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

Titre général : Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale
Titre du volume : 1898. 97e année. 5e série, tome 3

Mots-clés : Progrès scientifique et technique ; Innovations * France * 19e siècle
Description : 1692 p. : ill., 2 pl. ; 26 cm
Adresse : Paris : Société d'encouragement pour le développement de l'industrie nationale, 1898
Cote de l'exemplaire : BSPI.97

URL permanente : http://cnum.cnam.fr/redir?BSPI.97

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 7/11/2009

S. E. I. N.
Bibliothèque

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT

POUR

L'INDUSTRIE NATIONALE

B5R5 99

PUBLIÉ

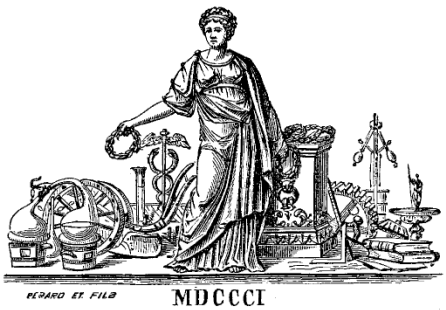
SOUS LA DIRECTION DES SECRÉTAIRES DE LA SOCIÉTÉ

MM. ED. COLLIGNON & AIMÉ GIRARD

CINQUIÈME SÉRIE. — TOME III. — 1898

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

—

1898

Droits reservés 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 reservés au Cnam et à ses partenaires

97e ANNÉE. Cinquième Série, Tome III. JANVIER 1898.

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 24 DÉCEMBRE 1897 POUR L'ANNÉE 1898

BUREAU

Année de l'entrée au Conseil.

Président.

1883. — CARNOT (Adolphe) (O. ✲), membre de l'Institut, inspecteur général des mines,
1898. inspecteur de l'École supérieure des mines, 60, boulevard Saint-Michel.

Vice-présidents.

1887. — CARPENTIER (O. ✲), ingénieur, ancien élève de l'École polytechnique, 34, rue
1898. du Luxembourg.
1886. — HIRSCH (✲), ingénieur en chef des ponts et chaussées, professeur à l'Ecole
1896. des ponts et chaussées et au Conservatoire des arts et métiers, 1, rue de Castiglione.
1881. — LAVALARD (O. ✲), membre du Conseil supérieur d'agriculture, maître de
1898. conférences à l'Institut national agronomique, 54 *bis*, rue Cardinet.
1898. — LEVASSEUR (C. ✲), membre de l'Institut, 26, rue Monsieur-le-Prince.
1898.

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 reservés 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
1888. forges de Châtillon et Commentry, boulevard Saint-Germain, 181.
1881. — SIMON (E.), ingénieur civil, 89, boulevard du Montparnasse.
1886.

Commission des Fonds.

1884. — BORDET, ancien inspecteur des finances, administrateur de la Compagnie des forges de Châtillon et Commentry, boulevard Saint-Germain, 181, *Président.*
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, 78, rue de Varennes.

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.
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 à l'École des Ponts et Chaussées et au Conservatoire des arts et métiers, rue Castiglione, 1.
1890. — BIENAYMÉ (C. ✲), inspecteur général du Génie maritime, 14, rue Revel, à Toulon.
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.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Année de l'entrée au Conseil.

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.
1897. — BARBET, ingénieur, 57, rue de l'Université.
1897. — DILIGEON, constructeur-mécanicien, 54, rue Saint-Maur.
1897. — E. POLONCEAU (O. ✲), ingénieur en chef du Matériel et de la Traction au chemin de fer d'Orléans, 55, rue de Verneuil.

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. — 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 et au Collège de France, 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.
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 (C. ✲), membre de l'Institut, 35 *bis*, rue de Fleurus.
1897. — BUQUET (O. ✲), directeur de l'École centrale des arts et manufactures, 1, rue Montgolfier.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Année de l'entrée au Conseil.

Comité des Arts économiques.

1876. — SEBERT (H.) (C. ✲) (général), 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 (O. ✲), directeur honoraire du service scientifique 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, 47, quai de la Tournelle.
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.
1897. — LYON (✲), directeur de la fabrique de pianos Pleyel et Wolf, 22, rue Rochechouart.

Comité d'Agriculture.

1864. — CHATIN (O. ✲), membre de l'Institut, rue de Rennes, 149, *Président*.
1866. — TISSERAND (Eug.) (G. O. ✲), conseiller d'État, directeur honoraire 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, 54 *bis*, rue Cardinet.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Année de l'entrée au Conseil.

1882. — MÜNTZ (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) (O. ✲), professeur de culture au Muséum d'histoire naturelle, rue Cuvier, 27.
1896. — LINDET (✲), professeur à l'Institut agronomique, 108, boulevard Saint-Germain.
1897. — GRANDEAU (O. ✲), inspecteur général des Stations agronomiques, 4, avenue de La Bourdonnais.

Comité des Constructions et des Beaux-Arts.

1879. — ROSSIGNEUX (Ch.) (✲), architecte, quai d'Anjou, *Président*, 23.
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.
1895. — PECTOR (Sosthènes), membre du conseil d'administration de la Société française de photographie, 9, rue Lincoln.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Année de l'entrée au Conseil.

1895. — BOUGUEREAU (C. ✲), artiste peintre, membre de l'Institut, rue Notre-Dame-des-Champs, 75.
1895. — BELIN (E.) (✲), éditeur, 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, vice-président honoraire de la Société, 79, rue de la Tour.
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.
1892. — GRUNER (E.) (✲), ingénieur civil des mines, secrétaire du comité central des houillères de France, rue Férou, 6.
1896. — LEVASSEUR (O. ✲), membre de l'Institut, 26, rue Monsieur-le-Prince.
1897. — PAULET (✲), chef de bureau au Ministère du Commerce, 49, rue Vineuse.
1897. — DUPUIS (✲), ingénieur civil des Mines, 18, avenue Jules-Janin.
N...

Commission du Bulletin.

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

VICE-PRÉSIDENTS HONORAIRES

1864. — LAVOLLÉE (Ch.) (✲), membre du Comité du commerce, rue de la Tour, 79.

MEMBRES HONORAIRES

Comité des Arts mécaniques.

1884. — LÉVY (Maurice) (O. ✲), membre de l'Institut, professeur au Collège de France et à l'École centrale.
1895. — RICHARD (G.) (✲), ingénieur civil des mines et agent de la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale, 44, rue de Rennes.
1898. — BOUTILLIER (✲), inspecteur général, professeur à l'École des ponts et chaussées, rue de Madrid, 24.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Année de l'entrée au Conseil.

Comité des Arts économiques.

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

Comité du Commerce.

1897. — RONDOT (Natalis) (C. ✲), membre correspondant de l'Institut, ancien délégué de la Chambre de commerce de Lyon, 20, rue Saint-Joseph, à Lyon.
1897. — CHRISTOFLE (Paul) (O. ✲), manufacturier, rue de Bondy, 56.
1879. — MAGNIER (E.) (✲), négociant, rue de l'Arcade, 16.

MEMBRES CORRESPONDANTS

Comité des Arts mécaniques.

Correspondants français.

PETIT (Émile), ingénieur civil, au château de Suduiraut (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.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

DARBLAY, manufacturier, à Essonnes (Seine-et-Oise).
SCHNEIDER, manufacturier, au Creuzot.
BOIRE (Émile), administrateur des sucreries de Bourdon (Puy-de-Dôme).
PETITPONT (Gustave), manufacturier, à Choisy-le-Roi.
BRUSTLEIN, directeur des usines Jacob Holtzer et C^ie^, 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.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

MILLIAU (Ernest), chimiste, à Marseille.
BRIOT, inspecteur des forêts, à Chambéry (Savoie).

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 (le 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 reservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS MÉCANIQUES

RAPPORT fait par **M. Édouard Simon**, au nom du *Comité des Arts mécaniques*, sur le *Piquage mécanique* VERDOL, de la « Société anonyme des mécaniques Verdol », rue Dumont-d'Urville, 10, à Lyon.

MESSIEURS,

Deux rapports antérieurs, l'un en date du 14 décembre 1883 (1), l'autre du 10 février 1888 (2), vous ont tenus au courant des progrès réalisés par M. Verdol dans l'industrie du tissage, en vue de la substitution du papier au carton sur les mécaniques Jacquard.

Le premier de ces comptes rendus vous indiquait les transformations subies par la *mécanique* proprement dite; le second vous signalait l'application des mêmes perfectionnements à la *mécanique d'armure*, qui est une réduction de la première, et à un appareil de *repiquage* des cartons, ou plutôt du papier, justement dénommé *repiquage accéléré*.

Le *piquage* dont il s'agit aujourd'hui constitue un nouveau progrès dû à l'esprit inventif, persévérant et pratique de M. Verdol.

Sans revenir sur les explications fournies dans les rapports précités, il convient de rappeler le but du *lisage* et du *piquage*.

Étant donné qu'il faut autant de cartons, — ou de bandes transversales de papier correspondantes, — que le dessin à tisser comporte de coups de trame, c'est-à-dire, pour certains façonnés, quinze à vingt mille et au delà, l'emploi d'un seul poinçon pour percer les trous un à un sur chaque carton entraînerait à des dépenses de temps et de main-d'œuvre disproportionnées avec le résultat. Aussi depuis longtemps existe-t-il des piquages à poinçons multiples. « Supposons, — écrit Michel Alcan dans le tome II de son *Traité du travail des laines cardées*, — un appareil analogue à un métier Jacquard,

(1) *Bulletin* de février 1884, p. 51 et suiv.
(2) *Bulletin* de mars 1888, p. 105 et suiv.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

garni d'un nombre de ficelles égal à celui des crochets du métier, et l'extrémité de chacune de ces ficelles convenablement tendue sur un rouleau à la partie inférieure, et sur de petits cylindres à la partie supérieure. A chaque ficelle est attaché un poinçon, de façon à ce qu'en agissant sur toutes ou sur certaines d'entre elles, on agisse simultanément sur leurs poinçons. Si on presse contre ceux-ci un carton, on percera en même temps tous les trous qu'il doit comporter et l'on ménagera les parties pleines à réserver. Le travail est scindé en deux périodes : la première comprend le *lisage*, soit la séparation des ficelles dans l'ordre voulu pour établir leur relation convenable avec les poinçons; la seconde a pour but d'exécuter le perçage (1). »

Afin d'accélérer ce perçage, le dessin mis *en carte*, — c'est-à-dire tracé sur un papier quadrillé dont les rangées verticales représentent les fils de chaîne et les rangées transversales les duites ou jetées de trame, — est *lu* à part, sur un cadre ou *pied à lire*, auquel est suspendu le *semple*.

On désigne ainsi la réunion des cordes verticales représentant les fils de chaîne. Suivant le tracé de la *carte*, le liseur fait passer horizontalement *devant* ou *derrière* les cordes du semple, d'autres cordes représentant la trame et appelées *embarbes*. Cette opération dite *tricotage* donne la figuration amplifiée du tissu à produire.

L'ensemble est décroché du pied à lire et accroché, derrière le lisage, aux *pantins*, c'est-à-dire aux organes qui, tirés ou laissés au repos, permettront ou non l'action des poinçons.

Un ouvrier, le *tireur*, saisit successivement les extrémités de chaque embarbe et les tire à lui, pour tendre les cordes derrière lesquelles l'embarbe a été passée. Cette traction se transmet, par des cordes de renvoi, à des buttoirs mobiles qui, dans le piquage Verdol, viennent en regard des parties pleines d'un cadre métallique (le *train de barres*).

Un second ouvrier, le *piqueur*, posté à l'avant et averti par le premier lorsque celui-ci a terminé la traction des embarbes, agit à son tour sur un levier à main pour faire avancer le train de barres et pousser les buttoirs en prise, qui chassent les poinçons à travers le papier.

Cette manière de procéder, comparable, — sauf les variantes résultant de l'emploi du papier, — au mode de fonctionnement de tous les piquages

(1) Pag. 129 et suiv.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

en usage, présentait plusieurs inconvénients : Au point de vue du tissage, le défaut d'entente entre le tireur et le piqueur se traduisait par des malfaçons; il arrivait fréquemment que, lors du coup de balancier donné par le second, le premier n'avait pas exactement tiré toutes ses cordes. Piqueur et tireur se rejetaient nécessairement la responsabilité de l'erreur sans qu'il fût aisé d'établir la part de chacun. De plus le travail du piqueur était fort pénible, et l'obligation de recourir à l'intervention simultanée de deux hommes occasionnait une dépense importante.

L'appareil présenté obvie à ces inconvénients. Un seul ouvrier, à la fois tireur et piqueur, peut facilement, soit au moyen d'une pédale, soit à l'aide d'un levier à main, utiliser une force motrice quelconque et embrayer mécaniquement le piquage, après s'être assuré par lui-même qu'il n'y a pas de cordes tirées en trop et qu'il ne reste pas de *traîneuses*.

L'automatisation de l'appareil permet aussi le *repiquage*, à raison de 55 à 60 cartons par minute. Au besoin le piquage fonctionne à bras; l'enlèvement d'une clavette y suffit. Dans le cas le plus ordinaire de la commande mécanique, l'ouvrier peut déterminer l'arrêt de l'avant aussi bien que de l'arrière du bâti. Enfin la construction, bien étudiée en vue des exigences multiples du piquage et du repiquage, est robuste sans exagération; il nous a été donné de voir fonctionner le nouvel appareil à l'Exposition de Bruxelles, d'une façon d'autant plus satisfaisante que l'installation générale laissait à désirer pour des outillages de cette sorte.

Une description accompagnée de figures est jointe à ce rapport sous forme d'annexe et nous dispense d'entrer dans plus de détails. Nous voudrions toutefois, avant de conclure, insister sur l'importance des résultats obtenus par M. Verdol dans la spécialité mécanique qu'il a créée, au grand profit de l'industrie du tissage façonné.

Il existe actuellement, dans les différents pays d'Europe et d'Amérique, plus de 7 000 mécaniques Verdol ; 3 736 fonctionnent en France. C'est, pour l'ensemble et par an, une consommation moyenne de 43 millions de cartons-papier, perforés sur 145 appareils, dont 111 piquages et 34 repiquages. Les ateliers de la « Société anonyme des mécaniques Verdol » installés au centre de la fabrication lyonnaise, à la Croix-Rousse, occupent un personnel de 80 ouvriers et ouvrières tant à la construction des machines qu'à la préparation des rouleaux de papier.

L'économie réalisée par la substitution de ce papier au carton dépasse 40 p. 100 pour les piquages et 70 p. 100 pour les repiquages; elle ressort

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de la comparaison des prix payés aux mille cartons soit en Jacquard, soit « en Verdol », comme on dit à Lyon (1).

Si les 25 millions de cartons-papier du système Verdol employés par les industriels français se partageaient, par quantités égales, en cartons piqués et en cartons repiqués, et si les divers formats de mécaniques se répartissaient aussi suivant des nombres égaux, l'économie s'éléverait à une moyenne d'environ 30 francs par mille cartons, soit à un total de 750 000 fr. par an. Mais comme les avantages du papier sont surtout appréciables dans les plus grands formats et que le nombre des cartons *repiqués* « en Verdol » est plus considérable que celui des cartons *piqués*, on doit admettre une moyenne notablement supérieure et évaluer la diminution annuelle de frais généraux résultant, pour l'industrie nationale, de l'emploi du papier sur les mécaniques Verdol, à un million de francs au minimum.

Il n'est pas tenu compte ici des économies sur l'emmagasinage et le transport des rouleaux de papier, qui méritent cependant d'être indiquées. Un petit dessin composé, par exemple, de 436 cartons pour Jacquard ordinaire pèse 12^{kg},500, le même en cartons-Verdol pèse seulement 0^{kg},590, ou environ vingt fois moins. Ce dessin, lu et piqué sur carton d'épaisseur normale, occupe un volume dépassant 35 décimètres cubes, et sur papier, 1,744 décimètre cube, soit encore vingt fois moins.

La facilité de l'emmagasinage permet de conserver des lots de cartons qui, avec le système ancien, devaient être, faute de place, vendus pour le pilon et perdre ainsi presque toute valeur. Rappelons que l'usage du papier, en obligeant le constructeur à employer de fines *aiguilles*, lui a permis d'en augmenter notablement le nombre dans l'unité de surface, par suite d'accroître la puissance des *mécaniques* et de simplifier l'*équipage* des métiers à tisser les grands façonnés.

En résumé, la commande automatique du piquage accéléré complète

(1) PRIX COMPARATIFS PAR MILLE CARTONS

Mécaniques.	*Lus et piqués.* Jacquard.	Verdol.	Différences.	*Repiqués.* Jacquard.	Verdol.	Différences.
	Fr. c.	Fr. c.	Fr. c.	Fr. c.	Fr.	Fr. c.
400 crochets. . . .	30 »	20 »	10 »	20 »	10	10 »
600 —	40	25 »	15 »	27 »	10	17 »
700 —	48 50	28 50	20 »	33 50	10	23 50
900 —	59 »	35 »	24 »	44 »	12	32 »
1 000 —	73 »	39 »	34 »	59 »	12	47 »
1 200 —	100 »	45 50	54 50	73 »	12	61 »

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

heureusement les travaux antérieurs de M. Verdol, et le Comité des arts mécaniques vous propose : 1° de féliciter l'auteur de ce nouveau perfectionnement; 2° d'insérer dans le *Bulletin*, à la suite du présent rapport, la description détaillée, avec figures et légendes, du piquage présenté au nom de la « Société anonyme des mécaniques Verdol » par son administrateur-directeur, M. Jules Verdol.

ANNEXE AU RAPPORT SUR LE PIQUAGE MÉCANIQUE VERDOL

DESCRIPTION ET FONCTIONNEMENT DE L'APPAREIL TRAVAILLANT EN PIQUAGE OU EN REPIQUAGE

Commande générale. — Un embrayage unique K placé à portée de l'ouvrier tireur détermine la rotation de l'arbre de commande F (fig. 1 et 2). Cet arbre, perpendiculaire au plan de la figure d'ensemble et, par conséquent, parallèle à l'arbre à dents qui commande les poinçons, repose dans deux paliers fixés sur les traverses inférieures T, à 700 millimètres environ des montants d'avant (fig. 2).

La poulie motrice O est folle sur l'arbre F; ce dernier se met en mouvement lorsque le manchon d'embrayage V, claveté à même, coulisse sur sa clavette pour engrener avec le moyeu denté de la poulie.

Sont également clavetées sur F et suivant les angles voulus pour la succession régulière des mouvements, les cames à chemin R, S S, qui actionnent, par l'intermédiaire de bielles à coulisses Q, J J, d'une part le levier de piquage *a b*, de l'autre, le cadre de griffes *h* de la mécanique P (fig. 1, 2, 7). Un volant P facilite le passage du point mort, surtout lors d'un repiquage. Des bagues X maintiennent les écartements.

