. Méthode indirecte historique (Wallon). *Sfp*. 15 *Nov.*, 547.
Union des Sociétés photographiques de France. Session de Reims. *Sfp*. 1 *Nov.*, 498.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LISTE DES NOUVEAUX MEMBRES

ADMIS EN 1897

A FAIRE PARTIE DE LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

MM.

ADMINISTRATEUR (L') délégué de la Société d'électro-chimie, 4, rue de Trévise.

ASSOCIATION des anciens élèves du cours de dessin industriel à Anzin (Nord).

AURIOL (Paul), ingénieur des arts et manufactures, 23, rue Godot-de-Mauroi.

BARBET, ingénieur civil, 57, rue de l'Université.

BAZIN (Philippe), filateur à Condé-sur-Noireau (Calvados).

BESSELIÈVRE (Louis), imprimeur sur tissus à Maromme, près Rouen.

BOILEAU, industriel à la Rochère par Passavant (Haute-Saône).

BRIGONNET, industriel, 86, rue Maubeuge.

CARRA (Émile), ingénieur des arts et manufactures, chimiste à la faïencerie à Montereau.

CHAMBEYRON, membre de la Chambre de Commerce, 43, rue de la Bourse, à Lyon.

CHAMPIGNEUL (Victor), ingénieur-constructeur, 74, rue de Patay.

CHEVALLIER-APPERT, fabricant de conserves alimentaires, 30, rue de la Mare.

CLAUDE (Ernesto), director tecnico de la Azucarera Asturiana à Verina (Espagne).

CORMOULS-HOULÈS (Gaston), manufacturier à Mazamet (Tarn).

MM.

CRONIER, ingénieur en chef des ponts et chaussées, 91, rue Jeanne-d'Arc.

DEBRAY, ingénieur en chef des ponts et chaussées, 41, avenue Kléber.

DELAUNAY-BELLEVILLE, président de la Chambre de Commerce, 17, boulevard Richard-Wallace à Neuilly.

DELOURME (René), maison Marchand frères à Dunkerque (Nord).

DESMARAIS, ingénieur, successeur de Morane aîné, 10, rue du Banquier.

DESMAZURES, négociant en produits chimiques, rue du Parc-Royal, 8.

DIRECTEUR (Le) général de la Cie de Fives-Lille, 64, rue Caumartin.

DOMAGE (Henri), directeur de la Société anonyme des charbonnages des Bouches-du-Rhône, 4, rue de la Turbine, à Marseille.

DURU (Lucien), employé de commerce, 14, rue Laurencin, à Lyon.

FONTAINE, ingénieur civil des Mines, 27, rue Tronchet.

GAGES (Capitaine), commandant la 15e batterie Alpine, 29, rue Barla, à Nice.

GEORGEOT (Charles), publiciste, 47, boulevard Saint-Michel.

GILBRIN (L.), agriculteur, 3, square du Croisic.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MM.

GIRAUD (Ch.), architecte, 36, avenue Henri-Martin.

GOSSELIN, ingénieur, chef des travaux d'électricité industrielle à l'École centrale, 12, rue de Saint-Quentin.

GUENOT, ingénieur civil des mines, 55, rue de Lisbonne.

GUILLOUX (André), inspecteur au chemin de fer du Nord, 3, rue de Cérisoles.

HARTMANN (Alfred), manufacturier à Munster (Alsace).

HIGNETTE, constructeur, 162, boulevard Voltaire.

HOWE (M. Henry), 27, West, r. d., 73, Street New-York (États-Unis).

JACOB (Commandant), 11, boulevard Morland.

JACQUESSON (Albert), ingénieur, directeur de la filature Peltzer et fils à Czenstochowa, gouvernement de Petrokow (Russie).

JAPY (Gaston), manufacturier à Lafeschotte (Doubs).

LAROCHE (Félix), inspecteur général des ponts et chaussées, en retraite, 110, avenue de Wagram.

LE CHATELIER (Alfred), 8, rue Mansart à Versailles.

LIÉBAUT (Albert), directeur des cristalleries de Baccarat (Meurthe-et-Moselle).

MAHLER (Pierre), ingénieur civil des mines, 35, avenue Mac-Mahon.

LISLE (René), inspecteur général de la C^ie^ des chemins de fer de Madrid à Saragosse et Alicante, 84, boulevard des Batignolles.

MANDON, ingénieur, 21, rue Martel.

MARRE, ingénieur mécanicien, 127, rue Oberkampf.

MONTUPET, ingénieur-constructeur, 25, rue de la Voûte.

NICLAUSSE (Albert), ingénieur-constructeur, 24, rue des Ardennes.

MM.

NICLAUSSE (Jules), ingénieur-constructeur, 24, rue des Ardennes.

PAULET (Georges), chef de bureau au ministère du Commerce, 49, rue Vineuse.

PÉLATAN (L.), ingénieur civil des mines, 17, boulevard de la Madeleine.

PILET, professeur au Conservatoire des arts et métiers, 18, rue Saint-Sulpice.

PRALON (Léopold), ingénieur, délégué général du conseil de la Société des forges de Denain et Anzin, 4, rue Mogador prolongée.

PRIOUX, fabricant de papier, 47, quai des Grands-Augustins.

RENARD (Commandant Paul), parc aérostatique de Meudon.

ROY (Ferdinand), négociant et industriel, 24, place Malesherbes.

SOCIÉTÉ anonyme de Commentry-Fourchambault, 16, place Vendôme.

SOCIÉTÉ anonyme des teintures et blanchiment de Villefranche-sur-Saône.

STEAD, chimiste à Middlesbrough.

TOULON (Paul), ingénieur du matériel fixe à la C^ie^ de l'Ouest, 36, avenue du Maine.

TRESCA (Gustave), ingénieur au Conservatoire des arts et métiers, 292, rue Saint-Martin.

TROUBAT, membre de la Chambre de Commerce de Dijon à Plombières-les-Dijon.

VERLEY (Jules), administrateur délégué de la Société anonyme des amidonnerie et glucoserie d'Haubourdin (Nord).

VERMOREL, à Villefranche, (Rhône).

VIALLET (Marius), ingénieur, ancien élève de l'École polytechnique, 28, cours Saint-André, à Grenoble (Isère).

VIGNON (Léo), professeur à la Faculté des sciences de Lyon.

VINSONNEAU (J.), ingénieur civil, 5, rue Brochant.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLE ALPHABÉTIQUE

DES

NOMS DES AUTEURS MENTIONNÉS

DANS LA QUATRE-VINGT-SEIZIÈME ANNÉE DU BULLETIN

(Cinquième série. — Tome II)

(La lettre (**P**), à la suite d'un article, indique qu'il ne s'agit que d'une présentation.)

A

ALBIN. Défense des ports par avertisseurs électriques (P), 439.

APPERT (L). Rapport sur les tuyaux en ciment de M. Faucherra, 316.

— Rapport sur les vitraux de M. Dandois, 456.

ARCARD. Ouvrier (méd. de br.), 918.

ARTH. Procédés de dosage pour l'analyse des combustibles, des minerais de fer, des aciers et des fers, 732.

ARCHEZEAU. Changement de vitesse, 134.

ARNOLD. Traitement des ordures ménagères, 178.

AUBERT. Niveau de pente à fil à plomb, 1534.

B

BALL BEARING C°. Roulement sur billes, 434.

— Transmission hélicoïdale, 431.

BARBET. Nommé membre du conseil, 548. Rapport sur la plate-forme électrique BLOT, GUYENET et DE MOCOMBLE, 1426.

BARILLOT. Ouvrage d'agriculture, 440. Rapport de M. RISLER, 617. Médaille d'argent, 909.

BAUDRAN. L'habitation dans le département de la Somme (médaille d'or), 909. Rapport de M. PAULET, 942.

BATUT. Contremaître (méd. de br.), 918.

BEAU. Chef d'équipe (méd. br.), 918.

BÊCHE. Propulseur (P), 1534.

BECHMANN. Assainissement de la Seine. Conférence, 1641.

BÉGUIN. Roue de voiture, 546.

BÉLANGER. Changement de vitesse pour vélocipèdes, 725.