Le manchon d'embrayage V est actionné soit de l'avant, par le levier *f* (fig. 11 et 13), soit de l'arrière par le levier *e* et la pédale G.

Commande des poinçons. — La came allongée R (fig. 3 et 3 *bis*) dans son mouvement de rotation, pousse en avant le galet *op* solidaire de la bielle Q; celle-ci guidée par la coulisse du coussinet *qr* avance également, en restant sensiblement horizontale. L'extrémité Q_1 de la bielle forme chape et s'emboîte dans l'oreille du collier *cd*, serré sur le levier *ab*, de manière à actionner ce dernier alternativement comme le ferait la main.

Si, pour une cause quelconque, il est nécessaire de travailler à bras, il

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

suffit de dégager la cheville *ef* (fig. 5) et de laisser retomber le levier Q sur la console *gh*, où il se trouve maintenu entre deux goujons; une broche de sûreté

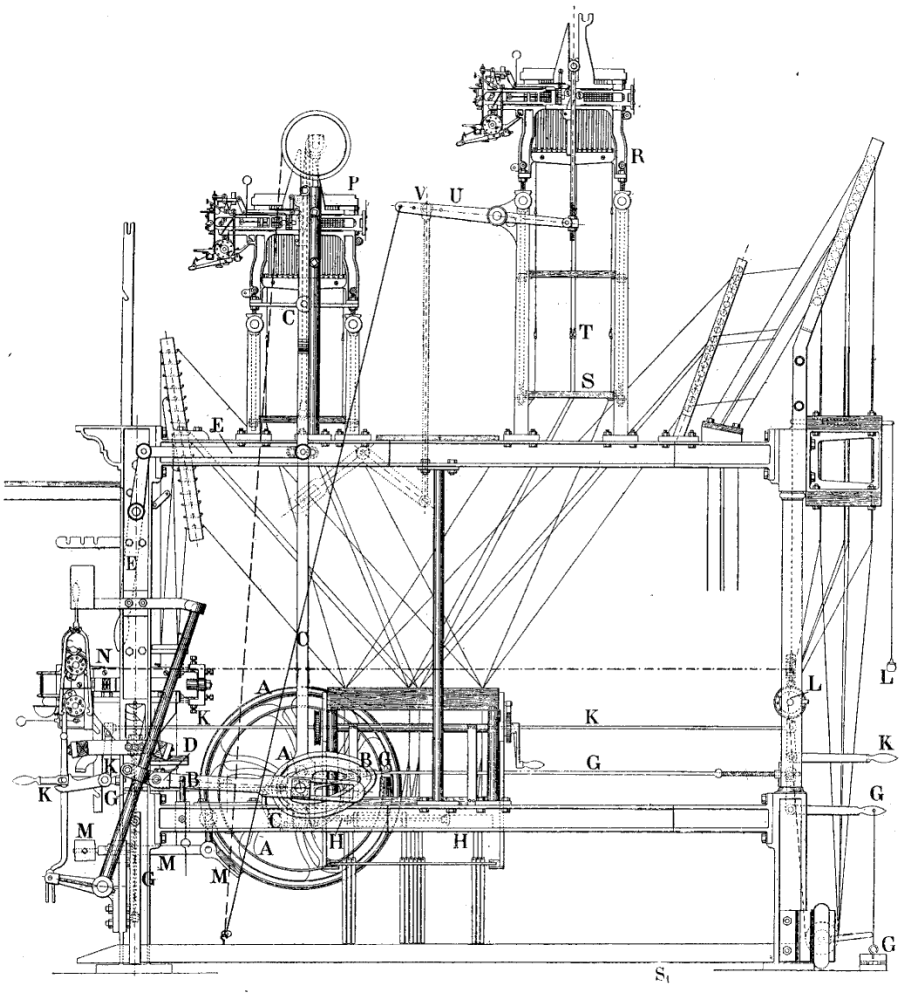


Fig. 1.

empêche le soulèvement de Q, dont la rencontre avec le collier *cd* pourrait occasionner des avaries.

D'un autre côté, lors de la commande mécanique, un déclic indiqué dans la figure 4 retient la cheville *ef* et s'oppose à son dégagement intempestif.

La *commande de la mécanique* P est représentée isolément (fig. 6 et 7). Les deux cames S S, placées entre les traverses inférieures T, déterminent, par l'inter-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

médiaire des galets *b* et des coussinets *a*, les mouvements d'ascension et de descente des bielles à fourche J ; les dernières sont maintenues verticalement par les galets à gorge *p*, dont les axes sont fixés aux traverses supérieures T_1. Ces bielles

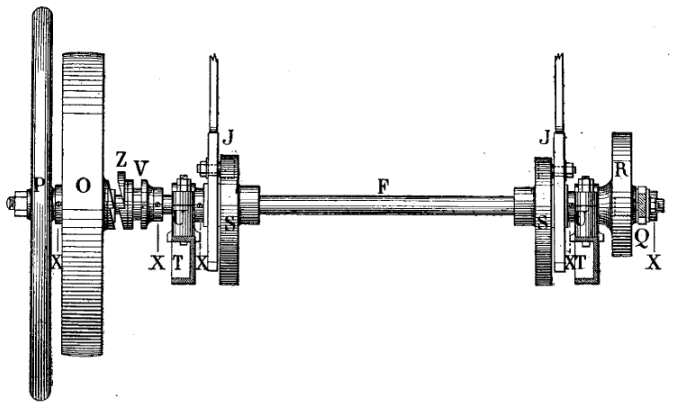


Fig. 2.

se continuent par des tringles à chape *d*, avec lesquelles elles sont articulées en C, de manière à en permettre le débrayage. A la partie supérieure, les tringles *d* se terminent par des têtes à fourche *f*, qui embrassent les tringles de conduite

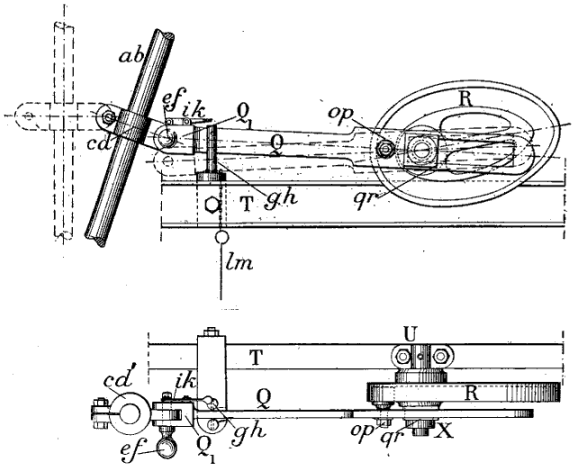


Fig. 3 et 3 *bis*.

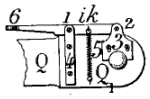


Fig. 4.

Fig 5.

du cadre de griffes et leur transmettent les mouvements de montée et de descente.

Lors de la marche à la pédale, ou lorsque la lecture ne comporte pas de manchon sur la mécanique, cette dernière doit être inactive ; à cet effet, le montant antérieur de gauche Y (fig. 6-7), porte un levier coudé *x z*, muni d'une

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

poignée, qui permet de faire tourner l'arbre transversal u, suivant un certain angle et, par suite, les deux bras latéraux t. Les bras t agissent sur les bielles horizontales r et, dans le cas particulier, les tirent. Les bielles r sont articulées à l'extrémité opposée (en q) avec les leviers verticaux g, qui peuvent osciller autour de l'axe l; les mêmes leviers g comportent, vers le haut, une partie élargie où

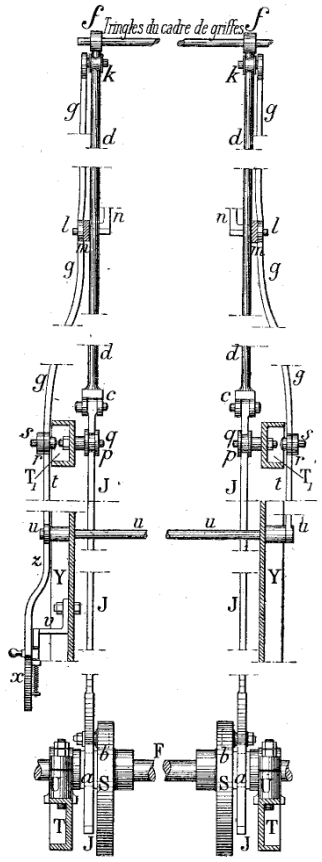


Fig. 6.

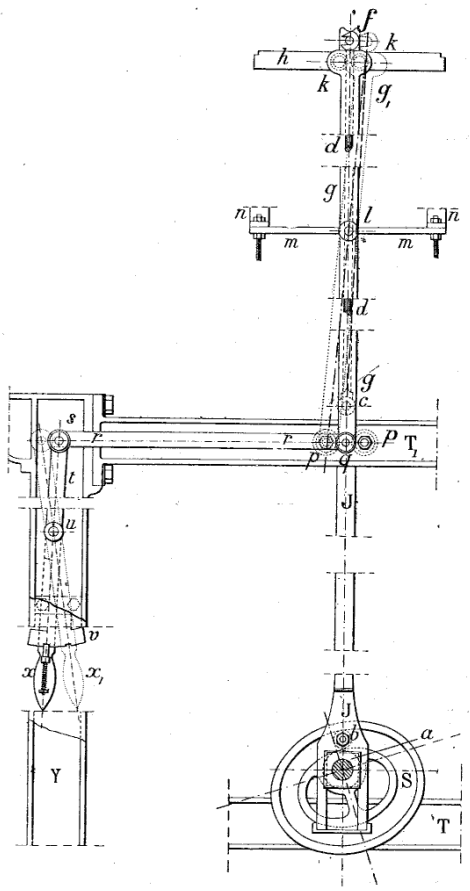


Fig. 7.

se logent les axes des galets k, entre lesquels passent les tringles de commande d de la mécanique. La traction de droite à gauche des bielles horizontales r a pour résultat de déporter en sens inverse la tête des leviers g et de dégager les tringles du cadre de griffes, ainsi soustraites à la commande automatique du piquage.

Embrayage de l'arrière. — Pour embrayer de l'arrière, il suffit d'appuyer la main sur le levier d'équerre e, ou d'agir sur la pédale G reliée par une tringle au

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

même levier; le second bras de l'équerre *e* (fig. 11) tire, par l'intermédiaire du coussinet e_2 et de la douille e_3 la tringle d'embrayage *d*. Cette tringle actionne, du bout opposé, en d_3, une équerre b_2, dont le mouvement se transmet à la bielle à chape *b* et enfin à la tringle *a* de la fourche d'embrayage.

Le ressort à boudin d_1 sert à assurer le retour du levier *e* à sa position initiale.

Débrayage supplémentaire automatique. — Lors d'une lecture au semple, le piquage doit s'arrêter spontanément, à chaque tour, pour laisser au tireur le temps de choisir l'embarbe avant de piquer un nouveau carton. Ce débrayage périodique s'obtient comme suit (voir fig. 8 et 9). Une tringle *bc*, à poignée et à chape, peut glisser dans le support-guide *de* fixé à la traverse inférieure T du bâti; une petite bielle *fg* engagée, d'un bout, dans la chape, embrasse, de l'autre,

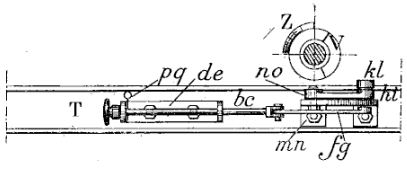


Fig. 8.

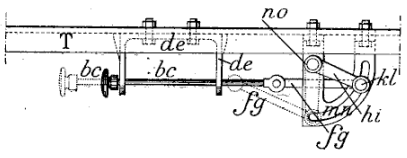


Fig. 9.

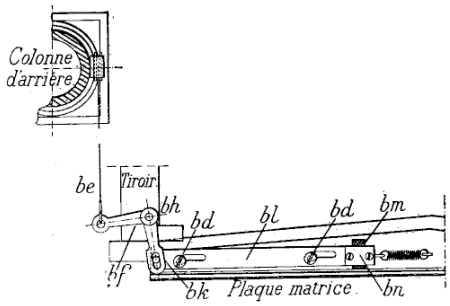


Fig. 10.

l'axe du galet *kl;* ce galet est supporté par le bras *hi*, qui décrit, autour de l'axe *no* comme pivot, un arc de cercle limité par la coulisse *mn*. D'autre part, le manchon d'embrayage V présente, sur le tiers environ de son pourtour, une came Z taillée en coin.

Supposons la tringle *bc* tirée vers la gauche suivant les traits ponctués (fig. 9), la bielle *hi* se place perpendiculairement à la traverse T et le centre du galet *kl* se trouve dans l'axe de l'arbre de commande. Le manchon V tournant comme les aiguilles d'une montre c'est-à-dire de gauche à droite, la came Z rencontre le galet *kl* qui forme buttée, force le manchon à reculer et, à chaque tour, provoque le débrayage.

Dans le cas de repiquage, l'arbre doit tourner sans discontinuité. La tringle *bc* est alors repoussée vers la droite pour relever le galet *kl* et laisser passer librement la came Z. La même tringle est percée de deux trous d'arrêt correspondant aux positions extrêmes et fixée dans l'une ou l'autre situation par la broche de sûreté *pq*.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Freinage du volant. — Pour neutraliser l'effet du volant P et obtenir l'arrêt instantané quand le débrayage automatique fonctionne, un frein, dont les détails

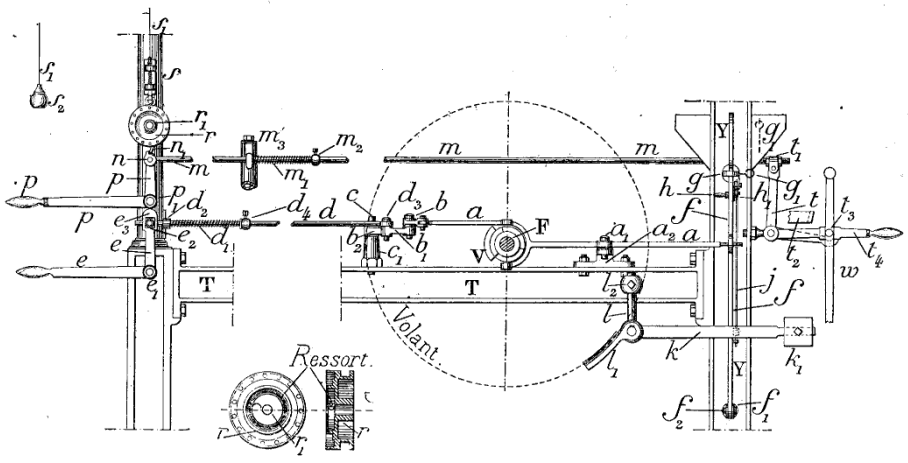


Fig. 11.

se voient dans les figures 11, 12, 13, agit simultanément : Un support zl_2 fixé au bâti et une tige à douille ll_3 maintiennent l'arbre à collet l_4, sur lequel est

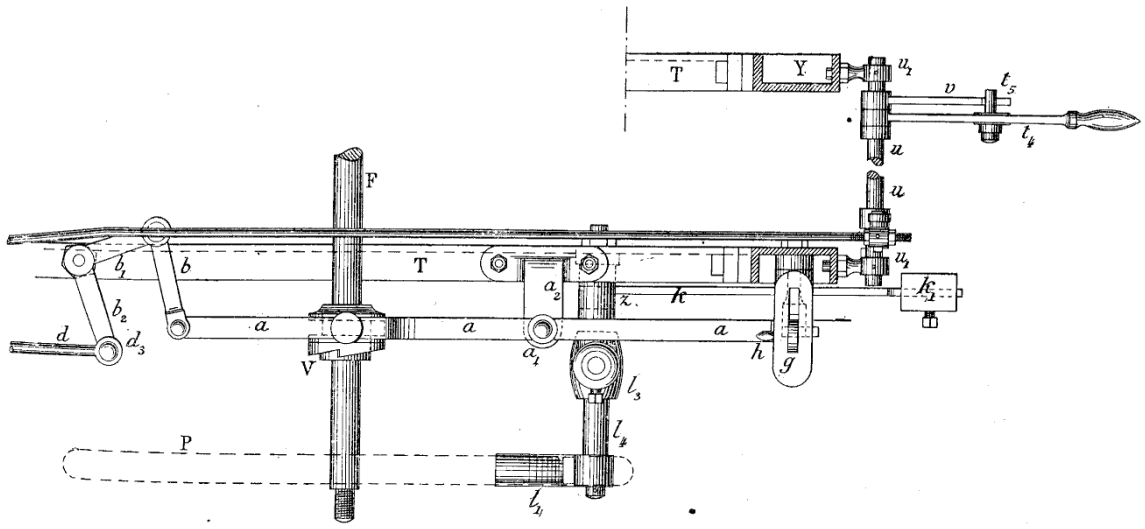


Fig. 12.

claveté, vers la gauche, le sabot du frein l_1 ; à l'autre extrémité est calé le levier k à contrepoids réglable k_1.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Si l'ouvrier a besoin de tourner au volant pendant l'arrêt de la machine, il convient de le soustraire à l'action du frein. Le dispositif représenté à plus grande échelle dans les figures 15, 16, 17, 18 montre comment le débrayage suspend automatiquement l'effet du frein.

Un petit galet h_1, solidaire du levier d'embrayage f, agit sur une came x, mobile autour de l'axe x_1; ledit axe est maintenu par la chape x_2, qui fait partie du support g. A l'autre bout de la came x est articulée une tringle verticale j, dont l'extrémité inférieure passe à travers l'œil j_2 du levier de frein k. De quelque

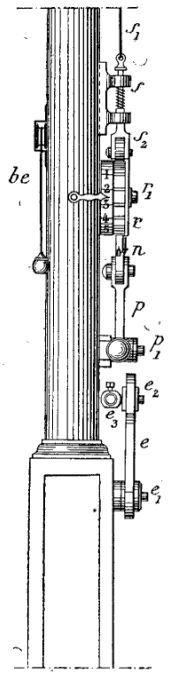


Fig. 13.

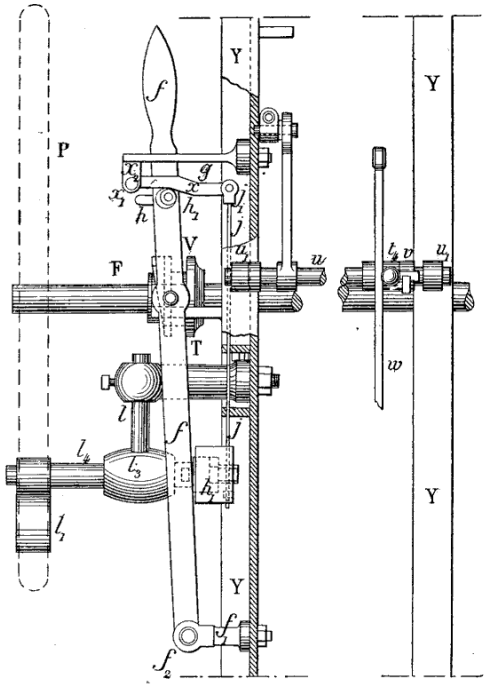


Fig. 14.

côté que se produise le débrayage, le levier f se trouve entraîné de gauche à droite (fig. 15) et le galet h_1 soulève la came x; du même coup, la tringle j relève les levier et contre poids k, k_1 du frein.