BÉRARD. Rapport sur le mémoire de M. BISHOP. Essai des huiles par oxydation, 628.

BERKLEY. Basculeur trieur, 294.

BERTHELOT et VIEILLE. Acétylène et ses propriétés explosives, 705.

BERTHOT. Traité des Routes, Rivières et Canaux, 1164.

BESSAT. Bibliothèque de catalogues (P.), 1534.

BEUTIER. Chauffe-bains (P.), 141. Rapport de M. DE ROMILLY, 310. Médaille de bronze, 910.

BIDON. Contremaître (méd. br.), 918.

BIGOT. Argiles employées en céramique (P.), 1642. Applications industrielles des émaux à grand feu, 1643.

BISHOP. Essai des huiles par oxydation (P.), 141, 630. Rapport de M. BÉRARD, 628. Médaille d'argent, 909.

BJORNSTAD. Distribution, 1152.

BLAVIER (Aimé). Notice nécrologique, 876.

BLEICHERT. Grip pour funiculaires, 1527.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Blérie. Inventions diverses (P.), 727.
Blot, Guyenet et de Mocomble. Plate-forme roulante. Rapport de M. Barbet, 1426.
Bompuy. Ouvrier (méd. br.), 918.
Bonehill. Puddlage direct, 60.
Bossu. Ouvrier (méd. br.), 918.
Boulvin. Cours de mécanique, 1015.
Bourdon (E.). Rapport sur la fourche de bicyclette de Lona, 460. Rapport sur le clapet d'arrêt et la soupape incalable Pile, 1553.
Boutillier. Nommé membre honoraire du Comité de mécanique, 441.
Branche. Voitures automobiles (P.), 549.
Brillié. Auto-indicateur. Rapport de M. Hirsch, 593.
Brousset. Détective (P.), 551.
Brossier. Ouvrier (méd. br.), 918.
Brown et Sharpe. Fraiseuses, 509, 513.
Brown. Gouvernail, 1158. Déchargeurs, 1522.
Brillié et Dubois. Médaille d'or, 909.
Brulé. Ouvrier (méd. br.), 918.
Bruno Heusschen. Transport par câble, 1042, 1051.
Bruno-Moustier. Appareils de sûreté pour les mines, 299.
Buquet. Nommé membre du conseil, 143, 299. Rapport sur le prix du Commerce, 903.
Burt. Moteur à gaz, 1160.

C

Cacheux. Enseignement des pêches maritimes (P.), 142.
Cadot. Compteur horaire. Rapport de M. Carpentier, 167.
Cahall. Chaudières, 1009.
Campredon. Dosage du phosphore dans les cendres de houille et de coke, 108.
Carpentier. Rapport sur le compteur Cadot, 167.
Carnot et Goutal. État des éléments autres que le carbone dans les fers et aciers, 1145.
Carré. Ouvrier (méd. br.), 918, 924.
Castagnol. Propriété des alliages de fer et de nickel, d'après une commission de la Société d'Encouragement de Berlin, 269.
Catel. Contremaître (méd. br.), 918, 919.
Cavelier. Ouvrier (méd. br.), 918, 925.
Cazeneuve. Défense de la vigne contre la cochylis, 999.
Chamerot. L'Imprimerie. Conférence, 463.
Charpy. Étude microscopique des alliages métalliques, 384.
Chatenet. Études de céramique, 208.
Cheville. Ouvrier (méd. br.), 918, 925.
Cheysson. Rapport sur le prix du Commerce relatif à l'Assurance contre le chômage, 904.
Church. Perceuse pour axes d'horlogerie, 1260.
Clairet. Chef d'atelier (méd. br.), 918, 925.
Clubbe, Southey et Gibson. Transmission hélicoïdale, 432.
Comberousse (De). Membre du Comité de mécanique. Notice nécrologique par M. Imbs, 1149.
Cordibart. Chauffe-bain (P.), 1012.
Coutagne. Station séricicole de Roussel, 141.
Croisé. Roses arabes (P.), 1640.
Curie (Mme). Propriétés magnétiques des aciers trempés, 1642.

D

Dages. Inventions mécaniques (P.), 548.
Damour (E.). Études de céramiques, 191, 324, 530. Four à moufle de récupération, 729.
Dandois. Vitraux, 142. Rapport de M. Appert, 456. Médaille d'argent, 910.
Daubrée. Don à la Bibliothèque, 146.
Daubrée. Rapport sur l'exercice 1896, 935.
Davanne. Rapport sur les titres de M. Ducos de Hauron au prix Giffard, 883.
David et Trophène. Brouette peso-chargeur, 440.
Davidson. Turbine, 1153.
De Billy et Julhiet. Progrès de la métallurgie du fer, 46.
De Blonay. Aluminium coloré (P.), 141.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

DECARNE. Ouvrier (méd. de br.), 919, 925.
DEHÉRAIN. Nitrification de l'azote dans les terres arables, 1141.
DELAURIER. Moteur marin (P.), 551.
— Richesse des Océans (P.), 727.
DELAHAYE. Industrie du gaz en 1897, 1338.
DELEBECQUE. Sondage des lacs (P.), 440.
DE LONA. Fourche de bicyclette, 439. Rapport de M. BOURDON, 460.
DE LUYNES. Rapport sur les procédés de MM. DONARD et BOULET pour le traitement des sous-produits des matières amylacées, 161, 1013.
DEMANGE. Cémentation, 78.
DE MARCILLAC. Lactite (P.), 139.
DEMOULIN. Locomotive et matériel roulant, 244.
DE PERRODIL. L'Acétylène, 580.
DE ROMILLY. Rapport sur le chauffe-bains BEUTIER, 319.
DEROZ. Ouvrier (méd. br.), 919, 926.
DESRUELLES. Chef d'atelier (méd. br.), 919, 926.
DEWAR. Machine à liquéfier l'air, 1405.
DEWRANCE. Coussinets et graissage, 133.
DICK-KERR. Moteur à gaz, 1160.
DIELLENSIGER. Ouvrier (méd. br.), 919.
DIÉSEL. Moteur à pétrole, 1510.
DILIGEON. Nommé membre du Conseil, 549. Rapport sur la scie à métaux de M. VINSONNEAU, 1033. Sur l'étau à serrage différentiel, 1031.
DONALDSON. Entrepôts frigorifiques des London and India Docks, 1395.
DONARD et BOULET. Traitement des sous-produits de la distillation des matières amylacées. Rapport de M. DE LUYNES, 161. Lettres de MM. CONTAMINE et DONARD, 1013.
DORIVAL. Ouvrier (méd. br.), 919, 926.
DORNIC. Acidimètre. Rapport de M. LINDET, 12.
DUBOC. Médaille DUMAS, 916.
DUBOIS (François). Bosseyeuse, 1440.
DUCLAUX. Contamination des puits, 1629.
DUCOS DE HAURON. Prix GIFFARD, 880. Rapport de M. DAVANNE, 883,
DUCRU. Séparation électrolytique du nickel, 1364.
DULAC. Notice nécrologique, 876.
DULIEUX. Empaqueteuse (P.), 1640.
DUMONT. L'Acétylène, 145.
DUPUIS. Nommé membre du Conseil, 550.
DU TEMPLE. Brûleur à pétrole, 1011.
DUTHEIL. Locomotive rationnelle (P.), 727.
DUTTO et TERRICOLO. Baratte rapide (P.), 728.
DUVERT. Ouvrier (méd. br.), 919, 926.
DWELSHAUVERS DERY. Pertes de chaleur dans les machines à vapeur, 126.

E

EBERT. Guide pour le soufflage du verre.
EVE. Contremaître (méd. br.), 917, 927.
EVELEIGH. Machine à trancher les légumes, (P.), 727.
EWING. Machines frigorifiques, 1255, 1405.

F

FALIZE. Les bijoux de jadis et ceux d'aujourd'hui, 1557.
FAUCHERRE. Tuyaux en ciment. Rapport de M. APPERT, 313.
FAUQUET. Carde à chapeaux. Prix ROY, 881,
FAYOL. Ouvrier (méd. br.), 919, 227.
FERET. Constitution des mortiers hydrauliques, 1591.
FIELDING et PLATT. Plieuse pour tôles, 137.
FLICK (M^me^). Ouvrière (méd. br.), 919, 227.
FONTAINE. Rapport sur les travaux de M. A. MINET, 619. Sur la lampe Suisse, 622.
FORD et MONCUR. Appareil à vent chaud pour hauts fourneaux, 56.
FOX. Laminoir pour foyers ondulés, 726.
FRANEUX. Contremaître (méd. br.), 919, 227.
FRANQ. Tramway de Saint-Germain (P.), 440.
FRÉMONT. Cisaillement et poinçonnage des métaux, 1177.
FRÉMONT. Méthode d'essai des métaux, 1409.
FROISSARD. Ouvrier (méd. br.), 920, 928.

G

GARNAULT. *Histoire du commerce de la Rochelle*, Rapport de M. GRUNER, 624, prix du commerce, 881, 903.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

GARNAULT. Histoire du commerce de la Rochelle.
GAUTHIER. Tubes métalliques flexibles Rudolph (P.), 551.
GATES. Concasseur, 110, 1156.
GERMAIN. Signalement automatique des trains (P.), 141.
GIBSON. Machines à tailler les engrenages, 538.
GIRARD (Aimé). Notice nécrologique sur M. A. VEE, 313. Composition des blés et leur analyse, 691. Rapports sur le prix FOURCADE, 897; sur le prix de 500 francs décerné à M. LIVACHE pour son ouvrage sur les vernis et huiles siccatives, 900; sur les médailles DUMAS, 913.
— Matières fertilisantes nécessaires à la culture de la pomme de terre, 1368.
GIRARD (J.-B.). Traité pratique des chaudières marines, 580.
GIORCELLI. Chef d'atelier (méd. br.), 920, 928.
GOLDING. Machine à fabriquer les tôles déployées, 1001.
GOSSARD. Lampe à acétylène. Rapport de M. VIOLLE. 1028.
GRANDEAU. Nommé membre du Conseil, 143, 298.
GRANT. Machine à ébaucher les billes, 1406.
GRAY. Indicateur continu, 1005.
GREDT. Extraction de l'iode des gaz de hauts fournaux, 60.
GREEN. Blindages, 78.
GRÉHANT. Transformation de l'acide carbonique en oxyde de carbone par les poêles en fonte, 998. Le grisou, 1645.
GRIVEAUX. Moteur à vapeur régénérée (P.), 42.
GROIGNARD. Valve-clapet (P.), 1640.
GRON. Ouvrier (méd. br.), 920, 928.
GRUET. Frein de chemin de fer (P), 1534.
GRUNER. Rapport sur l'*Histoire du commerce de la Rochelle*, par M. GARNAULT, 625, 903.
GUÉDON. Distribution. Rapport de M. SAUVAGE, 1030.
GUASCO. Brûleur antiseptique, 1534.

H

HALL. Machine frigorifique à acide carbonique, 1258, 1402.
HALLER. Progrès de l'industrie des parfums et essences, 14, 357.
HAMELLE et CHEDVILLE. Médaille d'or, 909.
HAMMOND. Fabrication des tôles de fer-blanc, 1248.
HARMANCE, ouvrier (méd. br.), 920, 928.
HARTMANN. Déformation des métaux soumis à des efforts, 103.
HASLAN. Machine frigorifique à air, 1401.
HAUDEBOURG. Ouvrier (méd. br.), 920, 928.
HAWDON et HOWSON. Hauts fourneaux, 54.
HAWKINS. Procédé BESSEMER, 63.
HÉLOUIS et LARAN. (Vanadium, pli cacheté), 299.
HENBERT. Poupée mécanique (P), 1012.
HENRIET. Les gaz de l'atmosphère, 582.
HENRY. Moteur à vapeur ou air comprimé (P), 141.
HIRSCH. Rapport sur l'auto-indicateur BRILLIÉ, 593.
HOLCROFT. Machine à vapeurs combinées (P), 726.
HONORÉ. Budget de la France (P), 1534.
HOWATSON. Purification des eaux potables (P), 299.
HOWE. Théorie allotropique, 287.
HUBER. Table de laminoir, 1007, 1531.
HUBSCH. Cuirs ciselés, 549.
HUMBLE. Évite-molettes, 1466.
HUMPHREY. Gazogène MOND, 1353.

I

INGERSOLL SERGEANT. Compresseur, 292.
IMBS. Rapport sur le prix de 2000 francs décerné à M. RONSSE, 899. Notice nécrologique sur M. DE COMBEROUSSE, 1549; sur les tissus cambrés de M. LANDSMANN, 1552.

J

JACKSON et SLATES. Roulements sur billes, 431.
JEANNON. Contremaître (méd. br.), 920, 929.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

JENIN. Théorie de l'électricité (P), 141.
JENIN. Ouvrier (méd. br.), 920, 929.
JONQUIÈRES. Propulseur pour bateaux (P), 141.
JORDAN. Rapport sur les titres de M. OSMOND à la médaille LAVOISIER, 887; sur les chauffages au gaz de M. LENCAUCHEZ, 910.
JUPTNER VON JONSTORF. Unification des méthodes d'analyse chimique, 87.
JURY. Ouvrier (méd. br.), 920, 929.

K

KOTOURNINSKY. Frein dynamométrique, 1154.
KUHN. Stérilisation par la chaleur sous pression, 420.

L

LAMBERT. Presses typographiques (P), 1534.
LANDSMANN. Tissus cambrés, rapport de M. IMBS, 1552.
LAUGHLIN. Transbordeur mouleur, 1155.
LAUNOY. Contremaître (méd. br.), 920.
LAST et WRIGHT. Acier sur sole, 7.
LAVOLLÉE (C.). Notice nécrologique sur M. LEGRAND (A.), membre du Conseil, 453. Rapport sur l'Alliance française, 953.
LAVROFF. Roulements sur billes, 1406.
LEBEUF. Industrie salicole en France, prix du Commerce, 881.
LECERF. Hamacs pour campements (P.), 299.
LE CHATELIER (H.). Traduction du mémoire de STEAD sur l'étude micrographique des alliages, 700. Appareil pour mesurer les dilatations, 196, 199.
— Influence de la coulée sur la structure des métaux, 441.
LECORNU. Tracé pratique des engrenages, 1157.
LÉCRIVAIN (Mme). Ouvrière (méd. br.), 920.
LEFER (E.). Fonctionnement des moteurs à vapeur, 88, 216.
LEGAT. Notice nécrologique, 876. Régulateur, 1638.
LEGRAND (A.). Nommé censeur honoraire, 143. Notice nécrologique par M. LAVOLLÉE, 453.
LEJEUNE, ouvrier (méd. br.), 920, 930.
LÉMAL. Coloration des verres par la pénétration directe des métaux ou sels métalliques, 704.
LEMALE. Ouvrage sur la Normandie monumentale; Rapport de M. PECTOR, 458; méd. d'argent, 909.
LENCAUCHEZ. Chauffage au gaz; Rapport de M. JORDAN, 910 (méd. d'or), 909.
LEPOIX. Refroidissement des cylindres de moteurs à gaz (P.), 1641.
LEPROUX. Revue de l'Industrie minière, 1439.
LEROY. Chef d'atelier (méd. br.), 920, 930.
LEVASSEUR (E.). L'Ouvrier américain, 961.
LE VERRIER. Propriétés mécaniques des alliages, 441.
LIBORELLE. Prix FOURCADE, 897.
LIDGERWOOD. Déchargeur, 1057.
LINDER. Propriétés magnétiques des aciers trempés, 1642; et SAUVAGE. Délégués au Congrès des filetages de Zurich, 1534.
LINDET. Acidimètre DORNIC (Rapport), 12.
LITTLE. Indicateur intégrateur, 1632.
LIVACHE. Traitement des ordures ménagères à Philadelphie et à New-York, 172. Rapport de M. MUNTZ, 167; méd. d'ar., 909. Ouvrage sur les Vernis et huiles siccatives, prix de 500 francs, 881, 900.
LONGRIDGE. Avaries des machines à vapeur.
LUCAS. Poinçons composés, 546.
LYON. Instruments de musique. Conférence, 298; nommé membre du Conseil, 550.