Desserrage permanent en cas de repiquage. — Le serrage du frein serait également nuisible dans le cas de marche continue pour repiquage. Afin de l'empêcher, il suffit de faire exécuter un quart de tour au petit levier à manette h, supportant le galet h_1 pour le placer verticalement (fig. 16 17, et 18). La came x reste soulevée, quelle que soit la position du levier f et la tringle j tirée de bas en haut maintient le sabot écarté de la jante du volant.

Rappel de cartons. — Avec les piquages à bras, il suffit, pour rappeler ou

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pour faire sauter un certain nombre de cartons, de manœuvrer le levier $a\,b$ dans un sens ou dans l'autre. Avec le piquage mécanique, la came R s'oppose à ce double mouvement ; le constructeur a tourné la difficulté comme suit (fig. 11, 12, 13).

A l'avant du piquage, sous le tiroir et passant dans les douilles u_1, fixées aux montants Y, se voit l'arbre u; sur ce dernier sont calés, à droite, deux bras horizontaux t_4 et v (le premier à manette) et, à gauche, un bras vertical t (fig. 11). Vers le milieu du levier t_4 est fixé l'axe t_3, qui traverse un œil de la tige w servant à la commande des deux *loquets*.

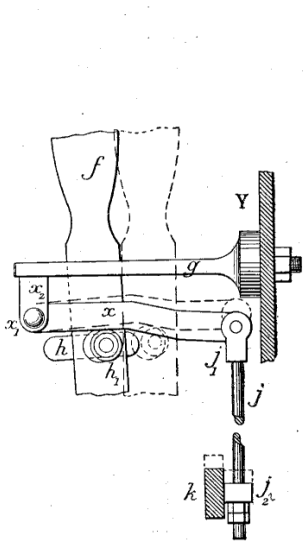


Fig. 15.

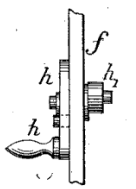


Fig. 16.

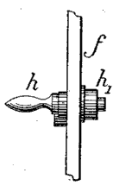


Fig. 17.

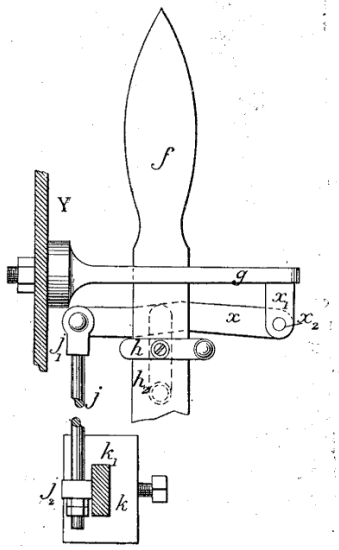


Fig. 18.

En soulevant la manette du bras t_4, l'ouvrier détermine le mouvement de ces loquets et conséquemment la rotation des cylindres guide-papier. Une butée t_2 (fig. 11) limite la course de t_4 et empêche de sauter plusieurs cartons à la fois.

La même manœuvre peut encore s'effectuer de l'arrière, grâce au levier d'équerre p. Lorsque l'ouvrier appuie sur la branche horizontale de p, la tringle m, articulée en n à la branche verticale, est tirée en arrière et entraîne à gauche le levier t, par l'intermédiaire de la noix t_1.

Dès que la pression cesse, un ressort hélicoïdal m_1 bandé entre la bague m_2 et le support m_3, ramène l'ensemble dans la position initiale.

Compteur. — Il est parfois nécessaire de sauter, après chaque coup, un certain nombre de cartons. Pour éviter les erreurs résultant d'un défaut de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mémoire ou d'un manque d'attention, le mouvement de rappel a été complété par un compteur.

L'appareil se compose d'un barillet en bronze r (fig. 11) gradué à la circonférence, de 1 à 15. Un cliquet n_1, placé sur la tête n de la tringle m, agit sur les

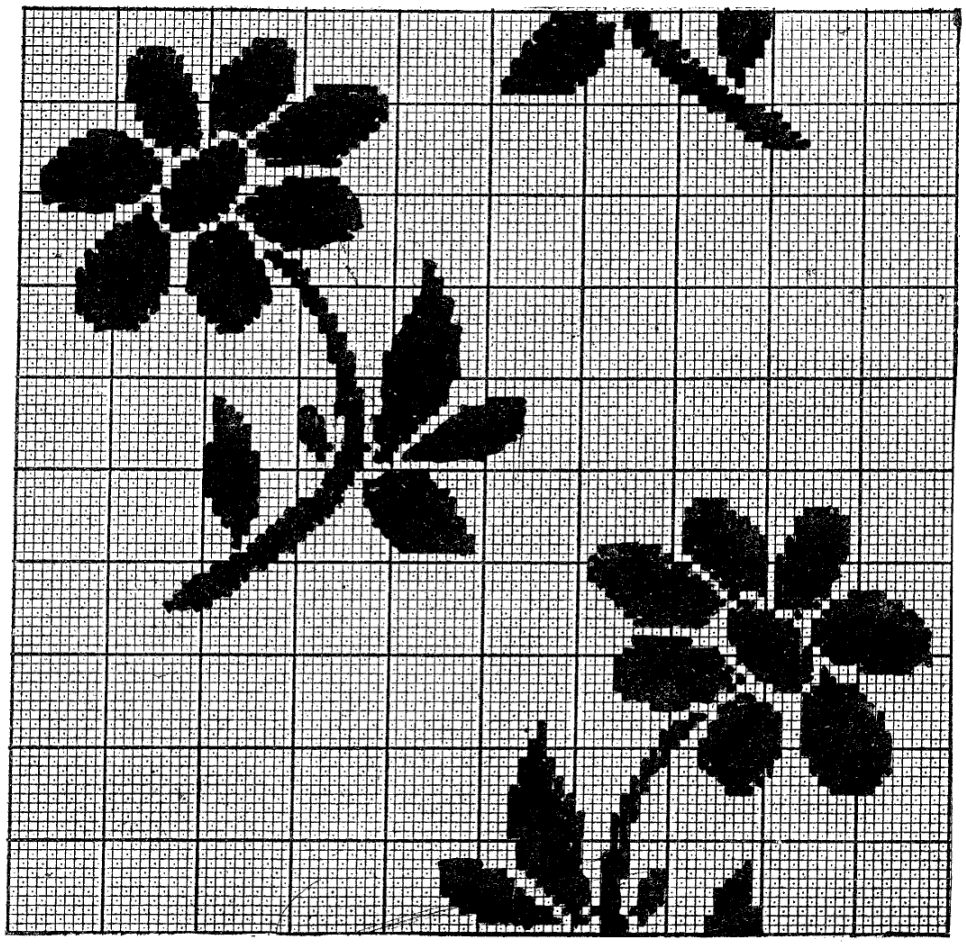


Fig. 19. — Mise en carte ordinaire. Lecture entière de cent cartons.

fuseaux du barillet et détermine la rotation. Un ressort antagoniste r_1 monté à l'intérieur du barillet, tend à faire revenir celui-ci en arrière, mais est contre-carré par la pression, du valet de sûreté s entre deux fuseaux du barillet.

Lorsque le barillet a effectué un tour complet, il butte contre un arrêt ; il suffit alors de tirer la poire s_3 qui, par l'intermédiaire des ficelles s_1 déclenche le valet s; le ressort intérieur fait aussitôt revenir le barillet au point de départ.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Marquage des cartons. — Enfin il est souvent indispensable, — notamment pour le piquage d'un dessin à plusieurs couleurs qui exige, chaque fois, le passage du même nombre de cartons, — de marquer ces cartons au fur et à mesure de la lecture.

La figure 10 indique le moyen employé : Une branche *bl* à double coulisse, disposée de manière à pouvoir se déplacer légèrement sur l'avant de la plaque guide-poinçons, porte le crayon de couleur *bm*, fixé en regard du papier. En tirant sur la corde *be*, l'équerre *bf* oscille autour de *bh* et entraîne vers la gauche la plaque *bl* au moyen du goujon *bk*. Simultanément les deux coulisses angulaires de la plaque *bi* portent en avant le crayon *bm* jusqu'au contact du papier,

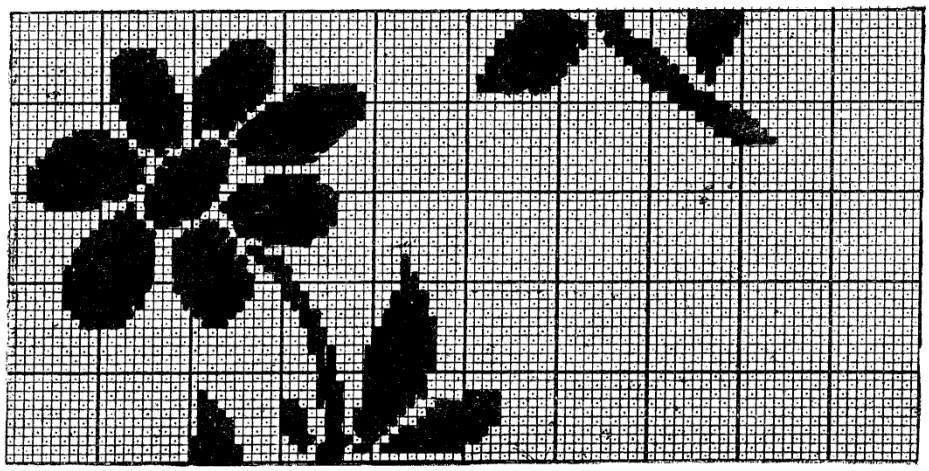


Fig. 20. — Mise en carte réversible. 50 cartons lus et 50 cartons repiqués.

où il marque un trait. Le mouvement inverse s'effectue sous l'action du ressort de rappel placé vers la droite.

Pour manœuvrer le porte-crayon, de l'arrière, la corde *be* est prolongée le long du bâti sur de petites poulies de renvoi et terminée par une poignée à portée du tireur.

Mécanique de colletage. — Une mécanique additionnelle R, dessinée sur la figure d'ensemble et surtout destinée à travailler au pied est, d'ordinaire, actionnée par une corde, qui se trouve fixée, d'un bout, au levier U, de l'autre, au crochet de la marche S_1.

Il est possible de commander automatiquement cette mécanique à l'aide du mouvement de sonnette indiqué en pointillé. Mais on est alors obligé de démonter la transmission chaque fois qu'il faut travailler avec le piquage. En effet, la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mécanique dite à *colletage* fonctionne presque toujours avec les cordes croisées et, entre autres applications, se prête à la préparation économique des dessins *réversibles*.

La mise en carte ci-contre fig. 19 et 20 en fournit un exemple : sans la mécanique à colletage, le liseur est tenu de piquer cent cartons qui correspondent aux cent rangées horizontales de la *carte* des fleurs symétriquement inversées. Avec la mécanique additionnelle, il suffit de lire les cinquante premiers cartons, puis de repiquer sur la seconde mécanique, colletée à rebours, pour obtenir les cinquante cartons complémentaires.

Le colletage de la même mécanique permet encore de transporter ou de faire courir un dessin déjà piqué, qui ne correspondrait pas au montage d'un métier sur lequel ledit dessin serait destiné à travailler. Il est beaucoup plus économique de faire un colletage dans ces conditions que de procéder au montage d'un métier, pour ne produire parfois que quelques mètres de tissu.

Lorsque le piquage ne comportait qu'une seule mécanique, il fallait nécessairement, pour procéder à un semblable repiquage, remettre les cordes à leur place, c'est-à-dire *décolleter* et *recolleter*, ce qui entraînait à des pertes de temps. L'addition d'une seconde mécanique permet d'avoir la première toujours disponible.

Signé : E. Simon, *rapporteur.*

Lu et approuvé en séance le 10 décembre 1897.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS MÉCANIQUES

RAPPORT fait au nom du *Comité des Arts mécaniques*, PAR **M. A. Brüll**, sur un *graisseur automoteur continu*, présenté par **MM. Millochau, Bernaud et Cie**, fabricants d'huiles, à Nanterre (Seine).

La question du graissage a pris de plus en plus d'importance au fur et à mesure que la puissance des moteurs s'est accrue pour arriver aux machines colossales qui sont si nombreuses de nos jours.

Les qualités des huiles ont été étudiées de plus près ; l'emploi des huiles minérales s'est généralisé, et l'on a eu recours, pour la lubrification, à des dispositifs actionnés par le moteur lui-même ou fonctionnant à la vapeur. Tantôt celle-ci agit directement sur l'huile par sa pression et sa condensation, tantôt elle fait mouvoir une pompe qui refoule l'huile dans les différents organes.

A l'aide de ces perfectionnements, on a beaucoup amélioré le graissage des cylindres et tiroirs, mais le progrès paraît moins marqué en ce qui concerne les nombreux organes fixes et mobiles des machines à vapeur.

Or, cette dernière partie du problème offre de réelles difficultés dans les machines modernes. Il s'agit, en effet, d'assurer la lubrification d'organes beaucoup plus nombreux et beaucoup plus espacés. Ces pièces fonctionnent dans des conditions très diverses : les unes sont soumises à des pressions qui atteignent souvent des valeurs très élevées, les autres sont animées d'une grande vitesse, d'autres encore renferment de la vapeur à forte pression et à température élevée. Quelques-unes ont besoin d'une précision telle qu'on ne peut admettre, dans leurs articulations, qu'une usure imperceptible.

Avec les puissants moteurs installés sur les navires, dans les forges pour les soufflerie et les laminoirs, dans les usines électriques, où la puissance se chiffre par milliers de chevaux-vapeur, le graissage de ces organes prend une grande importance. On comprend qu'un arrêt causé par le grippement peut avoir des résultats désastreux : un navire peut être mis en perdition ; l'arrêt d'une soufflerie ou d'un puissant laminoir peut causer des pertes considérables.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

De plus, le graissage à la main des grands moteurs exige un nombreux personnel, qui est exposé à de réels dangers ; ausi, cherche-t-on maintenant à remplacer ces ouvriers par des appareils mécaniques. On assure ainsi une plus grande régularité dans le service, tout en économisant une main-d'œuvre et la matière, et en obtenant une plus grande propreté.

Parfois, l'huile doit agir, non seulement comme lubrifiant, mais aussi comme agent de refroidissement : c'est lorsqu'un organe s'échauffe en marche. Il faut alors pouvoir diriger rapidement sur ce point un véritable flot d'huile, qui combat l'échauffement, empêche le grippement des parties frottantes, et évite un arrêt du moteur.

Un appareil mécanique doit permettre le graissage dès avant la mise en marche, il doit assurer la lubrification constante de chaque organe en distribuant l'huile sous une pression assez forte et en quantité suffisante, mais non surabondante à chacun d'eux, et ce au point le plus convenablement choisi. Enfin, il doit permettre d'arroser d'huile un quelconque des organes qui viendrait à s'échauffer durant la marche.

C'est un appareil de ce genre que présentent MM. Millochau, Bernaud et C^ie^. Il a été combiné par *M. A. Barre*, ingénieur bien connu par ses travaux sur le chemin de fer glissant hydraulique.

Cet appareil se compose (fig. 1 à 6) d'une petite pompe horizontale, actionnée par la vapeur du générateur, d'une ou de plusieurs herses pour la distribution de l'huile et de tubulures convenablement articulées, conduisant l'huile des herses à chacun des organes du moteur.

Un piston plongeur aspire l'huile dans un réservoir à travers un filtre et la refoule dans les herses de distribution, avec une pression allant jusqu'à 15 kilos par centimètre carré.

L'action de la vapeur dans le cylindre moteur devant être constante, malgré les variations de pression dans la chaudière, un régulateur de pression est placé sur le tuyau d'amenée.

La distribution de la vapeur dans le cylindre se fait au moyen d'un robinet à quatre voies. La clef de ce robinet porte un secteur denté s'engrenant avec un crémaillère. Cette crémaillère est mise en jeu par l'action d'un ressort à boudin qui est comprimé durant chaque course du piston et déclenché à la fin de cette course.

Le secteur tourne de 90° sous l'action de la crémaillère, entraîne la clef du robinet et renverse ainsi la distribution.

Le piston à vapeur est soumis au même effort pendant l'expiration et

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

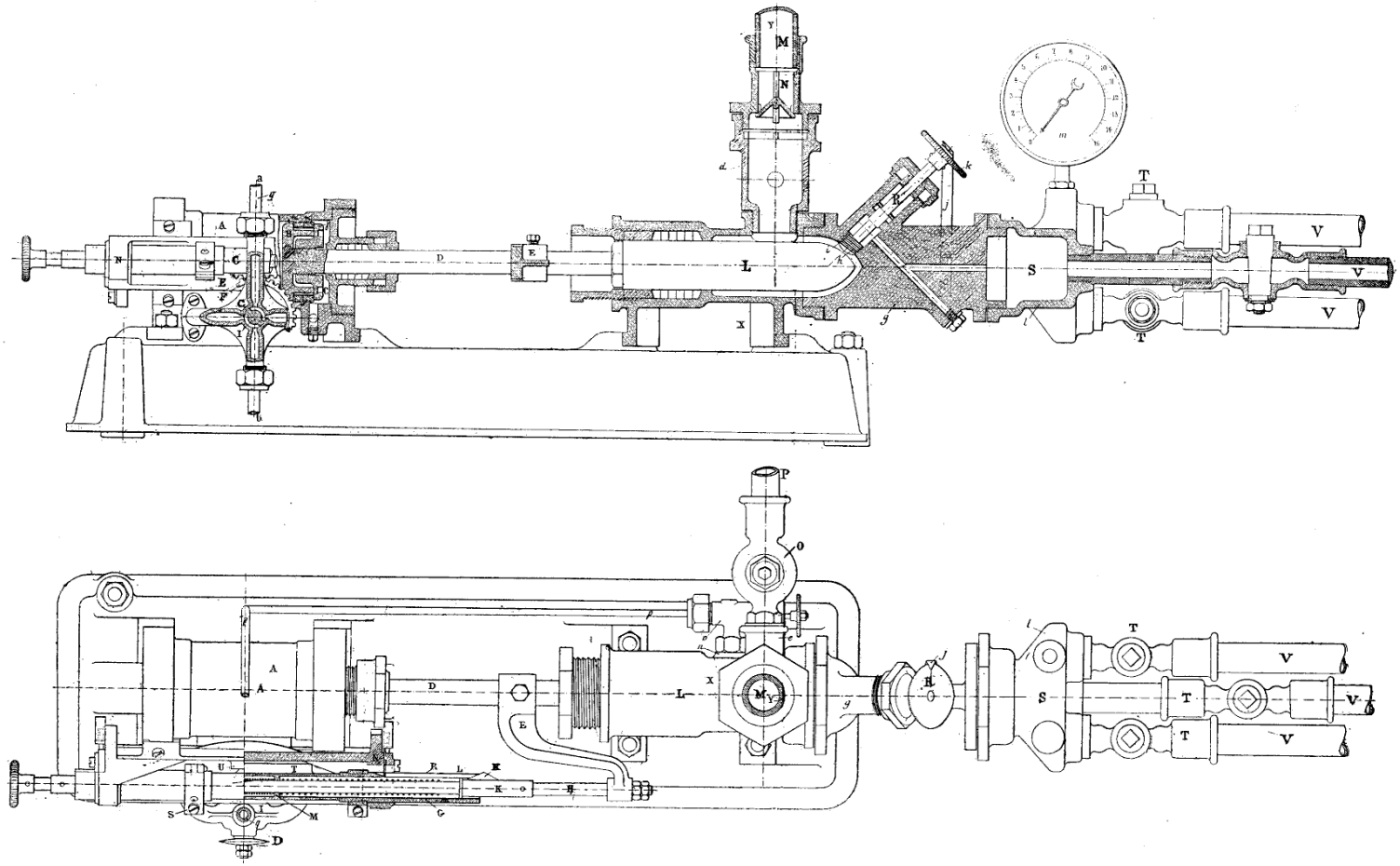


Fig. 1 et 2. — Graisseur *Millochau Bernaud*. Ensemble de la pompe. Coupe longitudinale et plan.