M

MAC-CLURE. Transbordeur de lingots, 724.
MACONNIÈRE. Destructeur du Black-root (P.), 1641.
MAGLIN. Fonte du bronze d'art, procédé LE BOURG, 729.
MAITRE. Ouvrier (méd. br.), 920, 930.
MAITREJEAN. Système de mors (P), 299.
MANDON. Outillage américain pour la fabri-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cation du vélocipède, 500. Unification des engrenages (P), 1534.
MARTINI. Ouvrier (méd. br.), 920, 930.
MASCART. Président. Séance générale, 874.
MAZEL. Agriculture et dépopulation des campagnes (P), 141.
MELIN. Impression sur celluloïd (P), 1012. 1534.
MENGIN. Déformation des métaux soumis à des efforts, 547.
METCALF. Tachymètre, 1259.
MICHAUD. Piston de pompe (P), 139.
MILLER. Moulin à vent, 292.
MINET (A.). Travaux d'électrométallurgie; Rapport de M. FONTAINE, 619. Électrométallurgie, 1015.
MIRON. Huiles minérales, schistes, lignites, 1166.
MIRON (F.). Montage et conduite des installations électriques, 732.
MOISSAN. Analyse de l'aluminium, 1149. Préparation des carbures, 1626.
MOISSAN et DEWAR. Liquéfaction du fluor, 1360.
MOLERAT. Manuel du fondeur en fer, 581.
MOND. Gazogène à récupération, 67, 1353.
MONTREUIL, médaille DUMAS, 916 (Ch.). Emploi de la puissance vive comme force motrice (P), 1534.
MORIN. Notice nécrologique, 876.
MORIN. Grille de chaudière (P), 299.
MORISSON. Bocard, 1468.
MUNTZ. Rapport sur le mémoire de M. LIVACHE, *Traitement des ordures ménagères*, 169.
MULLER. Contremaître (méd. br.), 921, 930.

N

NOEL. Ouvrier (méd. br.), 921, 931.

O

OSMOND. Traduction du mémoire de M. ROBERTS AUSTEN sur la diffusion des métaux, 242, et de M. HOWE sur la théorie allotropique, 287. Les alliages du groupe argent-cuivre, 702. Médaille LAVOISIER, 880; rapport de M. JORDAN, 887.
OSSELIN. Ouvrier (méd. br.), 921, 931.

P

PAULET. Rapport sur l'ouvrage de M. BAUDRAN, *l'Habitation dans le département de la Somme*, 912.
PAULET. Nommé membre du Conseil, 550.
PÉCOUT. Chaîne élastique (P.), 551.
PECTOR. Rapport sur l'ouvrage *la Normandie monumentale*. Édité par M. LEMALE, 458.
PEGAT. Brûleur antiseptique GUASCO (P.), 1534.
PELLISSIER. L'Éclairage à l'acétylène, 580.
PÉRARD. Pêches maritimes et leur enseignement, 1472.
PERCE. Cartes en relief (P.), 1641.
PHILADELPHIA ENGINEERING C°. Traitement des ordures ménagères, 172.
PIAT (M^me^). Ouvrière (méd. br.), 921, 931.
PICARD (P.). Traité pratique du chauffage et de la ventilation, 144.
PICHOLLET. Système de lit (P.), 299.
PIERRE (Colonel). Vice-président honoraire de la Société, décès, 548. Notice nécrologique, 875, par M. E. SAUVAGE.
PILE. Robinet d'arrêt et soupape incalable. Rapport de M. BOURDON, 1553.
PIOT. Chef d'atelier (méd. de br.), 921, 931.
PLAISANCE (M^me^). Ouvrière (méd. br.), 921, 932.
POLONCEAU (E.). Nommé membre du Comité des arts mécaniques, 1640.
PONEY. Chef d'atelier (méd.br.), 921, 932.
POTTER. Table de laminoir, 76, 1531.
POUCHET. Navigation aérienne (P.), 1640.
PRAT. Labourage électrique, 674.
PRATT-WHITNEY. Outillage pour la fabrication du vélocipède, 501.
PUGET. Ouvrier (méd. br.), 921, 932.
PURDY. Bâtiments *fire proofs* aux États-Unis, 1380.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

R

Raciter. Contremaître, (méd. br.), 921, 932.

Raffard. *Membre perpétuel donateur*, 439.

Raki. Sondage de mines, 1451.

Ramaugé. Ouvrier (méd. br.), 921, 932.

Rayer. Économie rurale de Seine-et-Marne (P.), 1642.

Rémond. Applications industrielles des Rayons X, 1535.

Renaud. Application de l'électricité comme force motrice dans l'agriculture, 143, 659.

Revaillon. Contremaître (méd. br.), 921, 933.

Rhodes. Riveuse pour chaînes de vélocipèdes, 538.

Rice. Expériences sur les roulements à billes, 434.

Richard (G.). *Bibliographies*, 145, 582, 732, 1015, 1166, 1268, 1646.

— *Littérature des périodiques*, 149, 302, 459, 584, 735, 864, 1017, 1167, 1416, 1540, 1654.

— *Notes de mécanique*, 119, 291, 421, 538, 716, 843, 1001, 1152, 1255, 1395, 1531, 1632.

— Avaries des machines à vapeur, 119.

— Accidents aux chaudières, 421.

— Rapport du comité des alliages des Mechanical Engineers, 523.

— Basculage et triage des charbons, 716.

— Machine Golding à fabriquer le métal déployé, 1001.

— Machines frigorifiques à gaz liquéfiés, 1255.

— Machine Church à percer les axes d'horlogerie, 1260.

— Fabrication des tôles de fer-blanc, 1249.

— Bâtiments incombustibles aux États-Unis, 1380.

— Gazogène Mond et ses applications, 1353.

— Entrepôts frigorifiques des London and India-Docks, 1395.

— Moteur Diésel, 1501.

— Manutention des hauts fourneaux, 1520.

Richards (W.). Hauts fourneaux, 52.

Richards. Lavoir pour minerais, 1470.

Rife, Bélier, 137.

Rigg. Basculage des charbons, 716.

Ringelmann. Moteurs à alcool, 1411.

Rinsche. Frappeur pneumatique, 544.

Ripper. Avantages de la surchauffe, 293.

Risler. Rapport sur les ouvrages d'agriculture de M. Barillot, 617.

Rivière. Pli cacheté, 1012.

Robert. Inventeur de la machine à faire le papier, 1263.

Robert et Porte. Bouteille inremplissable, 550 (P.).

Robert. Serrure de sûreté (P.), 439.

Roberts Austen. Diffusion des métaux, 242.

— Quatrième rapport du Comité des Alliages de la Société des Mechanical Engineers, 523.

Rochelle. Contremaître (méd. br.), 922, 933.

Rodanet. École d'horlogerie de Paris (P.), 1534.

Ronna. Les eaux de Rome, 1065.

— Les égouts de Rome, 1277.

Ronsse. Tissus de chenille, prix de 2000 francs, 881 ; Rapport de M. Imbs, 889.

Rouse. Concasseur, 722.

Rowan. Historique des chaudières à tubes d'eau, 1633.

Royston. Fonte malléable, 1250.

Ruby. Serrure (P.), 1640.

Rudolphi Krummel. Machines à refouler et fileter les rais de vélocipèdes, 517, 518 ; à essayer la résistance des chaînes de — en marche, 516 ; à ployer les guidons, 521.

Ruhl. Foyers à combustibles pulvérisés, 291.

S

Sabatou. Cire artificielle (P.), 141.

Sahlin. Manutention des hauts fourneaux, 1520.

Samain. Appareil à surélever automatiquement les eaux, 134. Bouteille inremplissable, 140.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

SANDRANIÉ. Changement de marche pour vélocipèdes, 1637.
SANKS. Roulement égalisateur pour vélocipèdes, 136.
SAUVAGE (E.). Rapport sur la distribution de M. GUÉDON, 1030.
SCHIMMEL. Fabrication des essences, 18.
SCHLUMBERGER. Cuir apprêté par l'aluminium, 141.
SCHUTZEMBERGER (P.), membre du comité des arts chimiques.
— Notice nécrologique par M. TROOST, 1025.
SCHRIBAUX. Revue d'agriculture, 1129.
SEVRE. Ouvrier (méd. br.,) 922, 933.
SIMON (L.). Étau à serrage différentiel ; Rapport de M. DILIGEON.
SIMON (E.). Nommé censeur, 143 ; Rapport sur l'exercice 1896, 947. Métier Northrop, 753.
SIEMENS et HALSKE. Exploseur pour mines, 1448.
SLAGDENHAUFFEN. Impureté des cuivres bruts, 1367.
SMITH. Purgeur automatique pour cylindres de machines à vapeur, 296.
SOREAU. Recherches sur l'aérodynamique. (P.), 298.
STEAD (J.). Étude microchimique des alliages, 700.
STEPHENS. Roulement sur billes, 433.
STOCKMAN. Fabrication de l'acier, 71.
SURAY. Ouvrier (méd. br.,) 922, 933.
SUISSE (Lampe à arc); Rapport de M. FONTAINE, 622; Médaille d'argent, 909.

T

THIERRY. Roulements sur galets, 1529.
THIERRY. Transports par câbles aériens, 1036.
THOMAS. Brise-roches, 1443.
THOMSON. Machine d'extraction, 1460.
THURSTON. Machines à vapeur à très hautes pressions, 132.
TOUSSAINT. Ouvrier (méd. br.,) 922, 933.
TRESCA (A.), membre du Comité de mécanique. Notice nécrologique, 875, par MM. HATON DE LA GOUPILLIÈRE et JORDAN.
TRIGER. Gilet de sauvetage (P.), 72.
TROPENAS. Convertisseur, 64.
TROOST. Notice nécrologique sur M. SCHUTZENBERGER, 1025.

U

UEHLING. Transbordeur-monteur, 1527.
URBAIN. Succédanés du chiffon en papeterie, 582.

V

VACHER. Chef d'atelier (méd. br.,) 922, 934.
VALLIER. Projectiles de campagne de siège et de place. Fusées, 582. Cuirassés et projectiles de marine, 1166.
VAUCLARD. Contremaître (méd. br.), 922, 934.
VÉE (A.), membre du Comité des Arts chimiques. Notice nécrologique par M. A. GIRARD, 313.
VINSONNEAU. Scie à métaux ; Rapport de M. DILIGEON, 1033.
VIOLLE. Rapport sur la lampe à acétylène de M. GOSSART, 1028.
VOGT. Composition des argiles, 633.

W

WALRAND-LEGÉNISEL. Convertisseur, 65.
WEDDING. Grillage des minerais, 47.
WESSELMANN et BOCKER. Paliers à billes, 432.
WEST. Évite-molettes, 1460.
WHITING. Machine d'extraction, 1461.
WILSON et STUBB. Trempe des blindages, 80.

XZ

ZIFFER. Application des moteurs mécaniques à la traction des tramways, 295.
ZIMMERMANN. Labourage à la vapeur, 668.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLE ALPHABÉTIQUE ET ANALYTIQUE

DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LA QUATRE-VINGT-SEIZIÈME ANNÉE DU BULLETIN

(*Cinquième série. — Tome II.*)

A

Acétylène (Dissolutions d'), propriétés explosives (BERTHELOT et VIEILLE), 705. Lampe Gossart. Rapport de M. VIOLLE, 1028.

Acidimètre. Dornic pour le dosage acidimétrique du lait. Rapport de M. LINDET, 12.

Agriculture. (Revue d'), par M. SCHRIBAUX, 1129. Engrais verts et nitragine, 1130. Labours dans les prairies, 1132. Valeurs boulangères des grains et farines, 1134. Émanations des établissements industriels, 1135.

— Applications de l'électricité comme force motrice à l' —, par M. P. RENAUD, 659.

— Fixation et nitrification de l'azote dans les terres arables (DEHÉRAIN), 1141.

— Quantité des matières fertilisantes nécessaires à la culture intensive de la pomme de terre (AIMÉ GIRARD), 1368.

Alliages. Étude microchimique, par M. J. STEAD (extrait. par M. H. LECHATELIER), 700.

— *Travaux de la Commission des* Études microscopiques des Alliages métalliques, par M. G. CHARPY, 384; procédés d'expériences, 385.

Alliages eutectiques, 389; alliages à courbes de fusibilité normales, 393; anormales, 402.

— du groupe argent-cuivre (OSMOND), 702-836.

Alliance française pour la propagation de la langue française à l'étranger. Rapport de M. C. LAVOLLÉE, 953.

Aluminium (Électrométallurgie de l'). Travaux de M. MINET. Rapport de M. FONTAINE, 619.

Argiles (Composition des) G. VOGT, 633.

Arts et Métiers (Conservatoire des). Programme des cours, 1536.

Auto-indicateur du chemin de fer de l'Ouest. Rapport de M. HIRSCH, 594; mémoire de M. BRILLIÉ, 598.

B

Basculage et triage des charbons (RIGG), 716.

Basculeur-trieur BERKLEY, 294.

Bâtiments incombustibles aux États-Unis (PURDY), 1380.

Bélier. Rife, 137.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Bibliographie (G. R.).
— *Ouvrages reçus à la bibliothèque*, 146, 301, 442, 582, 733, 863, 1016, 1167, 1539, 1651.
— Traité pratique du chauffage et de la ventilation (PICARD), 144.
— Locomotive et matériel roulant (DEMOULIN), 144.
— Acétylène (DUMONT et HUBOU), 145; DE PERRODIL-PELLISSIER, 580.
— Guide pour le soufflage du verre (Dr EBERT), 145.
— La Normandie monumentale et pittoresque de M. LEMALE (Rapport de M. PECTOR), 458.
— Traité pratique des chaudières marines (BERTIN), 501.
— Manuel du mouleur en fer (MOLERAT), 58.
— Les gaz de l'atmosphère (HENRIET), 582.
— Projectiles de siège, de campagne et de place; fusées (VALLIER), 582.
— Succédanés du chiffon en papeterie (URBAIN), 582.
— Ouvrages d'enseignement agricole de M. BARILLOT (Rapport de M. RISLER), 617.
— Histoire du commerce de la Rochelle, par M. GARNAULT (Rapport de M. GRUNER), 624.
— L'éclairage électrique (F. MIRON), 732.
— Nouveau procédé de dosage pour l'analyse des combustibles, des minerais de fer, des fontes, des aciers et des fers (G. ARTH), 732.
— Cours de mécanique appliquée aux machines, professé à l'École spéciale du Génie civil de Gand (J. BOULVIN), 6e et 7e fascicule, 1015, 1646.
— L'électrométallurgie. Voie humide et voie sèche, et l'électrochimie (A. MINET), 1015, 1649.
— Traité des routes, rivières et canaux (P. BERTHOT), 1164.
— Cuirassés et projectiles de marine (VALLIER), 1166.
— Huiles minérales de pétrole, schiste, lignites (F. MIRON), 1166.
— Emploi du bouclier dans la construction des souterrains (LEGOUEZ), 1648.
— Cours d'exploitation des Mines, vol. II (HATON DE LA GOUPILLIÈRE), 1649.
— Constantes physico-chimiques (SIDERSKY), 1650.
— Annuaire du Bureau des Longitudes, 1650.
Bijoux d'aujourd'hui et d'autrefois (FALIZE), 1557.
Blés. (Composition et analyse des) (AIMÉ GIRARD), 691.
Brûleur antiseptique GUASCO, 1534.