L, pompe à huile, avec cylindre plongeur de 30 millimètres de diamètre; **M**, tuyau amenant l'huile du réservoir; il porte à son pied un clapet **N**, qui se ferme pendant le refoulement; **O**, boîte du *refoulement à haute pression*. Cette boîte contient un clapet de retenue qui s'applique sur son siège durant l'aspiration; **P**, tuyau en acier étiré, portant l'huile sous forte pression aux cylindres à vapeur et au palier de butée, dans les machines marines; **Q**, tuyau en acier étiré et desservi par un pointeau spécial vissé sur un bossage latéral du cylindre à huile. Ce tuyau a 3 millimètres de diamètre intérieur; il assure le graissage du cylindre à vapeur **A** et débouche sur la conduite de vapeur, au-dessus du robinet de distribution; **R**, pointeau régulateur alimentant la boîte **S** du *refoulement à basse pression*. Cette boîte est pourvue d'un manomètre dont les indications servent à régler la pression de distribution d'huile par la manœuvre du pointeau **R**; **T**, prises de distribution de l'huile pour les organes autres que les cylindres et le palier de butée; **U**, tuyaux portant l'huile aux herses de distribution. Des herses, l'huile va à chacun des organes à graisser par des tubes en cuivre rouge étiré et recuit de 3 millimètres intérieur et de 1 millimètre d'épaisseur. (Pour les autres lettres, voir la légende des figures 5 et 6.)

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

durant le refoulement de l'huile, malgré la grande différence de résistance

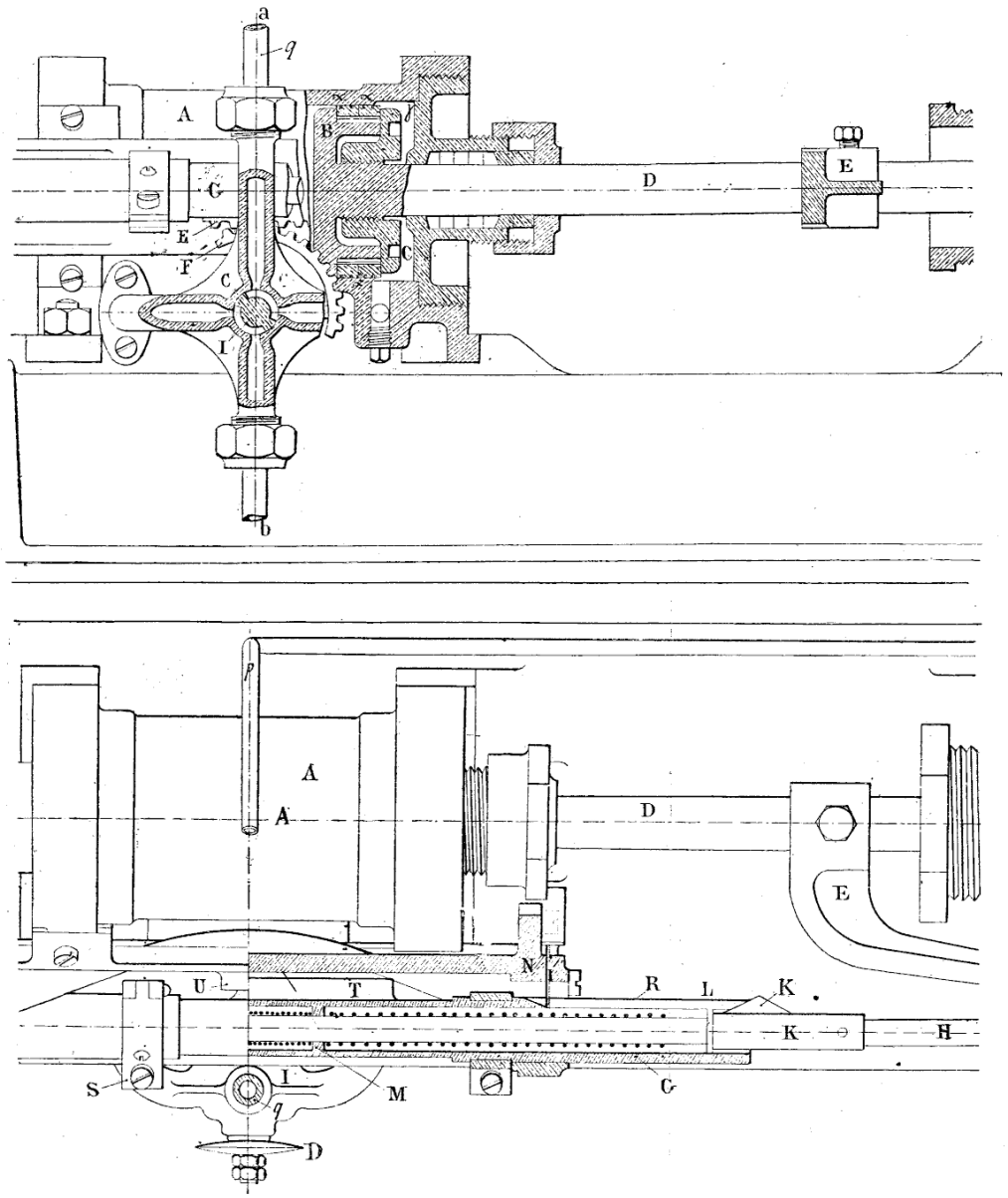


Fig. 3 et 4.— Graisseur *Millochau Bernaud*. Détail du cylindre à vapeur. (Voir la légende, fig. 5 et 6.)

qu'il a à vaincre. C'est pourquoi sa vitesse, très faible pendant la course utile, est grande pendant l'aspiration qni ne dure qu'environ une demi-seconde.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le refoulement de l'huile peut ainsi être considéré comme ininterrompu.

Un clapet s'oppose, pendant le refoulement, au retour de l'huile dans le réservoir.

Un clapet de retenue se ferme pendant l'aspiration. C'est de la boîte de

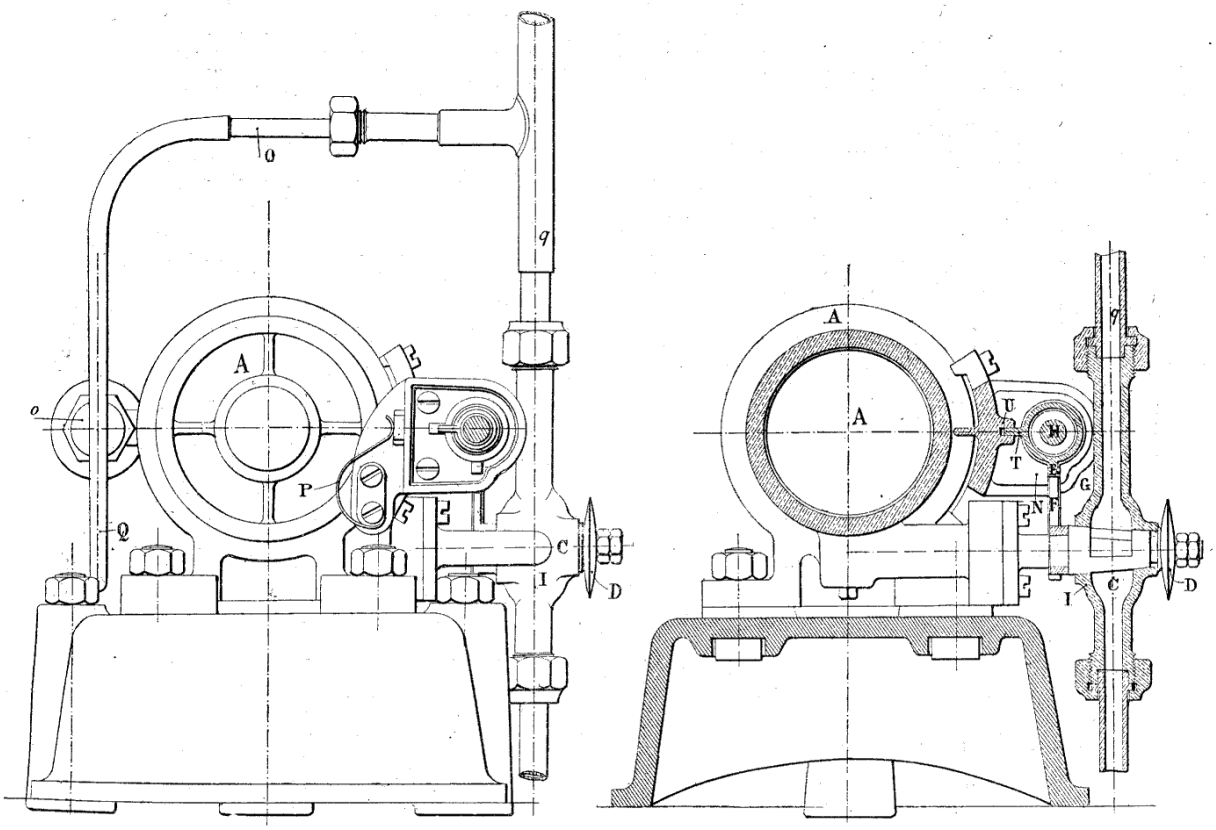


Fig. 5 et 6. — Graisseur *Millochau Bernaud*. Vue par bout et coupe *a b* (fig. 3).

A, cylindre à vapeur de la pompe à huile; B (fig. 3), piston à vapeur de 50 millimètres de diamètre et de 60 millimètres de course. Il est garni de deux segments jointifs en acier, portant par leur face intérieure sur un ressort annulaire. La face extérieure des segments est creusée de gorges; C, robinet à quatre voies pour la distribution de la vapeur. La clef de ce robinet a son serrage assuré par une paire de rondelles Belleville D; E, crémaillère engrenant avec le secteur F, calé sur la clef du robinet de distribution. Cette crémaillère est portée par un fourreau G, dont la partie supérieure est pourvue d'une rainure longitudinale; H, tige actionnée par un bras qui lui communique le même mouvement que celui dont est animée la tige du piston. Cette tige comprime le ressort à boudin placé à l'intérieur du fourreau, tandis que celui-ci est maintenu immobile par un verrou I. A la fin de la course du piston, le couteau K repousse le verrou I; le ressort se détend et chasse le fourreau G. La crémaillère fait tourner de 90° le secteur F; la distribution de la vapeur est ainsi renversée. Ces mêmes organes se trouvent à chacune des extrémités de la tige K et produisent la même action à la fin des courses du piston. Les ressorts sont en fil d'acier non trempé, afin qu'ils ne puissent jamais se briser.

ce clapet que part le tuyau qui conduit la matière lubrifiante aux cylindres de la machine à vapeur ainsi qu'aux autres organes qu'il convient de lubri-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

fier sous forte pression, comme le palier de butée des machines marines. Cette première distribution coustitue le *refoulement à haute pression.*

A l'extrémité du cylindre de la pompe, se trouve vissé le support d'un pointeau régulateur. Ce pointeau est formé d'une tige en acier dont la partie filetée se visse dans la paroi du support. Le filet de cette partie se trouve enlevé sur toute la hauteur de la pièce et sur un secteur de 12 millimètres de développement. Une échancrure semblable est faite dans la paroi filetée du support.

Lorsqu'on tourne le pointeau de façon à mettre en regard ces deux échancrures, elles laissent entre elles une cheminée libre de 12 millimètres carrés de section, qui suffit au débit maximum du graisseur. Si on tourne le pointeau de façon à croiser les échancrures, on peut réduire la section d'écoulement jusqu'à zéro.

Un index permet, au moyen d'un repère tracé sur le volant du pointeau, de retrouver toute position des échancrures précédemment occupée.

L'huile que laisse passer le pointeau régulateur se rend dans une botte où un manomètre indique la pression cerrespondant aux divers débits obtenus par la manœuvre du pointeau. Cette boîte porte cinq prises pour tuyaux distributeurs. Une de ces prises suffit généralement pour un moteur, mais on peut en employer aussi plusieurs, ou bien desservir plusieurs machines avec un seul appareil,

Par suite des dimensions très restreintes de l'orifice d'écoulement offert par le pointeau régulateur et aussi du grand développement des tuyaux de dégraissage toujours pleins d'huile, la dépression produite par l'aspiration du piston plongeur ne se fait pas sentir dans la boîte, et l'aiguille de son manomètre reste immobile. Ce fait explique l'absence de clapets de retenue, dans cette partie qui est désignée sous le nom de *refoulement à basse pression.*

Le tuyau qui part de la boîte alimentée par le pointeau régulateur de la pompe aboutit à angle droit au milieu de la longueur d'un autre tuyau fermé aux deux bouts. Celui-ci est garni d'autant de pointeaux qu'il y a d'organes à lubrifier dans la machine.

De chacun des pointeaux de cette herse, part un tube qui se dirige vers l'un des organes à graisser, dont la désignation est inscrite au droit du pointeau.

Tous les pointeaux correspondant aux organes du petit cylindre dans une machine à triple expansion, par exemple, sont réunis en un groupe

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

séparé. Il en est de même de ceux du moyen cylindre, ainsi que de ceux du grand.

Lorsque les organes sont nombreux, on dispose de plusieurs herses, qui sont alimentées par autant de tuyaux venant de la pompe. Les herses sont placées à la main du mécanicien qui conduit la machine. Il peut ainsi, en ouvrant un pointeau de plus en plus, graisser davantage, en cas de besoin, l'organe correspondant, ou même l'inonder d'huile en ouvrant tout à fait le pointeau.

Les tuyaux partant des herses vont se fixer sur les organes à lubrifier au moyen de raccords en bronze. Pour les organes en mouvement, il existe, entre les pointeaux et les raccords, des articulations de formes appropriées. Tous ces organes sont pourvus de rattrapages destinés à compenser l'usure.

Pour éviter toute interruption possible, il est bon, dans chaque installation, de disposer de deux graisseurs à vapeur, dont l'un forme rechange.

Comme on le voit par ce qui précède, le système de graisseur de MM. Millochau, Bernaud et C^ie^ distribue la même sorte d'huile à tous les organes. Il ne fait de distinction, parmi les parties à lubrifier, qu'au point de vue du débit et de la pression sous laquelle il leur délivre l'huile.

La première application de ce système de graisseur, que votre rapporteur a pu examiner en détail, a été faite à la fin de 1896, sur un moteur à vapeur vertical, à triple expansion, de 2000 chevaux de puissance, dans l'usine de la compagnie parisienne de l'air comprimé, quai de la gare à Paris. Des essais de graissage ont été suivis durant deux mois sur ce moteur; ils ont montré que tous les organes étaient parfaitement lubrifiés et que l'appareil donnait toute satisfaction, tout en procurant une économie de 27 p. 100 sur le coût de la matière de graissage.

La Compagnie parisienne de l'air comprimé se dispose à monter une seconde installation. Elle estime aux trois quarts de la dépense de graissage, matière et main-d'œuvre, l'économie qui résulterait de l'emploi général de ce système sur les quatre machines de son usine.

A Ivry-Port, chez M. Lemoine, fabricant de ferrures, un graisseur automoteur dessert neuf marteaux-pilons de diverses grosseurs.

Chez M. Isaac Holden, à Croix (Nord), deux machines horizontales de 250 chevaux-vapeur chacune, sont desservies par un appareil.

Un nouveau type de moteur à vapeur, d'une puissance de 500 chevaux, créé par la maison Weyher et Richemond, de Pantin, est aussi lubrifié par un graisseur automoteur.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le bateau à vapeur « La Corse » appartenant à la Compagnie générale transatlantique et portant une machine à double expansion d'une puissance de 1 200 chevaux, vient d'être récemment pourvu d'une installation de graissage à fonctionnement automatique.

Comme on le voit, l'appareil qui fait l'objet du présent rapport, semble avoir résolu le problème du graissage automatique, à la satisfaction de ceux qui l'ont appliqué. Il répond aux nécessités qui se sont successivement présentées pour assurer le fonctionnement des engins de la grosse mécanique.

Nous avons, en conséquence, l'honneur de vous proposer, Messieurs, de remercier MM. Millochau, Bernaud et C^ie^ de leur intéressante communication, de féliciter M. Barre de son ingénieuse combinaison et d'ordonner l'impression du présent rapport dans le *Bulletin* de la Société avec les figures représentant le graisseur automoteur et la légende explicative de ces figures.

Signé : Brull, *rapporteur*,

Lu et approuvé en séance, le 14 *janvier* 1898.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

BEAUX-ARTS

RAPPORT présenté par **M. Pector**, au nom du *Comité des Beaux-Arts*, sur les *imitations de fruits*, de **M. J. Landsmann**.

MESSIEURS,

M. Landsmann, marbrier à Saint-Germain-en-Laye, a présenté à la Société d'Encouragement plusieurs spécimens du procédé qui lui permet d'obtenir des imitations des différents fruits.