C

Carburendum. Fabrication aux États-Unis (FITZGERALD), 832.
Carbures (Préparation des) (MON JAN), 1626.
Céramique. Études exécutées par M. L. DAMOUR, à la demande des fabricants de Limoges, sous la direction du *Comité des arts chimiques*, 191. Dilatation des pâtes et couvertes céramiques, 192. Mesures des dilatations, 194 : Appareil FIZEAU-LE CHATELIER, 199. Résultats des expériences, 208. Colorations des pâtes et couvertes, 322, par le fer et le cobalt, 323. Décoration au grand feu, 385-731. Four à moufle à récupération DAMOUR, 729.
Chaudières. Accidents, 421, 582.
— *à tubes d'eau.* (Historique) ROWAN, 1633.
— CAHALL, 1008.
— Foyers à combustibles pulvérisés RUHL, 291.
— Injecteur à pétrole DU TEMPLE, 1011.
— Injecteur double de la Ohio Injector Co, 843.
Chauffe-bains de M. BEUTIER. Rapport de M. ROUART, 310.
Ciments. Résistance à l'eau de mer (MICHAÉLIS), 819.
Cisaillement et poinçonnage des métaux. Étude expérimentale, par M. FRÉMONT, 1177.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Clapet d'arrêt. Pile. Rapport de M. Bourdon, 1553.
Commerce de La Rochelle (Histoire du), par M. Garnault. Rapport de M. Gruner, 624.
Compresseur Ingersoll (Sergeant), 292.
Compteur d'électricité Cadot. Rapport de M. Carpentier, 167.
Concasseur Gates, 110, 1156; Roux, 722.
Conseil d'administration de la Société. Composition pour 1897, 1.
Coussinets Dewrance pour machines marines, 133.
Cuivres bruts. Impuretés (Slagdenhauffen), 1367.

E

Eaux de Rome (Les), par M. Ronna, 1065, Rome ancienne, Rome après l'Empire, 1076; Rome moderne, 1079; qualité des eaux, 1121; service hydraulique en 1897, 1125.
Égouts de Rome (Ronna), 1277.
Émaux au grand feu. Applications industrielles (Bigot), 1643.
Engrenages. (Rendement des) (Lecornu), 847; tracé des — (id.), 115; unification des — (Mendon), 1534.
Essences et parfums (Revue des progrès de l'industrie des) (Haller), 14. Essences, 21; d'amandes, amères, 21; d'ambrette, d'aneth, 22; d'angélique, 23; d'anis, 24; de buccu, 25; de bergamote, 27; de camphre, 31; de cannelle de Chine, 32; de carvi, 33; de citron, 34; de cumin, fenouil, géranium, 38; girofles, lavande, 39; menthe, 40; orange, 42; roses de Turquie, 42; santal, wintergreen, 45; nouvelles, 46. Parfums à composition définie, 356. Alcools, 363. Phénols et Éthers phénoliques, 373. Aldéhydes, 277.
Essieu à billes Brownelle, 433.
État financier de la Société. Exercice 1896. Rapport de MM. Daubrée, 935, et E. Simon, censeur, 947. Bilan au 31 janvier 1896, 952.
Étau différentiel Simon. Rapport de M. Diligeon, 1031.

F

Fer-blanc. (Fabrication du) (Hammond), 1248.
Filetages. (Unification des) à l'étranger, Congrès de Zurich, 849.
Fluor (Liquéfaction du) (Moissan et (Dewar), 831, 1360.
Fonte du bronze d'art, Le Bourg, 729; malléable (Roydon), 1250.
Frein auto-régulateur Kotournisky, 1154.
Froid. Machine frigorifique à gaz liquéfiés, (Unwin), 1255. Entrepôts frigorifiques de Londres (Donaldson), 1395. Régénérateurs de froid pour la liquéfaction des gaz, 1404.

G

Gaz d'éclairage. Industrie du. (Revue de l'.) P. (Delahaye), 1338.
Gazogène Mond (Humphrey), 1353.
Gouvernail à vapeur Brown, 1159.

H

Huiles, essai par oxydation, par M. W. Bishop. Rapport de M. Bérard, 628; mémoire de M. Bishop, 630.

I

Imprimerie (l'), par M. Chamerot (conférence sur), 463.
Indicateur continu Gray, 1005. Intégrateur Little, 1632.
Injecteur double de la Ohio Injector C°, 843.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L

Lait. Dosage acidimétrique par l'acidimètre DORNIC, 12.
Laminoir pour foyers ondulés FOX, 726.
Lampe à arc Suisse. Rapport de M. FONTAINE, 622.
Littérature des périodiques (G. R.), 149, 302, 443, 583, 734, 864, 1017, 1167, 1268, 1416, 1540, 1653.

M

Machines-outils. Outillage américain pour la fabrication des vélocipèdes par M. MANDON, 500.
— Machines à tailler les pignons coniques et hélicoïdaux, GIBSON, 538.
— Riveuse Rhodes pour chaînes de vélocipèdes, 538.
— Frappeur pneumatique RINSCHE, 544.
— Poinçons composés LUCAS, 546.
— Presse à plier et courber les tôles FIELDING et PLATT, 137; à emboutir SMITH, 847.
— Machines Allen à faire des écrous pour rais de vélocipèdes, 843.
— Machine Golding à fabriquer les tôles en treillis, 1001.
— Perceuse CHURCH, pour axes d'horlogerie, 1260.
— Ébaucheuse de billes GENT, 1406.
Manutention du charbon au lac Erié, 1518.
Métallurgie. Dosage du phosphore dans les cendres de houille et de coke. (CAMPREDON), 108.
— Manutention des hauts fourneaux (SAHLIN), 1520.
— Diffusion des métaux, par M. C. W. ROBERTS AUSTEN, traduction de M. OSMOND, 242. Diffusion des métaux liquides : or, platine et rhodium dans le plomb et le bismuth, 242. Diffusion des métaux solides : or, dans le plomb, 259, et l'argent, 267.
— Tables de laminoirs POTTER et HUBER, 1531.
— **Alliages**. (*Travaux de la Commission* des) Études microscopiques des alliages métalliques, par M. G. CHARPY, 384 ; procédés d'expériences, 385 ; alliages eutectiques, 389 ; alliages à courbes de fusibilité normales, 393 ; anormales, 402.
— Propriété magnétique des aciers trempés (Mme S. CURIE), 1642.
— Travaux du Comité de l'institution des « Mechanical Engineers », quatrième rapport, par M. ROBERTS AUSTEN, 523.
— (Étude micro-chimique des), par M. STEAD, 700.
— Alliages du groupe argent-cuivre (OSMOND), 702, 836.
— **Fer**. Revue des progrès de l'industrie du — (DE BILLY et JULHIET), 47 ; traitement préalable des minerais, 47 ; le haut fourneau, 51 ; puddlage, 60 ; procédé Bessemer, 62 ; acier sur sole, 67 ; procédé Stockman, 71 ; travail de forge, 73 ; laminoirs, 74 ; fabrication des fils de fer et d'acier, 77 ; fabrication pour l'armée et la marine, 78 ; moulages ; aciers spéciaux, 84 ; fabrication du fer-blanc, 85 ; emploi de l'électricité, 86.
— *Alliages de fer et de nickel*. Propriétés des —), par une Commission de la Société d'Encouragement de Berlin (traduction de M. CASTAGNOL), 269 ; coefficients de dilatation, 272 ; essais de traction, 275 ; de compression, 281 ; au choc, 283.
— État des éléments autres que le carbone dans les fontes et aciers. (CARNOT et GOUTAL), 1145.
— *Théorie allotropique*. Preuve en faveur de la —, par M. HOWE (traduction de M. OSMOND), 287.
— Transbordeur-mouleur LAUGHLIN, 1155.
— Table de laminoir HUBER, 1007.
Métier Northrop (E. SIMON), 753.
Mines. Revue de l'Industrie minière, LEPROUX, 1439. — L'industrie des mines

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à l'Exposition de Bruxelles. — Appareils destinés à réaliser l'abatage sans explosifs, 1441. — Baromètre avertisseur des dépressions rapides, 1445. — Matériel roulant de la Cie des mines d'Anzin, 1446. — Allumage électrique des coups de mine, 1447 : amorces Manet-Gaupillat; appareil Siemens et Halske. — Lampe électrique Süssmann. — Procédé de sondage A. Raky, 1450. — Fonçage, équipement et mise en service des puits de grande profondeur aux États-Unis, en Belgique, en Westphalie, au Transvaal, 1453; câbles métalliques nouveaux, 1456; nouveaux systèmes d'équilibre; machines Tomson, Whiting, 1460; récipients servant à l'extraction, 1462; manœuvre au fond et au jour, 1463; évite-molettes Humble et autres, 1466. — Application du système Compound et de la condensation aux machines de mines, 1465. — Dégagements instantanés dans les mines profondes, 1467. — Bocard système Morison, 1468. — Études du professeur Richards sur les cribles filtrants, 1470.

Mortiers hydrauliques. (Constitution intime des) FERET, 1591.

Moteurs à vapeur (Étude du fonctionnement des) à un cylindre (E. LEFER), 88. Variation de température des parois et leur action, 89. Compression, 96. Détente, 216. Espaces de construction, 225. Dépense de vapeur, 229.

— Distribution CORLISS BJORNSTAD, 1152.

— (Avaries des) (LONGRIDGE), 112.

— (Pertes de chaleur dans les) (DEWELSHAUVERS), 26.

— Purgeur automatique SMITH, 296.

— à très haute pression (THURSTON), 132.

— *Surchauffe*. Avantages de la — d'après M. W. RIPPER, 293.

— Turbine DAVIDSON, 1153.

Moteurs à gaz DICK KERR et BURT, 1160.

— **à pétrole** DIÈSEL, ~~1501.~~ 1570

— **à alcool**. Essais RINGELMANN 1441.

Moulins à vent, MILLER, 292.

N

Nickel et **Cobalt**. Séparation électrolytique d'avec le fer (DUCRET), 1365.

Notices nécrologiques de MM. *A. Vée*, par M. A. GIRARD, 313; *A. Legrand*, par M. C. LAVOLLÉE, 454; colonel *Pierre*, par M. E. SAUVAGE, 745; *P. Shutzenberger*, par M. TROOST, 1025; *De Comberousse*, par M. IMBS, 1549.

O

Ordures ménagères. Traitement et utilisation à New-York et Philadelphie; Rapport de M. MUNTZ, 169; *Mémoire de* M. LIVACHE, 172, 441. Procédés ARNOLD, 180, et de la Philadelphia Incinerating Co 175; leur application au traitement des gadoues de Paris, 183.

Outillage américain pour la fabrication des vélocipèdes, par M. F. MANDON, 500.

Ouvrages reçus à la bibliothèque, 146, 301, 442, 582, 733, 1016, 1416.

Ouvrier américain. Conférence de M. LEVASSEUR, 961.

P

Papier (Machine à fabriquer le). Origines de la —, 1261.

Parfums et essences. (Progrès de l'industrie des) (HALLER), 14, 356.

Pêches maritimes et leur enseignement (PÉRARD), 1457.

Pégamoïd (Le), 1252.

Plate-formes électriques à deux vitesses, BLOT, GUYENET et de MOCOMBLE; Rapport de M. BARBET, 1425.

Poêles en fonte. (Transformation de l'acide carbonique en oxyde de carbone par les) (GRÉHANT), 998.

Presse à plier et courber les tôles, FIELDING et PLOTT, 137; à emboutir, SMITH, 847.

Prix et médailles. (Distribution des), 873.

— Discours de M. MASCART, président, 894.

— *Commerce*. Rapports de M. CHEYSSON,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pour un mémoire sur l'assurance contre le chômage, 9041 ; de MM. GRUNER et BUQUET pour un mémoire sur une Étude économique d'un centre industriel en France, 902.
— *Arts chimiques*. Prix Fourcade décerné à M. LIBORELLE ; Rapport de M. AIMÉ GIRARD, 897 ; Prix de 500 francs à M. LIVACHE, pour son ouvrage sur les vernis et huiles siccatives ; Rapport de M. AIMÉ GIRARD, 900.
— *Arts économiques*. Rapport de M. DAVANNE, sur les procédés de photographie polychrome de M. DUCOS DE HAURON (prix Giffard), 883.
— *Arts mécaniques*. Prix de l'industrie cotonnière. Encouragement de 1 000 fr. à M. FAUQUET pour sa carde à chapeaux tournante ; Rapport de M. IMBS, 899.
— Prix exceptionnel de 2000 francs à M. ROUX pour ses tissus de chenille ; Rapport de M. IMBS, 899.
— *Médailles*. Grande médaille Lavoisier (Arts chimiques), à M. Osmond, pour ses travaux de métallurgie ; Rapport de M. JORDAN, 887.
— Médailles pour inventions et perfectionnements aux arts industriels, 909, 910.
— *Médaille Dumas* aux ouvriers devenus directeurs d'usine. Rapport de M. AIMÉ GIRARD, 913.
— Médailles commémoratives, 917.
— Médailles des contremaîtres et ouvriers, 917, 923.
Prix et médailles. (Programme des), pour 1898, 552.
Procès-verbaux des séances : 11 décembre, 139 ; 8 janvier, 141 ; 22 janvier, 298 ; 12 février, 299 ; 26 février, 438 ; 12 mars, 440 ; 26 mars, 548 ; 9 avril, 550 ; 30 avril, 726 ; 14 mai, 727 ; 28 mai, 860 ; 11 juin, 861 ; 9 juillet, 1013 ; 22 juillet, 12 novembre, 1533 ; 26 novembre 1640.
Puits. (Contamination des). DUCLAUX, 1629.

R

Rayons X. Applications industrielles en France (RÉMOND), 1535.
Régulateur Legat, 1638.
Résistance des matériaux. Distribution des déformations dans les métaux soumis à des efforts (L. HARTMANN), 103. Notice de M. MENGIN, 547.
— Essais des métaux, nouvelle méthode (FRÉMONT), 1469.
Roue élastique, BÉGUIN, 547.
Roulements sur billes et galets. ARCHEREAU, 134 ; SACHS, 136 ; JACKSON et SLATES, 431 ; CLUBBE-SOUTHEY et GIBSON, WESSELMAN et BOKER, 432 ; BROWNELL STEPHENS, 433 ; BALL BEARING C°. 434, 845. Expériences de RICE, 434 ; BÉLANGER, 725 ; KENSINGTON, 839, CALLA, 842 ; HENT, 840 ; LAVAROFF, 1406 ; THIERRY, 1529.

S

Scie à métaux VINSONNEAU ; Rapport de M. DILIGON, 1033.
Soupape incalable. Pile. Rapport de M. BOURDON, 1553.
Sous-produits de la distillation des matières amylacées, procédés DONARD et BOULET ; Rapport de M. DE LUYNES, 162, 1013.
Stérilisation par la chaleur sous pression, procédé KUHN, 419.
Sucrerie. Revue des perfectionnements de l'industrie sucrière (LINDET), 807. Extraction des jus, 806 ; épuration par la chaux et l'acide carbonique, 808 ; par l'acide sulfureux, 810 ; évaporation, 812 ; cuisson et rentrée des égouts, 813 ; turbinage, 816 ; production de sucre en morceaux, 817.

T

Tachymètre METCALF, 1259.
Taquet d'arrêt automatique BRUNO MOUS-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TIER pour plans inclinés; Rapport de M. BRULL, 749.
Tissus cambres LANDSMANN. Rapport de M. IMBS, 1552.
Tramways à traction mécanique d'après M. A. ZIFFER, 295.
Transbordeur de lingots MAC CLURE, 724.
Transmission hélicoïdale à billes. JACKSON, BALL BEARING C° et CLUBBE, 431-432
Transport par câbles aériens, conférence de M. THIERRY, 1036.
Tubes sans soudure en bronze d'aluminium, 110.
Tuyaux en ciment (Moulage des), procédé FAUCHERRE; Rapport de M. APPERT, 316.