La Société pourra juger des mérites de ce procédé en examinant la petite collection que nous mettons sous ses yeux et qui comprend 6 fruits variés dont 1 poire, 2 pêches, 1 orange et 2 pommes. Ces fruits sont sculptés dans un morceau de marbre blanc; après leur avoir ainsi donné la forme voulue, M. Landsmann les passe au grès, à la briquette et à la pierre ponce; il les enduit ensuite de gomme, pour les préparer à recevoir la peinture qui doit pénétrer dans le marbre; puis il étend les couleurs, et c'est au moyen d'acide qu'il obtient les tons avec tous leurs changements.

Ces fruits, qui sont la reproduction exacte de la nature, peuvent être employés comme serre-papiers, objets d'étagère, etc., mais leur principal intérêt réside dans les services qu'ils sont appelés à rendre pour la diffusion des connaissances pomologiques et l'indication des bonnes espèces à cultiver.

C'est ainsi que les sociétés d'horticulture peuvent en former des collections fort utiles pour leurs membres désireux de s'instruire, et que les professeurs départementaux et autres pourront appuyer leur enseignement par la présentation, à leurs auditeurs, de ces intéressantes reproductions.

Les musées scolaires y trouveraient également un moyen d'enrichir utilement leurs collections destinées à l'instruction des élèves qui fréquentent nos écoles publiques.

Le Comité des Beaux-Arts vous propose de remercier M. Landsmann de sa présentation et de décider l'insertion du présent rapport au *Bulletin*.

Signé : S. PECTOR, *rapporteur*.

Lu et approuvé en séance, le 14 janvier 1898.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TRAVAUX DE LA COMMISSION DES ALLIAGES

PROPRIÉTÉS MAGNÉTIQUES DES ACIERS TREMPÉS

PAR **Mme Sklodowska Curie**

INTRODUCTION

Ce travail a été fait en vue d'étudier l'influence de la composition chimique des aciers sur leurs propriétés magnétiques et la manière dont ces propriétés sont modifiées par les conditions de trempe. Les aciers qui peuvent servir à faire de bons aimants permanents ont été étudiés plus complètement. Enfin, j'ai étudié l'effet d'un faible recuit sur les mêmes aciers et l'influence des secousses et du temps sur leur aimantation.

M. le professeur H. Le Chatelier a bien voulu faire mettre à ma disposition, pour effectuer ce travail, des échantillons de divers aciers et en faire faire l'analyse. Les aciers m'étaient fournis généralement sous forme de barreaux ayant 20 centimètres de longueur et une section carrée de 1 centimètre de côté ; cependant, pour certains aciers, l'étude a été faite sur des barreaux de dimensions différentes. J'ai étudié aussi quelques aciers sous forme d'anneaux réalisant des circuits magnétiques fermés.

Je tiens à remercier bien sincèrement M. le professeur Le Chatelier, dont l'aide et les conseils m'ont été très précieux. Les directeurs de quelques usines et sociétés métallurgiques ont bien voulu prêter leur concours désintéressé, en procurant les échantillons d'aciers utilisés dans ce travail, dont plusieurs ont été préparés spécialement. Je remercie à ce sujet M. Hugot, Directeur des aciéries de Firminy et M. Choubley, ingénieur en chef, — M. de Montgolfier, directeur des forges et aciéries de la marine et des chemins de fer à Saint-Chamond et M. Grobot, directeur de l'usine d'Assailly, — M. Brüstlein, directeur des aciéries d'Unieux, — M. Werth, directeur des usines métallurgiques de la société Commentry-Fourchambault, — M. Lévy, directeur de la Compagnie des forges de Châtillon et Commentry, — M. Plichon, directeur de la fonderie de Grenelle,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

— enfin M. Carpentier, qui a bien voulu faire exécuter gracieusement dans sa maison certains travaux pour la préparation des anneaux.

Pour caractériser les propriétés magnétiques d'un acier, j'aimantais les barreaux à saturation et je déterminais pour chacun d'eux :

1° Le champ coercitif;

2° L'intensité d'aimantation rémanente au milieu du barreau.

Pour les aciers étudiés sous forme d'anneau, j'ai construit la courbe d'aimantation cyclique.

Soit ABCDB'C'A (fig. 1) la courbe qui représente l'intensité d'aimantation I en fonction du champ magnétisant H, pour un circuit magnétique fermé, tel qu'un anneau d'acier. Le champ est produit par un courant circulant dans un fil enroulé régulièrement autour de l'anneau. Le champ variant d'une façon continue de $+H_1$ à $-H_1$ et de $-H_1$ à $+H_1$ l'intensité d'aimantation prend successivement les valeurs représentées par les ordonnées des branches ABCD, DB'C'A de la courbe. Quand le champ H a sa valeur maximum H_1 *l'intensité d'aimantation induite* a sa valeur maximum I_m représentée par l'ordonnée du point A. Quand le champ est nul, on a *l'intensité d'aimantation rémanente* $I_r = OB$. Le champ étant négatif pour une certaine valeur $OC = H_c$, l'anneau sera complètement désaimanté. H_c sera le *champ coercitif* (cette quantité est souvent appelée force coercitive). La connaissance complète du tracé de la courbe est nécessaire pour définir les propriétés d'un acier au point de vue magnétique. Cependant, les trois grandeurs : Intensité d'aimantation induite maximum I_m ; intensité d'aimantation rémanente I_r; champ coercitif H_c, suffisent déjà pour caractériser assez bien la nature de l'acier à ce point de vue.

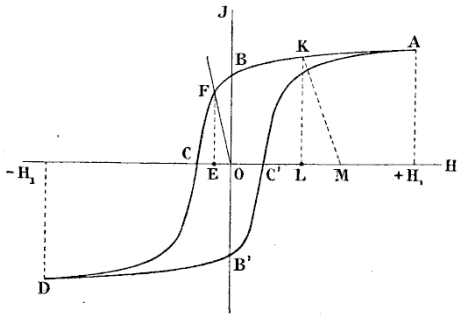


Fig. 1.

Dans le cas d'un barreau placé dans un champ magnétique uniforme H' et orienté parallèlement au champ, le champ magnétisant H, en chaque point, est dû à la superposition du champ H' et du champ démagnétisant H'', dû à l'aimantation du barreau. Si, après avoir aimanté le barreau, on supprime le champ H', le champ démagnétisant H'' dû aux pôles subsiste seul. Soit (fig. 1) OE la valeur de ce champ au milieu du barreau, EF représentera *l'intensité d'aimantation rémanente* I'_r *au milieu du barreau.*

L'intensité d'aimantation rémanente d'un barreau est toujours plus faible que celle d'un anneau, et s'en rapproche d'autant plus que le rapport de la lon-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

gueur du barreau à sa section est plus grand. Quand ce rapport est très grand, le point F est très voisin de B. Quand ce rapport est petit, F est voisin de C, et l'intensité d'aimantation rémanente est presque nulle (1).

J'ai déterminé, dans ce travail, le champ extérieur désaimantant pour lequel l'intensité d'aimantation au centre du barreau est nulle, je l'appellerai le *champ coercitif du barreau*. Le champ coercitif du barreau est sensiblement le même que le champ coercitif pour un circuit fermé. En effet, au moment où le barreau se trouve désaimanté, le champ magnétisant est égal au champ extérieur.

Cette proposition n'est pas rigoureusement exacte parce que toutes les parties du barreau ne sont pas désaimantées en même temps (2).

L'expérience n'a pas montré de différence systématique entre les champs coercitifs déterminés pour le même acier à l'état de barreau ou à l'état d'anneau.

Le champ coercitif d'un acier joue un rôle prépondérant lorsqu'il s'agit de définir ses qualités pour la construction des aimants. L'intensité d'aimantation rémanente en circuit fermé est, en effet, du même ordre de grandeur pour un grand nombre d'aciers et même pour le fer doux. Au contraire, le champ coercitif qui, pour un acier très doux, peut être plus petit que 1, peut dépasser 80 pour certains aciers durs. — Les aciers à faible champ coercitif ne peuvent donc pas être utilisés pour la construction des aimants permanents. Leur aimantation en circuit magnétique non fermé est faible puisque le champ démagnétisant qui en dérive doit être inférieur au champ coercitif. La stabilité des aimants sous l'action des perturbations magnétiques croît aussi avec la grandeur du champ coercitif. Enfin l'expérience montre qu'il en est de même de la stabilité du magnétisme rémanent sous l'influence des secousses et des trépidations.

(1) On peut avoir approximativement la valeur du champ extérieur H′ qui correspond a chaque valeur de I pour un barreau un peu long par rapport à son diamètre par une construction simple (voir fig. 1). Traçons OF, EF étant l'intensité d'aimantation rémanente au centre du barreau; pour l'état représenté par un point K quelconque, I étant toujours donné par KL et H par OL, H′ sera donné par OM, obtenu en menant par le point K une droite KM, parallèle à OF. Cette construction équivaut à un changement d'axe. (Voir Du Bois — *Magnetishe Kreise.*) En particulier, pour le point F, on a H′ = 0; pour le point C, H′= H, c'est-à-dire, que le champ coercitif du barreau est égal au champ coercitif en circuit fermé.

(2) J'ai étudié, pour un barreau d'acier d'Allevard, l'état d'aimantation des diverses sections quand le barreau est placé dans un champ démagnétisant égal à son champ coercitif. On trouve que, dans ces conditions, les extrémités du barreau sont déjà aimantéesl égèrement en sens inverse de l'aimantation primitive. Cette aimantation inverse, localisée vers les extrémités, est inférieure à 1 p. 100 de l'aimantation primitive; elle crée au centre du barreau un faible champ démagnétisant; il en résulte que le champ coercitif du barreau est légèrement plus faible que le champ coercitif vrai de la substance (champ coercitif à circuit fermé). Pour se rendre compte de la différence des deux champs coercitifs d'après les expériences dont on vient de parler, on ne peut faire que des calculs approximatifs basés sur des hypothèses incertaines. Ces calculs conduisent à une différence de l'ordre de grandeur de 1 p. 100.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

MÉTHODES DE MESURE

ÉTUDE DES BARREAUX

On peut mesurer :

1° Le moment magnétique total du barreau M ;

2° Le flux d'induction φ qui traverse la section droite du barreau en son milieu ;

3° Le champ coercitif.

Le barreau n'étant pas aimanté uniformément, l'intensité d'aimantation rémanente (moment magnétique rémanent par unité de volume) est variable d'un point à l'autre. Le quotient du moment magnétique total par le volume du barreau donne la valeur moyenne (I moyen) de la composante axiale de l'intensité d'aimantation. J'ai déterminé seulement pour quelques barreaux cette donnée complexe au point de vue des propriétés de la substance.

Connaissant le flux d'induction φ, on peut calculer l'intensité d'aimantation I au milieu du barreau. J'ai mesuré cette dernière grandeur pour chaque barreau étudié ; elle a une signification plus simple au point de vue des propriétés magnétiques de l'acier ; de plus, la détermination du flux est plus rapide que celle du moment magnétique.

Quand le barreau est très long par rapport à sa section, les valeurs de I moyen et de I au milieu du barreau sont sensiblement les mêmes. Pour les dimensions des barreaux employés, I moyen est bien inférieur à I au milieu du barreau.

Le champ coercitif a été déterminé pour tous les barreaux.

Les barreaux ont tous été aimantés dans une bobine parcourue par un courant avec un champ de 700 unités environ, plus que suffisant pour la saturation ; un champ de 1 500 unités ne produisait pas une aimantation rémanente plus forte.

Détermination du moment magnétique du barreau. — La méthode employée était celle de Gauss. L'aimant étudié agissait sur un petit aimant suspendu par un fil de cocon, et, pour augmenter la sensibilité, je diminuais fortement le champ terrestre à l'aide d'un aimant directeur. J'évaluais le moment magnétique du barreau en lui substituant un solénoïde parcouru par un courant connu et produisant la même action que l'aimant. Le moment magnétique du solénoïde peut se calculer facilement.

Détermination de l'intensité d'aimantation au milieu des barreaux. — Il s'agit de déterminer en valeur absolue le flux d'induction à travers la section droite au milieu de chaque barreau.

Pour cela, on compare le flux d'un barreau à un flux calculable provenant

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

d'un solénoïde C (fig. 4), parcouru par un courant et traversant les spires d'une bobine coaxiale A. La détermination est basée sur la connaissance, en valeur absolue, des dimensions du solénoïde et de l'intensité du courant. Celle-ci résulte à son tour de la connaissance d'une résistance et d'une force électromotrice.

La détermination absolue n'était faite ainsi que pour quelques barreaux qui servaient d'étalon de flux et dont la constance a été vérifiée plusieurs fois dans le cours des expériences. Le flux des autres barreaux était déterminé par comparaison avec celui des barreaux étalons.

Voici comment on dispose l'expérience pour la détermination du flux d'un barreau en valeur absolue. On introduit dans le circuit d'un galvanomètre balistique deux bobines, *a* et A. La petite bobine *a* peut s'enfiler sur le barreau aimanté B qui est fixé verticalement (fig. 2).

La bobine *a* étant placée au milieu du barreau, on la laisse tomber. La déviation balistique du galvanomètre indique la grandeur du flux au miileu de l'aimant.

La bobine A (fig. 4) est traversée par un solénoïde coaxial C. Ce solénoïde très long est formé d'une seule couche de fil enroulé avec soin au point de vue de l'uniformité. La bobine A est courte et possède plusieurs couches de fil. Quand un courant *i* circule dans le solénoïde, on peut calculer le flux φ qui traverse la bobine A. On tient compte, pour ce calcul, des termes correctifs provenant de l'action des bouts de la bobine C sur chacune des couches de fil de A.

Au moment de la rupture ou de la fermeture du courant *i*, la variation de flux φ détermine un courant d'induction dans le circuit du galvanomètre. On règle l'intensité *i* du courant dans le solénoïde de façon que, par rupture du courant, la déviation balistique soit la même que pour l'aimant. φ est alors égal au flux du barreau aimanté.

Il faut connaître *i* pour calculer φ.

Pour évaluer *i*, on compare la différence de potentiel aux bornes d'une résistance connue parcourue par ce courant à celle d'un élément Latimer Clark et à celle d'un élément Gony par la méthode du potentiomètre à boîte de résistance.

Les barreaux dont on a ainsi déterminé le flux étaient aimantés depuis plusieurs années. Ils ont été conservés à l'abri des secousses et des influences magnétiques pendant la durée des expériences, et leur aimantation est restée constante au degré de précision des expériences. L'aimant qui apresque constamment servi dans les mesures est un barreau cylindrique de 23 centimètres de longueur et de 1 centimètre de diamètre; pendant 15 mois, le flux de cet aimant est resté constant à $1/300^{me}$ près.

Pour mesurer le flux φ au centre d'un barreau quelconque, on le comparait par la méthode balistique au flux de l'un des barreaux étalons. On employait la disposition déjà décrite (fig. 2), et, avec la même bobine intercalée dans le circuit du galvanomètre balistique, on comparait les déviations provenant des flux traversant la section au milieu des deux barreaux.

Connaissant φ, on peut en déduire la valeur de l'intensité d'aimantation I au centre du barreau.

En effet, soit *s* la section du barreau en son milieu, *s'* la surface moyenne des

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

spires de la bobine induite a, n le nombre des spires de cette bobine, h le champ démagnétisant au centre du barreau provenant des pôles; on a :

$$\varphi = 4\pi n\, I\, s - nhs'$$

Le terme nhs' dans le cas des barreaux employés, est toujours très petit par rapport à $4\pi nIs$ et constitue un terme de correction que l'on détermine d'une manière approchée comme il suit :

On place la bobine a (fig. 3), à côté du barreau, près du centre, et on la laisse tomber. La déviation obtenue mesure sensiblement le flux nhs', car h, dans l'air, est à cet endroit très peu différent de h dans le barreau au centre. La correction, pour les barreaux employés, pouvait atteindre 1/50e de la quantité à mesurer. On tire de la formule la valeur de I.

Mesure du champ coercitif des barreaux. — Le barreau B (fig. 5) est placé au milieu d'une bobine très longue C et dirigé suivant l'axe de cette bobine. Un courant circulant dans un sens convenable dans le fil de la bobine C produit un champ magnétique uniforme, qui tend à désaimanter le barreau. On fait progressivement croître le courant depuis zéro jusqu'à la valeur pour laquelle l'aimant est désaimanté; le champ qui existe alors dans la bobine est le champ coercitif.

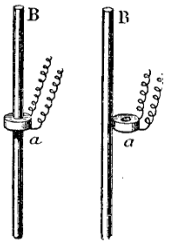


Fig. 2 et 3.

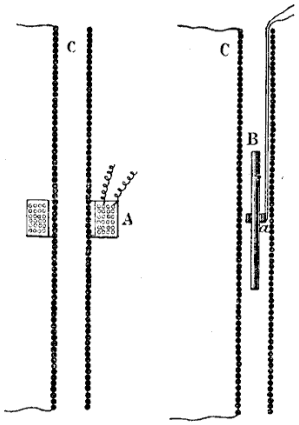


Fig. 4 et 5.

Pour suivre l'état d'aimantation du barreau, une petite bobine a est enfilée sur le barreau et placée en son milieu. La bobine a est dans le circuit du galvanomètre balistique. On se rend compte de l'état d'aimantation du barreau en tirant brusquement la bobine a hors de l'aimant et de la bobine C à l'aide d'une ficelle. La bobine a se déplace verticalement, guidée par deux fils de cuivre. Quand on lâche la ficelle, elle se remet en place au milieu du barreau sans qu'il soit nécessaire de déranger l'appareil.

Quand le barreau n'est plus aimanté, sa présence ne modifie pas le champ produit par le courant. Il faut donc déterminer le courant i pour lequel le flux dans la bobine est le même que quand le barreau ne s'y trouve pas.

La déviation, quand l'aimant est enlevé, est proportionnelle au courant. Dans une expérience préalable, on détermine la valeur de cette déviation par ampère. Elle est relativement très faible, de sorte que la valeur du courant qui annule l'aimantation diffère peu de celle qui annule la déviation,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Dans les expériences avec le barreau, on lit au galvanomètre les déviations balistiques pour des valeurs croissantes du courant. On note les deux valeurs de i voisines pour lesquelles on a obtenu des déviations petites et de sens contraires, que l'on note également. On retranche algébriquement de ces déviations celles dues au courant de la bobine seule; on a ainsi les déviations dues à l'aimantation, et on calcule par interpolation la valeur de i pour laquelle l'aimantation est nulle. Le champ correspondant est le champ coercitif du barreau.

La correction due au champ de la bobine est à peine utile dans le cas des barreaux à champ coercitif faible, mais elle devient nécessaire pour les aciers à aimants.

On ne peut se servir, pour le calcul, que de très petites déviations. La mesure se fait par tâtonnement. Cependant, on ne peut pas diminuer le courant parce qu'on ne se trouverait plus sur la même courbe d'aimantation cyclique. Si on a employé un courant trop fort, il faut réaimanter le barreau et recommencer.

On mesurait le courant i à l'aide d'un ampèremètre précis de la maison Chauvin et Arnoux. Cet instrument s'emploie toujours avec des shunts soigneusement étalonnés qui permettent de lui donner la sensibilité que l'on désire. Les très petites corrections à apporter aux lectures faites sur cet ampèremètre ont été déterminées plusieurs fois durant le cours des expériences. On se basait, pour cela, sur la connaissance d'une résistance et de la force électromotrice des éléments étalons Gouy et Latimer Clark (méthode du potentiomètre à boîte de résistance).

ÉTUDE DES ANNEAUX

Chaque anneau se compose de deux demi-anneaux qui viennent se rajuster ensemble. Leurs bouts ont été soigneusement dressés sur le plan et polis de manière que l'on puisse amener les deux demi-anneaux à se raccorder très exactement ensemble. Chaque anneau avait un diamètre moyen de 11 centimètres et une section de 1 centimètre carré.

Pour établir le champ magnétique dans les anneaux, on s'est servi d'une bobine annulaire formée par la réunion de deux bobines semi-annulaires.

Les coupes (fig. 6 et 7) représentent les deux bobines semi-annulaires A et B; à l'intérieur de ces bobines, se trouvent les demi-anneaux acd, $a'c'd'$; ils sont fixés dans les bobines, par du sable représenté par un pointillé sur les figures. Des bouchons en a et d, a' et d' empêchent le sable de s'écouler. Dans la figure 6, les demi-anneaux sont séparés; dans la figure 7, ils sont raccordés de manière à former un circuit magnétique fermé. Le champ moyen dans l'anneau est $2\frac{Ni}{x}$, N étant le nombre total des spires, i l'intensité du courant, x le demi-diamètre moyen de l'anneau.

La bobine induite bb' (fig. 7 et 8), qui fait partie du circuit du galvanomètre balistique, est introduite entre les deux moitiés de la bobine annulaire et repose dans le creux formé par la courbure des joues. Elle est traversée par le flux magnétique φ dû au courant qui circule dans la bobine annulaire et à l'aimantation de l'anneau. On a :

$$\varphi = 4\pi \mathrm{I} s + \varphi'$$

s étant la section de l'anneau, I son intensité d'aimantation,
φ' le flux dû au champ de la bobine annulaire seule.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On peut mesurer au galvanomètre le flux φ, pour un courant donné i, en

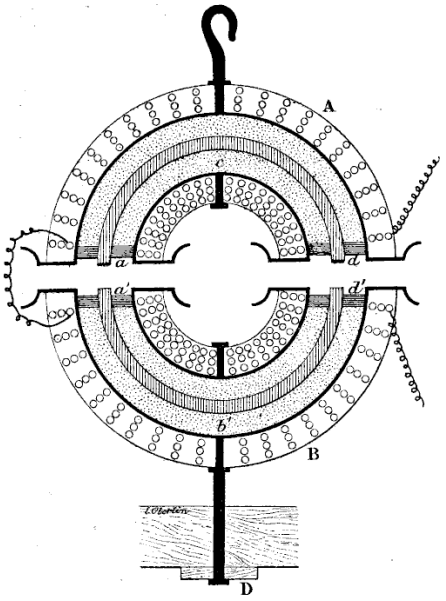


Fig. 6.

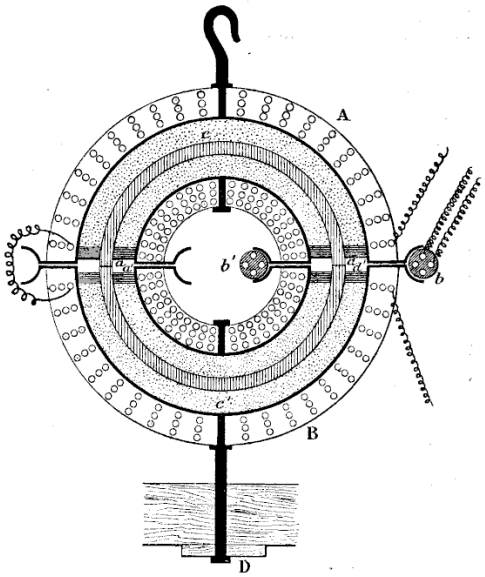


Fig. 7.

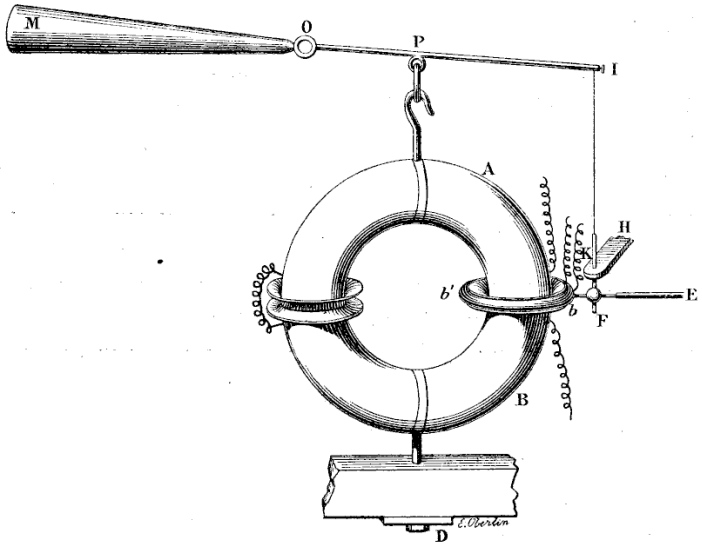


Fig. 8.

séparant brusquement les deux bobines semi-annulaires et en retirant au même

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

instant la bobine bb' du champ. Le circuit du galvanomètre comprend aussi la petite bobine a, qui sert à prendre le flux de l'aimant étalon pour déterminer la sensibilité du galvanomètre.

La bobine semi-annulaire supérieure A est tenue par son milieu et suspendue au moyen d'un crochet au bout d'un levier en P (fig. 8). La bobine inférieure B est fixée à demeure en D. Le levier tourne autour d'un axe fixe en O. Quand il est relevé, les deux bobines peuvent être amenées à se raccorder exactement comme dans les figures 7 et 8. Si on le laisse libre, le grand bras, très lourd, retombe de son propre poids. En même temps, le petit bras remonte assez pour arracher la bobine supérieure et la relever de quelques centimètres au-dessus de la bobine fixe (comme fig. 6). La bobine induite bb', qui était maintenue en place par un arrêt KF, est en même temps rendue libre parce que cet arrêt, qui était maintenu latéralement par la planchette fixe H, se trouve soulevé au moyen du fil IK, relié au levier. Un caoutchouc tendu EF, auquel la bobine bb' est attachée en F, et dont l'autre bout E est fixé à demeure, retire la bobine du champ. L'opération complète se fait très rapidement, ce qui permet d'employer la méthode balistique.

Pour calculer I, il faut connaître le flux φ' dû à la bobine seule. Ce flux est proportionnel au courant; on détermine sa valeur par ampère en répétant l'expérience précédemment décrite sans que l'anneau soit dans la bobine.

Pour construire la courbe d'aimantation, on fait varier progressivement le courant entre $+ i$ et $- i$ d'une manière cyclique. Pour avoir un point de la courbe, on s'arrête à une certaine valeur de i et on mesure le flux. On remet ensuite en place l'appareil et on fait parcourir un cycle au courant avant de déterminer un nouveau point (1).

CHAUFFAGE, TREMPE, TEMPÉRATURE DE TRANSFORMATION MAGNÉTIQUE

Les barreaux ont été d'abord chauffés au moyen d'un four à gaz dans un bain formé par un mélange de chlorure de potassium et de chlorure de sodium fondus.

On a ensuite employé un four électrique analogue à celui qu'avait employé M. Charpy pour le même usage, mais sans mouvement de rotation (2).

Le barreau était placé dans un tube de porcelaine chauffé au moyen d'une

(1) La méthode est sujette à une cause d'erreur provenant des deux coupures de l'anneau. D'après Ewing (*Magn. Induction, London*) l'existence d'une coupure entraîne toujours un accroissement de la résistance magnétique du circuit magnétique, et cela même quand le contact des faces est assuré par un polissage parfait. La résistance magnétique additionnelle due aux coupures a pour effet de diminuer l'aimantation rémanente, et cela d'autant plus que l'acier est plus doux. Pour les aciers étudiés ici, cet effet est probablement négligeable, sauf peut-être pour les aciers doux de Firminy à 0,06 et 0,20 p. 100 de carbone. Les valeurs de l'intensité d'aimantation rémanente à circuit magnétique fermé, trouvées pour ces aciers, peuvent donc être trop faibles.

(2) *Bulletin de la Société d'Encouragement*, 1895, p. 670.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

spirale de fil de platine parcourue par un courant. Pour éviter le refroidissement, le tube était introduit dans un manchon de terre beaucoup plus large, et l'espace entre les deux tubes était bourré de magnésie calcinée. Ce procédé de chauffage avait ici un intérêt particulier : le courant avait pour effet d'aimanter le barreau, et une petite aiguille aimantée placée sur pivot à côté du four, en face de l'un des pôles, s'orientait, sous l'action du barreau, à angle droit du champ terrestre auquel le four était parallèle. (Le champ du courant n'avait presque pas d'action sur l'aiguille.) Aux températures élevées l'acier n'est plus ferro-magnétique et l'aiguille se dirige de nouveau dans le méridien magnétique. Pendant que la transformation magnétique se produit, on voit l'aiguille changer de direction, et on peut déterminer la température à laquelle cette transformation a lieu. *Cette température est précisément celle qu'il faut dépasser pour tremper un barreau.*

On a encore employé, pour le chauffage des anneaux et de certains barreaux, des bains de chlorures fondus, chauffés électriquement au moyen d'une spirale de fil de nickel parcourue par un courant ; on peut ainsi régler avec précision la température du bain. On a constaté que le fil de nickel pouvait très bien être utilisé pour la construction des fours électriques, ce qui dispense d'employer le platine bien plus coûteux.

La température était déterminée au moyen d'un couple Le Chatelier et d'un galvanomètre. On a adopté, pour la graduation, les températures suivantes :

Point d'ébullition du soufre.	445°
Point de fusion de l'or.	1050

et on a supposé qu'entre ces deux températures la déviation variait linéairement en fonction de la température.

On trouve alors pour la température de fusion du chlorure de sodium, 772°, et pour la température de transformation du fer 745°.

On détermine avec beaucoup de précision la déviation du galvanomètre correspondant au point de fusion de l'or en opérant comme il suit : On enveloppe la soudure du couple d'un très petit morceau de feuille d'or. On place la soudure au milieu d'un petit tube de porcelaine chauffé électriquement. On peut amener la soudure progressivement à une température donnant une déviation déterminée sans risquer de la dépasser, on supprime ensuite le courant, et on regarde si l'or a été fondu ; après quelques essais de ce genre, on connaît très exactement la déviation qui correspond à la fusion.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX

Aciers étudiés. — J'ai étudié des aciers à divers pourcentages de carbone, ne contenant que de faibles quantités d'éléments autres que le fer et le carbone. Ces aciers sont de diverse provenance : aciers de Firminy, aciers d'Unieux, aciers Bœhler de Styrie.

J'ai étudié aussi des aciers spéciaux à divers pourcentages de carbone : au bore, au cuivre, au silicium, au manganèse, au nickel, au tungstène, au molybdène, provenant des usines des Sociétés Châtillon et Commentry, Commentry et Fourchambault ; des aciers au chrome, au tungstène de l'usine d'Assailly ; des aciers au tungstène de l'usine d'Allevard et de la maison Bœhler de Styrie. On trouvera à la fin de ce travail les analyses complètes des aciers étudiés (tableau IX).

TEMPÉRATURE DE TRANSFORMATION MAGNÉTIQUE ET TEMPÉRATURE DE TREMPE

Température de transformation magnétique. — On a vu comment on pouvait suivre au moyen d'une aiguille aimantée l'aimantation induite dans un barreau par le courant de chauffage. Quand on chauffe le barreau à une certaine température le magnétisme induit tombe rapidement à une valeur très faible. Cette température, est celle de la *transformation magnétique*. Quand le barreau se refroidit, une transformation inverse se produit, mais généralement à une température plus basse que la première ; il y a hystérésis par rapport à l'effet de la température sur l'acier. Il y a donc lieu de considérer : la température de transformation magnétique par échauffement et la température de transformation magnétique par refroidissement. Il convient toutefois de remarquer que la transformation magnétique n'est pas absolument brusque et semble s'étaler sur un certain nombre de degrés. On peut s'en convaincre en maintenant la température fixe au milieu de la transformation, auquel cas la transformation s'arrête, et l'aiguille reste dans une position invariable, à moitié déviée, et cela quel que soit le sens de la transformation qui était en train de se produire. On a adopté, comme température de transformation, celle qui correspondait à une transformation partielle donnant une même déviation de l'aiguille pour un même courant, afin de rendre les observations sur des barreaux de différente nature autant que possible comparables.

La vitesse de chauffe ou de refroidissement ne semble pas avoir d'influence sur la température de transformation pourvu que cette vitesse ne soit pas trop grande.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU I. — **Température de transformation magnétique des aciers.**

			P. 100 C.	t	t'	$t-t'$
Aciers au carbone. . .	de Firminy.		0,06	745	741	4
			0,20	739	734	4
			0,49	733	721	17
			0,84	729	681	50
			1,20	725	698	27
	d'Unieux		0,75	732	692	40
			0,80	726	698	28
			0,83	723	700	23
			0,96	728	696	32
			1,40	722	693	29
			1,41	721	699	22
			1,61	717	690	27
			P. 100 W.			
Aciers au tungstène. . .	d'Assailly. . .	V_1	2,9	0,55	750	708	42
		V_2	2,7	0,76	746	714	32
		V_3	2,7	1,11	725	687	38
	Châtillon et Commentry. .	c	3,5	1,53	722	696	26
		b	2,7	1,02	721	684	37
	d'Allevard. . .		5,5	0,59	740	705	35
	Boehler Boreas. .		7,7	1,96	732	697	35
			P. 100 Mo.			
Aciers au molybdène. .	Châtillon et Commentry. .	A	3,5	0,51	730	686	44
		B	3,4	1,25	730	689	41
		C	3,9	1,72	710	683	27
			P. 100 Bo.			
Aciers au bore.	Châtillon et Commentry. .	b	0,5	1,05	727	695	32
		c	0,8	0,97	728	684	44
			P. 100 Cu.			
Acier au cuivre.	Châtillon et Commentry. .		3,9	0,87	701	658	43
			P. 100 Cr.			
Acier au chrome d'Assailly.		c_3	3,4	1,07	746	727	19

t, température de transformation magnétique par échauffement.
t', — — — refroidissement.

Pour les aciers au carbone de Firminy, les températures de transformations données dans le tableau I sont les moyennes d'un grand nombre d'observations faites, pour chaque espèce d'acier, sur deux ou trois barreaux différents. Pour les

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

aciers d'Unieux, on n'a étudié qu'un seul barreau de chaque espèce, et fait seulement deux ou trois déterminations sur chaque barreau ; les erreurs des expériences individuelles ont donc plus d'importance.

Les expériences ne sont pas assez précises pour pouvoir en tirer des conclusions très complètes. On a fait figurer les degrés de température dans le tableau parce que certains nombres cités sont des moyennes de diverses expériences, mais l'incertitude des déterminations individuelles est de plus de 10 degrés. On peut cependant remarquer : 1°, Que la température de transformation par échauffement baisse avec le pourcentage de carbone ; 2°, Que la différence des températures de transformation par échauffement et par refroidissement est très faible (quelques degrés seulement) pour les aciers faiblement carbonés ; elle augmente d'abord avec le pourcentage de carbone et semble passer par un maximum (de 40° ou 50°) pour un pourcentage de 0,8 environ.

Condition nécessaire pour la trempe des aciers. — Pour prendre la trempe, l'acier doit être trempé quand il est à l'état faiblement magnétique à haute température. On constate en effet que si on chauffe un barreau d'acier à une température inférieure à celle de la transformation magnétique par échauffement, il ne prend pas la trempe par refroidissement brusque (immersion dans l'eau froide). Au contraire, si on chauffe le barreau à une température supérieure à celle de la transformation magnétique par échauffement, il prend la trempe par refroidissement brusque. Après transformation de l'acier par échauffement, on peut laisser le barreau se refroidir lentement d'un certain nombre de degrés avant de procéder au refroidissement brusque : le barreau prendra encore la trempe tant que le refroidissement lent n'aura pas produit la transformation inverse de l'acier ; c'est-à-dire, que la trempe sera efficace tant que le refroidissement lent qui la précède n'aura pas amené l'acier à une température inférieure à celle de la transformation magnétique par refroidissement. — Voici, par exemple, comment varient les propriétés magnétiques d'un barreau d'acier au carbone à 0,84 p. 100 de carbone, trempé dans diverses conditions, pour des champs coercitifs H_c et des intensités d'aimantation rémanente I_r. (Dimensions du barreau : longueur 20 cm., section carrée de 1 cm. de côté.)

Température de transformation magnétique par échauffement. . . .		730°
— — — par refroidissement. . .		680°
	H_c	I_r
Acier recuit	8	85
— trempé à l'état magnétique à 705°.	14	130
— trempé à l'état non magnétique à 770°.	52	410
Acier trempé à l'état non magnétique à 690° (après chauffe à 800° suivie de refroidissement).	50	380

L'effet de la 1re trempe est faible ; l'acier était, au moment de la trempe, à l'état ferromagnétique, la température n'ayant pas atteint 730°. L'effet de la 2e et de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU II. — **Influence de la température de trempe. Aciers au carbone.**

			T	H_c	I_r
		ACIERS DE FIRMINY			
		Barreaux de 20 cm. de longueur. Section carrée de 1 cm. de côté.			
p. 100.					
C = 0,06	Barreau 1.	1re trempe	795	2,2	22
		2e —	915	3,0	24
		3e —	1 025	3,4	31
	Barreau 1.	1re trempe	785	8	96
		2e —	825	11	113
		3e —	885	11	114
C = 0,20		1re trempe	840	11	118
	Barreau 2.	2e —	915	10	108
		3e —	840	10	107
		4e — après cycle	840	11	112
	Barreau 1.	1re trempe	770	23	222
		2e —	835	23	213
C = 0,49		1re trempe	835	20	195
	Barreau 2.	2e —	920	16	160
		3e —	780	20	208
	Barreau 1.	1re trempe	750	54	416
		2e —	830	48	378
		3e —	765	52	426
	Barreau 2.	1re trempe	830	49	379
		2e —	770	53	426
		3e —	975	48	358
C = 0,84		4e —	770	50	376
		5e — après 2 cycles	770	52	387
	Barreau 3.	1re trempe	760	52	412
		2e —	800	48	386
		3e —	730	53	411
		4e — après 3 cycles	765	53	400
	Barreau 1.	1re trempe, cycle	760	57	430
		2e —	745	54	400
		3e —	725	54	399
		4e —	770	51	384
		5e — cycle	770	60	451
		6e —	905	48	264
C = 1,20	Barreau 3.	1re trempe	770	39	335
		2e —	770	41	337
		3e — cycle	770	59	454
		4e — 2 cycles	770	60	468
		5e —	770	55	397
		6e — 2 cycles	770	58	441
		ACIERS D'UNIEUX			
		Barreaux de 20 cm. de longueur. Section carrée de 1 cm. de côte.			
C = 0,75		1re trempe	770	51	414
		2e —	795	51	393
C = 0,80		1re trempe	755	53	421
		2e —	810	51	370
		3e —	810	49	366
C = 0,83		1re trempe	770	56	440
		2e —	810	52	375
C = 0,96		1re trempe	775	58	431
		2e —	805	54	381
		Barreaux de 20 cm. de longueur. Section carrée de 0,85 cm. de côté.			
C = 1,40		1re trempe	800	62	479
		2e —	750	57	468
		3e — cycle	750	61	505
C = 1,41		1re trempe	800	62	462
		2e —	745	47	404
		3e — cycle	745	60	494
C = 1,61		1re trempe	800	31	278
		2e — cycle	750	46	375

T, température de trempe. — Hc, champ coercitif. — Ir, intensité d'aimantation rémanente du barreau.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

la 3e trempe est énergique; le barreau était, au moment de la trempe, à l'état faiblement magnétique, la température ayant dépassé 730° et n'étant pas redescendue au-dessous de 680°. Ainsi la 3e trempe efficace a pu être faite à une température inférieure à celle de la 1er trempe peu active.

Influence de la température de trempe sur les propriétés magnétiques des aciers au carbone. —J'ai étudié, sur les aciers au carbone à divers pourcentages de carbone, l'influence de la température de trempe sur les qualités magnétiques. On peut tirer de cette étude les conclusions suivantes (tableau II) :

Pour du fer presque complètement doux (C = 0.06 p. 100) le champ coercitif et l'intensité rémanente croissent avec la température de trempe, cette température variant de 800° à 1025°; il y a avantage à tremper à température élevée.

Pour les aciers doux à 0.20 p. 100 de carbone, la température de trempe a peu d'influence entre 785° et 915°. Pour les aciers à 0,5 p. 100 de carbone, les barreaux trempés entre 770° et 835° ont les mêmes propriétés; mais, après trempe à 920°, l'intensité d'aimantation et le champ coercitif sont plus faibles ; il y a avantage à tremper au-dessous de 830.

Pour les aciers durs à 0.84 p. 100 et à 1.2 p. 100 de carbone, le champ coercitif et l'intensité d'aimantation décroissent avec la température de trempe ; il y a avantage à tremper à température peu élevée en ayant soin toutefois de dépasser la température de transformation magnétique ; on peut, par exemple, obtenir une bonne trempe en chauffant les barreaux à 770°. Pour les aciers à 0,84 p. 100 de carbone, une chauffe préalable à 975° modifie l'acier d'une façon permanente (acier brûlé), et, après une nouvelle trempe faite à 770°, on constate que l'acier a perdu de ses qualités magnétiques. Pour les aciers plus carbonés encore, une chauffe prolongée à 800° produit déjà un effet semblable; il convient donc de chauffer peu de temps avant la trempe les aciers fortement carbonés.

Influence des cycles de variation thermique effectués avant trempe. — Les variations cycliques de température dont il s'agit ici se font entre une température un peu plus basse que celle de transformation magnétique par refroidissement et une température un peu plus haute que celle de transformation magnétique par échauffement, de telle sorte que l'on fait subir successivement à l'acier les deux transformations inverses. Si on trempe à l'état non magnétique un acier après cycle de ce genre, l'effet de la trempe est généralement amélioré si l'acier est fortement carboné. Ce fait est bien manifeste pour l'acier à 1,2 p. 100 de carbone de Firminy et pour les aciers plus carbonés (voir tableau II). — L'effet des cycles de température sur les aciers fortement carbonés semble être précisément inverse de l'effet d'une chauffe prolongée; l'effet des cycles semble détruire en partie l'altération produite par la chauffe. Les aciers à pourcentage de carbone moindre que 1 p. 100, ne sont pas ordinairement influencés par les cycles de température. Cependant quand l'acier à 0,84 p. 100 de carbone a été

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

modifié par une chauffe à température trop élevée, les cycles semblent lui rendre en partie ses qualités magnétiques.

ÉCROUISSAGE ET TREMPE

On sait, qu'au point de vue de la résistance à la traction, l'écrouissage produit sur les fils d'acier un effet analogue à celui de la trempe. J'ai constaté au contraire, qu'au point de vue des propriétés magnétiques, l'écrouissage agit beaucoup moins énergiquement que la trempe ; l'augmentation du champ coercitif obtenue par écrouissage est très petite comparée à celle que l'on obtient en trempant. L'expérience a été faite sur des faisceaux de 5 ou 6 fils de 2 mm. de diamètre et de 20 cm. de longueur d'acier de Firminy à 0,84 p. 100 de carbone. Certains fils étaient recuits (résistance à la rupture 60 kg. par millimètre carré), d'autres trempés, d'autres écrouis à la filière : résistance à la rupture 220 kg. par millimètre carré.

	H_c	I_r	I_r
6 fils recuits.	11	415	
6 fils écrouis	16	780	
5 fils écrouis	16		680
5 fils trempés.	52		630

PROPRIÉTÉS MAGNÉTIQUES DES BARREAUX D'ACIER TREMPÉS. INFLUENCE DE LA COMPOSITION CHIMIQUE

On trouvera, dans le tableau III, le champ coercitif H_c et l'intensité d'aimantation rémanente I_r pour des barreaux d'acier trempés de diverse provenance et de diverse composition. On a cherché à tremper chaque acier dans les conditions reconnues pour lui les plus favorables, — aussi la température de trempe n'est-elle pas la même pour tous les aciers. Les barreaux avaient tous une longueur de 20 cm. ; la section, pour un grand nombre d'entre eux, était un carré de 1 cm. de côté. — Malheureusement certains barreaux avaient des sections différentes. On a fait figurer dans des colonnes différentes les intensités d'aimantation rémanentes qui se rapportent à des barreaux n'ayant pas même section ; les nombres d'une même colonne sont donc comparables. Les intensités d'aimantation rémanente sont désignées par :

I_1 pour une section carrée de 1 cm. de côté	$S = 1$
I_2 pour une section carrée de $0^m,85$ de côté	$S = 0,73$
I_3 pour une section circulaire de 1 cm. de diamètre . . .	$S = 0,785$
I_4 pour une section circulaire de $0^m,5$ de diamètre	$S = 0,196$

Enfin, dans une dernière colonne, on a fait figurer l'intensité d'aimantation rémanente I' à circuit magnétique fermé pour les quelques espèces d'aciers

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU III. — **Propriétés magnétiques des barreaux d'acier de diverse composition.**

				C °/₀	T	Hc	I_1	I_2	I_3	I_4	I′
Aciers au carbone.	Firminy			0,06	1 000	3,4	30	»	»	»	625
				0,20	850	11	120	»	»	»	770
				0,49	770	23	220	»	»	»	835
				0,84	770	53	420	»	480	580	640
				1,21	770	60	460	»	»	»	645
	Boehler	Doux		0,70	800	49	420	»	»	»	»
		Mi-dur		0,96	800	56	420	»	»	»	»
	Styrie	Extra-tenace dur		0,99	800	55	410	»	»	»	»
		Extra-mi dur		1,17	800	63	460	»	»	»	»
				1,13	850	65	420	»	»	»	»
	Unieux			0,75	770	51	410	«	»	»	»
				0,80	770	53	420	»	»	»	»
				0,83	770	56	440	»	»	»	»
				0,96	770	58	430	»	»	»	640
				1,40	750	61	»	500	»	»	»
				1,41	750	61	»	500	»	»	»
				1,61	750	46	»	370	»	»	»
			Bo °/₀								
Aciers au bore.	Châtillon et Commentry.	*a*	?	0,7?	800	26	250	»	»	»	»
		b	0,5	1,05	800	44	410	»	»	»	»
		c	0,8	0,97	800	51	430	»	»	»	»
			Cr °/₀								
Aciers au chrome.	Assailly.	C_1	2,5	0,50	900	45	460	»	»	»	»
		C_2	2,8	0,82	900	56	500	»	»	»	»
		C_3	3,4	1,07	850	57	530	»	»	»	»
			Cu °/₀								
Aciers au cuivre.	Châtillon et Commentry.		3,9	0,87	730	66	490	»	»	»	»
			W °/₀								
Aciers au tungstène.	Assailly	V_1	2,9	0,55	850	51	460	»	»	»	800
		V_2	2,7	0,76	850	66	510	»	»	»	»
		V_3	2,7	1,10	830	68	500	»	»	»	»
	Châtillon et Commentry.	*a*	3,2	0,77	800	65	550	»	»	»	»
		b	2,7	1·02	800	69	540	»	»	»	»
		c	3,5	1,53	1 000	50	320	»	»	»	»
	Boehler Styrie	Spécial très dur. .	2,9	1.10	850	74	530	»	»	»	»
		Boreas non trempé.	7,7	1,96	800	45	350	»	»	»	»
		Boreas trempé. . .	7,7	1,96	800	85	370	»	»	«	»
	Allevard		5,5	1,59	770	72	560	»	»	»	»
			5,5	0,59	770	74	»	680	»	»	850
			Mo °/₀								
Aciers au molybdène.	Châtillon et Commentry.	A	3,5	0,51	850	60	530	»	»	»	»
		B	3,4	1,25	800	82	480	»	»	»	»
			4,0	1,24	800	85	530	»	»	»	»
		C	3,9	1,72	770	73	510	»	»	»	»
					830	79	415	»	»	»	»
			3,9	1,72	800	78	560	»	»	»	»
			Ni °/₀								
Aciers au nickel.	Fourchambault.	Ni_1	3,6	0,57	730	55	»	»	490	»	»
		Ni_2	3,0	0,70	730	48	»	»	535	»	640
		Ni_3	3,7	1,21	730	48	»	»	480	»	»
			Mn °/₀								
Aciers au manganèse.	Fourchambault.	A	0,7	0,46	780	32	»	»	380	»	860
		B	1,8	1,18	780	64	»	»	500	»	»
		C	2,2	1,94	780	55	»	»	440	»	»
		AL	0,3?	0,9?	780	52	»	»	380	»	»
		BL	0,6?	0,9?	780	55	»	»	410	»	»
		CL	0,9?	0,9?	780	54	»	»	390	»	»
	Hadfield.	Recuit. . . .	13. ?	1,0?	»	135	»	»	»	70	»
		Trempé. . . .	13,?	1,0?	830	?	»	»	»	0	»
			Si °/₀								
Aciers au silicium.	Châtillon et Commentry.	I	0,11	0,91	780	54	»	»	»	660	»
		II	0,64	0,91	780	50	»	»	»	660	»
		III	1,28	0,72	780	34	»	»	»	815	»

Longueur de tous les barreaux, 20 cm.
T température de trempe, Hc champ coercitif.
I_1 intensité d'aimantation rémanente pour section carrée de 1 cm. de côté.
I_2 — — — — — 0,5 cm.
I_3 — — — — circulaire de 1 cm. de diamètre.
I_4 — — — — — 0,5 cm.
I′ — — — — à circuit magnétique fermé.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

étudiés sous forme d'anneaux. — Des barreaux d'acier de Firminy à 0.84 p. 100 de carbone, ayant diverses sections, servent de terme de comparaison pour les barreaux de même section.

Le champ coercitif des barreaux est à peu près indépendant des dimensions de ceux-ci et à peu près le même que le champ coercitif pour un circuit fermé. L'intensité d'aimantation rémanente, pour un barreau, est au contraire une donnée complexe qui dépend de l'intensité rémanente à circuit fermé, du champ coercitif et de la forme du barreau. Pour les barreaux étudiés ici, l'intensité d'aimantation rémanente diffère complètement de celle que l'on aurait à circuit fermé. (Voir tableau III.) L'influence de la grandeur du champ coercitif est, en général, prédominante et l'intensité d'aimantation rémanente du barreau varie dans le même sens que le champ coercitif; cependant, si on compare entre eux les barreaux d'aciers à très grand champ coercitif (aciers au tungstène ou au molybdène), l'intensité d'aimantation rémanente se rapproche de l'intensité d'aimantation rémanente à circuit fermé, et l'influence de la grandeur de celle-ci commence à se faire sentir ; le champ coercitif et l'aimantation rémanente des barreaux ne varient plus alors toujours dans le même sens.

On ne peut apprécier les qualités magnétiques d'un acier en comparant simplement les intensités d'aimantation rémanente pour des barreaux de mêmes dimensions. On arriverait en effet à des conclusions entièrement différentes en changeant les dimensions du type de barreau adopté pour cette étude; les conclusions à tirer de la comparaison pourraient même être renversées.

Aciers au carbone. Influence du pourcentage de carbone. — Le champ coercitif et l'intensité d'aimantation les plus forts ($H_c = 62$; $I_r = 460$ pour barreaux de 20 cm. $\times$ 1 cm. $\times$ 1 cm.) ont été obtenus avec les barreaux pour lesquels le pourcentage de carbone est voisin de 1,1 à 1,2. Il convient de remarquer que les aciers d'Unieux sont les plus purs; viennent ensuite ceux de Firminy, contenant seulement environ 0,2 p. 100 de manganèse (voir les analyses à la fin de ce travail).

Aciers au bore. — Les aciers au bore mis à ma disposition ne contenaient cet élément qu'en très faible proportion (0,5 et 0,8 p. 100). Ces aciers ont des propriétés magnétiques comparables à celles des aciers au carbone seul de même pourcentage.

Aciers au silicium. — J'ai étudié seulement trois barreaux. La présence de petites quantités de silicium ne semble pas modifier sensiblement les propriétés magnétiques.

Aciers au nickel. — La présence de 3 p. 100 de nickel ne modifie pas beaucoup les propriétés magnétiques ; cependant, l'acier au nickel faiblement carboné (0,5 p. 100 de carbone) a un champ coercitif 55, plus élevé que celui des aciers au carbone de même pourcentage. Il convient de tremper les aciers au nickel ici

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

étudiés à température peu élevée; les qualités magnétiques diminuent rapidement quand la température de trempe augmente.

Aciers au manganèse. — Les aciers au manganèse à pourcentage inférieur à 2 p. 100 ont des propriétés magnétiques peu différentes de celles des aciers au carbone seul, contenant la même proportion de carbone.

L'acier au manganèse de Hadfield, à 13 p. 100 de manganèse, a, comme on sait, des propriétés très particulières. Trempé, il ne s'aimante pas, du moins l'intensité d'aimantation rémanente des barreaux n'est pas observable à l'aide des appareils employés pour ce travail; on ne peut donc pas non plus déterminer le champ coercitif. Au contraire, à l'état recuit, les barreaux s'aimantent, l'intensité rémanente est très faible et le champ coercitif très considérable.

Aciers au chrome. — Les aciers étudiés avaient de 2,5 à 3,5 p. 100 de chrome. Comme dans le cas des aciers au nickel, les aciers au chrome les moins carbonés (0,5 et 0,8 p. 100) sont améliorés tant au point de vue du champ coercitif que de l'intensité d'aimantation. Pour l'acier au chrome à 1 p. 100 de carbone, la présence du chrome améliore seulement l'intensité d'aimantation rémanente du barreau (1).

Acier au cuivre. — L'acier au cuivre étudié contenait 4 p. 100 de cuivre et 0,9 p. 100 de carbone; la présence du cuivre améliore les propriétés magnétiques.

Aciers au tungstène. — Les aciers à aimants actuellement employés pour les appareils sont des aciers au tungstène. La présence de ce métal augmente fortement le champ coercitif et l'intensité d'aimantation rémanente des barreaux, et cela pour tous les pourcentages de carbone (cependant, pour l'acier de Commentry, au pourcentage très élevé de 1,5 p. 100 de carbone, le champ coercitif n'est pas augmenté par la présence de 3,5 p. 100 de tungstène. Parmi les aciers au tungstène que j'ai étudiés, les meilleurs aciers à aimants se rapportent à deux types : 1° les aciers à 3 p. 100 de tungstène environ et à fort pourcentage de carbone (C=1,1); tels sont : l'acier d'*Assailly* V_3, l'acier de *Commentry* (*b*), l'acier *Boehler spécial très dur* ($H_c=74$; $I_r=530$); — 2° les aciers à pourcentage de carbone plus faible (C=0,6 p. 100) mais renfermant 5,5 p. 100 de tungstène; tel est l'acier à aimants d'Allevard ($H_c=72$; $I_r=560$) pour barreaux de dimensions $20^c \times 1^c \times 1^c$).

L'*acier spécial très dur Boehler* donne des résultats très différents suivant les conditions de trempe; chauffé longtemps avant trempe, il perd de ses qualités au point de vue magnétique. Enfin, les barreaux de cet acier cassent parfois à la suite de la trempe.

L'*acier d'Allevard* est moins susceptible de s'abîmer pendant qu'on le chauffe,

(1) Il convient de faire quelques réserves relativement à ces résultats. On a reconnu à l'analyse des aciers au chrome qu'une partie du carbone était à l'état de graphite ou tout au moins insoluble dans les acides.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mais les barreaux de cet acier sont aussi sujets à taper par la trempe. La température de trempe n'a pas d'influence bien sensible sur les propriétés magnétiques des barreaux trempés entre 740° et 825°. Cependant il est préférable de chauffer à température peu élevée pour éviter que l'acier ne tape pendant la trempe. En trempant vers 850° ou plus haut, on obtient des aimants moins bons. Une chauffe momentanée au-dessus de 900° est nuisible même quand on trempe ensuite à une température inférieure. Une chauffe prolongée (d'une heure) à 780° n'altère pas d'une façon sensible les propriétés de l'acier.

J'ai également fait varier les conditions du bain de trempe pour l'acier d'Allevard. Les trempes effectuées dans un mélange réfrigérant à — 18° donnent les mêmes résultats que les trempes effectuées dans l'eau à + 15°. La trempe au mercure est au contraire plus efficace que celle à l'eau, mais je n'ai pu la pratiquer que sur de très petits barreaux. Pour tremper une grande pièce, il faudrait avoir un bain considérable afin d'éviter l'échauffement trop grand du mercure. Voici les résultats obtenus avec des petits barreaux d'acier d'Allevard ayant chacun 9,3 centimètres de longueur et une section carrée de 0,5 centimètres de côté :

Barreaux trempés à l'eau.	$H_c = 73$	$I_r = 550$
Barreaux trempés au mercure.	$H_c = 78$	$I_r = 540$

Le champ coercitif est remarquablement intense après trempe au mercure.

Les trempes moins énergiques que la trempe à l'eau froide étant souvent pratiquées pour éviter les tapures, j'ai cherché l'effet d'une pareille trempe sur les propriétés magnétiques des barreaux d'acier d'Allevard. La trempe à l'huile est insuffisante. Une trempe à l'eau recouverte d'une couche d'huile épaisse de 20 centimètres a donné des résultats plus satisfaisants, cependant les qualités magnétiques étaient ramenées à celles d'un bon acier au carbone pur trempé à l'eau. On trouverait peut-être une condition pratique convenable sans une trop grande perte des propriétés magnétiques en mettant sur l'eau une couche d'huile moins épaisse.

L'acier au *tungstène de Commentry, à* 1,53 p. 100 *de carbone et* 3,5 p. 100 *de tungstène*, n'est pas un bon acier à aimants. Il est à remarquer que, malgré la forte proportion de carbone, cet acier gagne, au point de vue des propriétés magnétiques, à être trempé à température élevée (trempé à 750°, par exemple, on obtient $H_c = 34$; $I_r = 345$; trempé à 850°, $H_c = 35$; $I_r = 318$; trempé à 900° $H_c = 39$; $I_r = 340$; trempé à 1000°, $H_c = 50$; $I_r = 320$) (1).

L'*acier Boehler marque Boreas* est un acier dont les propriétés sont fort curieuses; il renferme une forte proportion de tungstène : 7,7 p. 100, une très

(1) Cet acier contenait 0,35 p. 100 de carbone insoluble dans les acides.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

forte proportion de carbone : 2 p. 100, et 2 p. 100 de manganèse. Cet acier simplement refroidi à l'air (trempé dans l'air) a déjà les propriétés des aciers trempés ordinaires, et c'est à cet état qu'il est employé comme outil. Un barreau d'acier à cet état est déjà susceptible de s'aimanter fortement ($H_c = 45$; $I_r = 350$ pour un barreau de dimensions $20^c \times 1^c \times 1^c$). Les qualités magnétiques s'améliorent par une trempe à l'eau ($H_c = 85$; $I_r = 370$). Cet acier trempé à l'eau possède donc un champ coercitif considérable, mais l'intensité d'aimantation est plus faible que celle des autres aciers au tungstène pour des barreaux de mêmes dimensions. En barreaux courts et épais, l'acier Boreas donnerait vraisemblablement des aimants plus forts que ceux constitués avec les autres aciers au tungstène en barreaux de mêmes dimensions. L'acier Boreas n'est pas homogène et se travaille mal. Après trempe, les résultats obtenus avec divers barreaux ne sont pas concordants; certains barreaux ont donné un champ coercitif beaucoup plus faible avec une intensité d'aimantation rémanente plus forte (par exemple, $H_c = 68$; $I_r = 430$).

Aciers au molybdène. — Parmi les aciers que j'ai étudiés, les aciers au molybdène donnent les meilleurs aciers à aimants. Ces aciers, ne sont pas encore entrés couramment dans le commerce. La présence de 3,5 à 4 p. 100 de molybdène améliore fortement les qualités magnétiques des aciers, et cela pour tous les pourcentages de carbone, même pour le pourcentage très élevé de 1,7 p. 100. — Avec 1,25 p. 100 de carbone, on a $H_c = 85$; $I_r = 530$; avec 1,72 p. 100 de carbone, $H_c = 78$; $I_r = 560$ pour des barreaux de 20 centimètres de longueur et 1 centimètre de section. Avec une intensité d'aimantation analogue à celle des aciers au tungstène, le champ coercitif est beaucoup plus grand. Les barreaux tapent parfois par la trempe. Quand on élève la température de trempe, l'intensité d'aimantation des barreaux diminue, mais le champ coercitif reste stationnaire ou même augmente. Par exemple, pour un des barreaux au molybdène à 1,72 p. 100 de carbone, on a trouvé :

Barreau trempé à 745°.	$H_c = 73$	$I_r = 465$
— — à 830°.	$H_c = 79$	$I_r = 415$
— — à 890°.	$H_c = 76$	$I_r = 300$

Remarques générales sur l'influence de la composition chimique sur les propriétés magnétiques des aciers. — Parmi les aciers au carbone seul, les meilleurs aciers à aimants ont environ 1,2 p. 100 de carbone. La présence d'un peu de bore, de silicium, de manganèse ne semble pas avoir une influence notable. Le nickel, le chrome, le cuivre améliorent les qualités magnétiques des aciers. Enfin les aciers au tungstène et au molybdène fournissent les meilleurs aciers à aimants. Il est assez remarquable que les métaux dont l'influence est relativement faible : nickel, chrome, font surtout sentir leur présence dans les aciers

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

faiblement carbonés, tandis que les éléments plus actifs améliorent les aciers à tout pourcentage de carbone; la présence de molybdène ou de grandes quantités de tungstène donne même des qualités magnétiques remarquables à des aciers qui ont une très forte proportion de carbone (1,7 p. 100 et 2 p. 100). Si on compare un acier au molybdène (tel que l'acier B, tableau III par exemple) à un acier au tungstène tel que l'acier d'Allevard, on reconnaît que, pour les dimensions des barreaux étudiés, l'intensité d'aimantation est analogue. Comme le champ coercitif de l'acier au molybdène est plus grand, il est très probable, qu'au contraire l'intensité rémanente à circuit fermé, pour cet acier, est plus petite que pour l'acier d'Allevard. En conséquence, les aimants réalisant des circuits magnétiques fermés ou presque fermés seront plus intenses s'ils sont faits avec de l'acier d'Allevard; au contraire, sous forme d'aimants ouverts ou de barreaux courts, l'acier au molybdène donnera plus d'intensité. Dans tous les cas, la stabilité du magnétisme sera plus grande avec l'acier au molybdène B (1).

TABLEAU IV. — **Intensité d'aimantation rémanente moyenne.**

		I_c.	I_m.	I_m/I_c.	H_c.
Aciers au carbone. . .	C = 0,49 p. 100	188	143	0,76	22
	C = 0,84 —	376	294	0,78	50
Aciers au tungstène d'Assailly. . . .	V_1	413	298	0,72	42
	V_2	514	403	0,78	65
	V_3	420	345	0,82	66
Aciers au molybdène, trempe faible. Châtillon et Commentry.	A	590	450	0,76	74
	B	432	363	0,84	63
Acier d'Allevard	I	541	435	0,80	73
	I	544	427	0,78	72
	III	557	444	0,80	»
	IV	520	417	0,80	»
	V	572	458	0,80	»

(1) On peut imaginer l'expérience suivante : Soient trois aimants en fer à cheval largement ouverts, de même forme, mais constitués respectivement avec de l'acier au carbone à 0,5 p. 100 de carbone, de l'acier d'Allevard et de l'acier au molybdène B. Les aimants étant munis d'abord d'armatures de fer doux de manière à réaliser des circuits magnétiques presque fermés, on aimante chaque aimant à l'aide d'un courant circulant autour des branches, puis on supprime le courant. Dans ces conditions, les aimants d'acier au carbone et d'acier d'Allevard seront également puissants et auront une force portative plus grande que celle de l'aimant au molybdène. Si on arrache les armatures, c'est, au contraire, l'aimant au molybdène qui restera le plus fortement aimanté; l'aimant d'Allevard viendra ensuite, mais l'aimant au carbone aura perdu la plus grande partie de son aimantation. En replaçant les armatures, l'aimant au molybdène conservera sa supériorité et aura une force portative plus grande que celle de l'aimant d'Allevard; la force portative de l'aimant au carbone sera très faible.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L'acier au molybdène A, au contraire, donnant en barreau une forte intensité d'aimantation avec un champ coercitif plus faible que pour l'acier d'Allevard, il est vraisemblable que cet acier donnerait, à circuit fermé, une intensité d'aimantation plus forte que l'acier d'Allevard, avec une stabilité de magnétisme moindre. En résumé, l'action du tungstène semble être analogue à celle du molybdène, mais une proportion plus forte de tungstène est probablement nécessaire pour produire un effet comparable. Il semble cependant que l'acier au molybdène peut supporter sans inconvénient un plus grand pourcentage de carbone.

INTENSITÉ D'AIMANTATION MOYENNE DES BARREAUX

L'aimantation moyenne n'a été étudiée que pour quelques barreaux. Le rapport $\frac{I_m}{I_c}$ de l'intensité d'aimantation moyenne I_m à l'intensité au centre du barreau I_c donne *le rapport de la distance des pôles à la longueur du barreau.*

Les nombres du tableau IV sont tous relatifs à des barreaux ayant 20 cm. de longueur, une section carrée de 1 cm. de côté, et aimantés à saturation.

Les rapports $\frac{I_m}{I_c}$ sont compris entre des limites relativement étroites : 0,72 et 0,84, et sont le plus souvent voisins de 0,80. On ne voit pas de relation simple entre ce rapport, l'intensité d'aimantation I_c et le champ coercitif H_c. Il paraît probable que le rapport $\frac{I_m}{I_c}$ dépend à la fois du champ coercitif et de l'intensité d'aimantation au centre. Ce rapport tend vraisemblablement à augmenter quand le champ coercitif augmente et à diminuer quand l'intensité d'aimantation augmente.

CIRCUITS MAGNÉTIQUES FERMÉS

J'ai étudié à circuit magnétique fermé, c'est-à-dire sous forme d'anneau, les aciers suivants :

Une série de cinq aciers au carbone provenant des aciéries de Firminy à pourcentage croissant de carbone. Un acier au carbone d'Unieux; l'acier d'Allevard; un acier au tungstène de l'usine d'Assailly V_2; un acier à 3 p. 100 de nickel; un acier à 0,7 p. 100 de manganèse.

Il manque à cette étude quelques aciers intéressants, qui se trouvent parmi ceux étudiés sous forme de barreaux. Un anneau de l'acier Boehler spécial très dur a été abîmé par un chauffage trop prolongé. L'acier Boehler Boreas n'a pas pu être mis sous forme d'anneau, l'anneau s'étant cassé pendant qu'on le façon-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

nait. Je n'ai pas pu non plus me procurer des anneaux d'acier au molybdène, et des anneaux d'aciers au carbone à grand pourcentage de carbone.

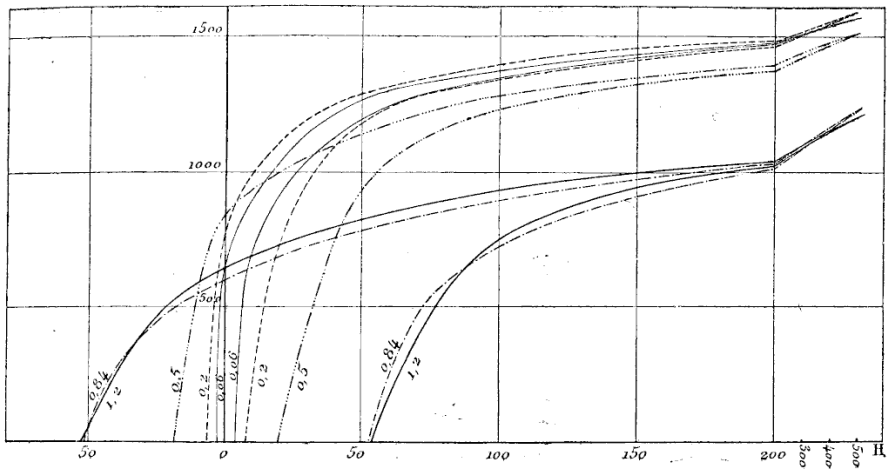


Fig. 9.

Pour les anneaux étudiés, j'ai construit la courbe d'aimantation cyclique entre les limites de champ ± 500 unités, (tableau V). Les figures 9 et 10 repré-

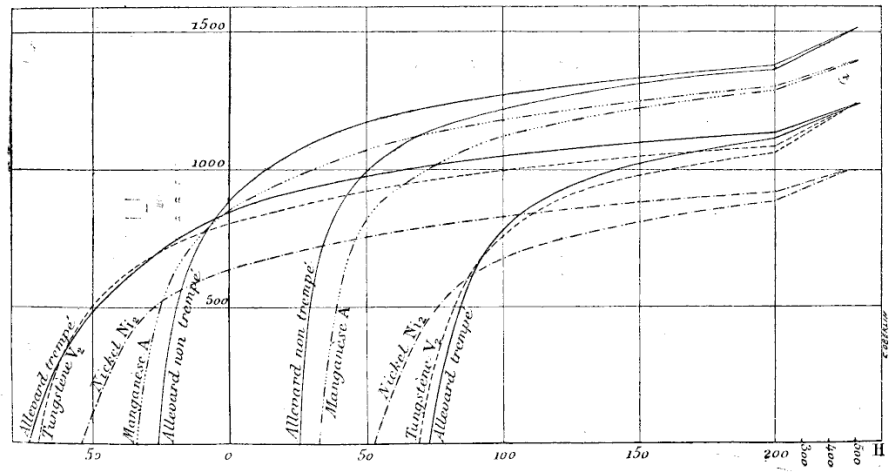


Fig. 10.

sentent la moitié des courbes cycliques. La figure 9 est relative aux aciers au carbone, le pourcentage étant indiqué sur chaque courbe. La figure 10 est relative aux autres aciers.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU V. — **Circuits magnétiques fermés. Cycles d'aimantation.**

	BRANCHE ASCENDANTE.		BRANCHE DESCENDANTE.	
	H.	I.	H.	I.
Acier au carbone de Firminy. C = 0,06 p. 100.	3,5	36	505	1560
	4,2	181	256	1495
	5,5	350	167	1440
	8,3	685	78,5	1330
	21,0	925	42	1220
	52,8	1190	16,1	980
	135,5	1400	0	625
	258	1490	— 1,8	480
	»	»	— 2,5	293
	»	»	— 2,9	113
	»	»	— 3,2	0,8
Acier au carbone de Firminy. C = 0.20 p. 100.	7,7	36,5	505	1590
	11,4	340	490	1580
	23,6	825	248	1500
	56,0	1200	162	1450
	84,5	1300	76,8	1320
	120,5	1350	0	770
	137,5	1390	— 4,2	460
	250	1480	— 6,9	64
	485	1580	»	»
Acier au carbone de Firminy. C = 0,49 p. 100.	19,6	14,5	515	1525
	28,8	350	510	1520
	46,5	875	260	1425
	82,5	1150	167.5	1365
	136,5	1285	79,3	1230
	260	1400	0	835
	510	1525	— 13,9	360
	»	»	— 16,7	137
Acier au carbone de Firminy. C = 0,84 p. 100. 1er échantillon *a*.	58,6	192	515	1230
	78,5	580	268	1070
	135	880	160	990
	254	1080	78,6	850
	505	1230	0	605
	»	»	— 33,3	370
	»	«	— 46,3	150
	»	»	— 51,7	11,3
Acier au carbone de Firminy. C = 0,84 p. 100. 2e échantillon *b*.	58,1	3,7	505	1155
	74,7	442	245	1070
	137,5	860	134	965
	245	1040	75	875
	495	1155	0	670
	»	»	— 16,7	595
	»	»	— 26,7	535
	»	»	— 43,0	370
	»	»	— 48,5	260
	»	»	— 53,3	140
	»	»	— 57,6	22,1
Acier au carbone de Firminy. C = 1,21 p. 100.	58,7	128	535	1200
	79,2	550	270	1080
	124	865	161,5	1015
	199	1025	78,5	890
	291	1090	0	645
	515	1200	— 14,5	555
	»	»	— 21,9	500
	»	»	— 33,3	347
	»	»	— 51,7	20
Acier au carbone d'Unieux. C = 0,96 p. 100.	52	43,7	495	1175
	60,6	262	253	1075
	78,5	570	165	1010
	139	915	78,2	875
	255	1075	0	640
	495	1175	— 16,0	530
	»	»	— 32,8	292

	BRANCHE ASCENDANTE.		BRANCHE DESCENDANTE.	
	H.	I.	H.	I.
Acier au carbone d'Unieux. C = 0,96 p. 100	»	»	— 44,0	102
	»	»	— 46,4	64,7
	»	»	— 48,7	14,0
Acier Allevard trempé W = 5,5 p. 100 C = 0,59 p. 100 *a*.	74,2	89	515	1240
	81,0	323	270	1160
	89,0	624	166,5	1120
	113,3	880	153,5	1115
	161,5	1050	105	1060
	183	1085	98	1055
	269	1140	55	985
	505	1240	33,3	940
	»	»	23,9	920
	»	»	0	850
	»	»	— 25,0	705
	»	»	— 44,6	545
	»	»	— 56,6	415
	»	»	— 72,7	23,7
Acier Allevard non trempé.	26,9	122,5	495	1515
	31,7	630	280	1420
	55,0	1050	164	1350
	113	1255	52,1	1180
	290	1425	0	900
	490	1510	— 16,2	630
	»	»	— 21,6	350
	»	»	— 25,8	5,8
Acier Allevard trempé. Section 0,25 cent. c. *b*.	72,3	161	495	1230
	96,5	840	257	1160
	136,5	970	168	1110
	257	1125	0	850
	495	1130	— 39,0	670
	»	»	— 58,5	450
	»	»	— 60,5	410
	»	»	— 67,2	136,5
Acier au nickel Ni2. Ni = 3 p. 100 C = 0,7 p. 100.	58,6	153,5	455	990
	78	525	242,5	930
	121	750	137,5	860
	240	905	78,5	805
	450	980	0	640
	»	»	— 29,6	490
	»	»	— 39,0	353
	»	»	— 42,8	290
	»	»	— 47,1	199
	»	»	— 49,0	153,5
	»	»	— 53,5	10,5
Acier au manganèse A. Mn = 0,7 p. 100 C = 0,46 p. 100.	34,1	139,3	460	1390
	34,5	121,5	270	1325
	43,5	700	260	1320
	52,5	870	140	1245
	99,5	1130	134,5	1230.
	159	1240	80,8	1140
	264	1330	59,2	1095
	515	1390	0	860
	»	»	— 16,2	705
	»	»	— 27,3	395
Acier au tungstène V2. W = 2,7 p. 100 C = 0,76 p. 100.	70,1	28,6	510	1240
	78,2	358	269	1115
	89,0	635	157,5	1060
	113,0	855	53,8	930
	161,5	995	0	800
	291	1115	— 26,9	685
	490	1240	— 53,8	480
	»	»	— 59,3	352

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les anneaux avaient tous 11 cm. de diamètre moyen; la plupart avaient une section carrée de 1 cm. de côté, sauf les suivants : anneau *b* de l'acier de Firminy, à 0,84 p. 100 de carbone, anneau d'acier au nickel, et anneau d'acier au manganèse qui avaient des sections circulaires de 1 cm. de diamètre; enfin, l'anneau *b* d'acier d'Allevard, qui avait une section carrée de 0,5 cm. de côté.

La courbe pour l'anneau *b*, à 0,84 p. 