V Z

Vélocipédie. Changement de marche ARCHEREAU, 134; Roulements SACHS, 136; STEPHENS, 433. Emboutissage des raccords de vélocipèdes, 437; Fourche de LOMA; rapport de M. BOURDON, 460. Outillage américain pour la fabrication des vélocipèdes (F. MENDON), 500. Changement de vitesse BELANGER, SANDRANIÉ, 1663, 724. Pédalier KENSINGTON, 840.
Verres. Recherches expérimentales exécutées par M. GRENET sous la direction du *Comité des Arts chimiques*, 772. Étude des dilatations, 772. Appareil LE CHATELIER, 775. Silicates simples, 782. Borates, 786. Addition d'acide borique aux verres industriels, 789. Rôle du plomb, 793, de l'alumine, 795. Verres divers, 797. Coloration par pénétration directe des métaux et sels métalliques (LEMAL), 704.
Vignes (Défense des) contre la cochylis (CAZENEUVE), 999.
Vitraux de M. DANDOIS; Rapport de M. APPERT, 456.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLE DES PLANCHES ET DES DESSINS

PLANCHES

Couverts de porcelaine au grand feu, pl. I et II 356
L'imprimerie, pl. I-XII. 468
Les bijoux d'autrefois et ceux d'aujourd'hui, gravures hors texte. 1564

DESSINS

Acidimètre Dornic. — 1 figure 13
Appareil à air chaud Ford-el-Moncur pour hauts fourneaux. — 7 figures. . . . 57
Procédé Hawkins, fabrication de l'acier. — 1 figure. 63
Convertisseur Tropenas. — 3 figures. 64
Gazogène Mond. — 1 figure. 68
Procédé Last et Wright, acier sur tôle. — 4 figures 70
Laminoir Bicheroux. — 1 figure. 75
Table de laminoir Potter. — 5 figures 76
Fours Wilson et Stubbs. — 1 figure. 80
Cubilot à tuyère centrale. — 6 figures. 83
Diagrammes de machines à vapeur Lefer. — 8 figures. 97
Distribution des déformations dans les métaux soumis à des efforts Hartmann. — 8 figures. 104
Concasseur Gates. — 1 figure. 110
Accidents des machines à vapeur. — 104 figures 112
Paliers Dewrance. — 7 figures. 133
Changement de marche Archereau pour vélocipèdes. — 6 figures. 135
Roulement égaliseur Sachs. — 1 figure 136
Bélier Rife. — 2 figures 137
Machines à courber et plier les tôles Fielding et Platt. — 5 figures 137

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Séchoir Donard et Boulet. — 1 figure 163
Appareil jumeau Donard et Boulet pour l'extraction des matières grasses. — 1 figure. 165
Four crématoire à gadoues de la Philadelphia-Incinerating C°. — 3 figures . . 175
Digesteur et presse Arnold. — 3 figures. 178
Appareil Le Chatelier pour mesurer les dilatations. — 6 figures 200
Diagrammes de machines à vapeur Lefer. — 26 figures 217 227
Diffusion des métaux. — 12 figures. 246, 253, 261 268
Proportion des alliages de fer et de nickel. — 12 figures . . 271, 277, 279, 283 286
Foyers à combustibles pulvérisés Ruhl. — 1 figure. 291
Compresseur Ingersoll Sergeant. — 1 figure. 292
Moulin à vent Ruper. — 7 figures 293
Basculeur Berkly. — 3 figures 294
Purgeur Smith. — 1 figure. 297
Chauffe-bains Beuthier — 4 figures. 320
Moufle Damour. — 1 figure 325
Étude microscopique des alliages. — 52 figures. 286 418
Accidents aux chaudières. — 40 figures. 422
Roulements sur billes. — 29 figures. 431
Emboutissage des raccords de vélocipèdes. — 30 figures. 436
Fourche de bicyclette L. de Loma. — 7 figures. 460
L'imprimerie, conférence de M. Chamerot. — 18 figures. 470 493
Outillage américain pour la fabrication des vélocipèdes (Mendon). — 30 fig. 501 521
Travaux du comité des alliages de l'Institution of Mechanical Engineers. — 17 figures 524 536
Taille des pignons coniques et hélicoïdaux machines Gibson. — 11 figures. . 539
Riveuse Rhodes pour chaines de vélos. — 15 figures 539
Frappeur pneumatique Rinsch. — 12 figures. 544
Poinçons composés Lucas. — 3 figures 546
Roues élastiques Béguin. — 3 figures. 547
Auto-indicateur Brillié. — 34 figures. 599 615
Application de l'électricité comme force motrice à l'agriculture (Renaud) . 659 690
Étude microscopique des alliages (Stead). — 5 figures 701
Roulage et triage des charbons (Rigg). — 31 figures. 716
Concasseur Roux. — 5 figures 723
Transbordeur de lingots Mac Clure. — 2 figures 724
Changement de vitesse Belanger pour vélocipèdes. — 6 figures. 725
Laminoir pour foyers ondulés Fox. — 3 figures. 726
Taquet d'arrêt Bruno Moustier. — 2 figures 730
Métier Northrop (E. Simon). — 41 figures. 754 771
Recherches sur la dilatation des verres (Grenet). — 18 figures 774 797
Roulements sur billes et galets. — 22 figures. 840
Injecteur de la Ohio Injector C°. — 4 figures. 843

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Machine Allen à faire les écrous de vélocipèdes. — 11 figures 845
Presses à emboutir Smith. — 3 figures. 847
L'Ouvrier Américain (Levasseur). — 19 figures. 966 993
Machine Golding à fabriquer le métal déployé. — 15 figures. 1001
Indicateur continu Gray. — 6 figures. 1005
Table de laminoir Huber 1007
Chaudière Cahall. — 4 figures 1009
Brûleur à pétrole Du Temple. — 4 figures 1011
Lampe à acétylène Gossart. — 3 figures. 1028
Étau différentiel Simon. — 4 figures. 1032
Scie à métaux Vinsonneau. 1034
Transports par câbles aériens, conférence de M. Thierry. — 38 figures. . 1037 1063
Les eaux de Rome (Ronna). — 37 figures. 1066 1117
Charrue pour la culture des prairies. — 2 figures. 1113
Distribution Corliss Bjornstad. — 2 figures. 1152
Turbine Davidson. — 5 figures 1153
Frein Kotoursky. — 4 figures. 1154
Transbordeur monteur Langhlin. — 2 figures. 1155
Concasseur Gates. — 2 figures 1156
Gouvernail à vapeur Brown. — 5 figures. 1159
Moteurs à gaz Dick Kerr et Burt. — 6 figures. 1160
Cisaillement et poinçonnage des métaux (Frémont). — 208 figures. . . . 1177 1247
Fabrication du fer blanc. — 6 figures 1249
Machines frigorifiques à gaz liquéfiés (Ewuing). — 9 figures 1255
Tachymètre Metcalf. — 3 figures. 1259
Perceuse Church pour axes d'horlogerie. — 6 figures. 1260
Les égouts de Rome (Ronna). — 48 figures. 1280 1335
Revue de l'industrie du gaz (Delahaye). — 4 figures. 1340
Gazogène Mond. — 5 figures 1355
Bâtiments incombustibles aux États-Unis (Purdy). — 34 figures. 1381 1393
Entrepôts frigorifiques du London and India Docks. — 20 figures. 1396
Machines à liquéfier l'air Dewar. — 4 figures. 1405
Roulements sur billes Lavroff. — 6 figures. 1407
Machines à ébaucher les billes Grant. — 6 figures. 1408
Essai des métaux, méthode Fremont. — 2 figures. 1409
Plate-forme roulante Blot, Guyenet et de Mocomble. — 19 figures . . . 1427 1437
Revue de l'industrie minière (Leproux). — 53 figures 1440 1471
Les pêches maritimes et l'enseignement professionnel des marins (Pérard) — 54 figures. 1474 1507
Moteur Diésel. — 5 figures. 1510
Poste pneumatique de New-York. — 15 figures 1515
Manutention des charbons au lac Érié. — 4 figures 1518
Manutention des minerais des hauts fourneaux. — 30 figures. 1520

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Grip Bleichert pour cableways. — 10 figures 1527
Roulements sur galets Thierry. — 4 figures 1529
Tables de laminoir Potter et Huber. — 6 figures. 1530
Robinet clapet d'arrêt et soupape équilibrée Pile. — 3 figures. 1534
Les bijoux d'autrefois et ceux d'aujourd'hui. — 14 figures. 1565
Constitution intime des mortiers hydrauliques. — 21 figures. 1591
Indicateur intégrateur Little. 2 figures. 1632
Historique des chaudières à tubes d'eau. — 50 figures. 1635
Changement de marche pour vélocipèdes Sandranié. — 9 figures. 1638
Régulateur Legat. — 1 figure. 1639

Le Gérant : GUSTAVE RICHARD.

Paris. — Typographie Chamerot et Renouard, 19, rue des Saints-Pères. — 3590

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires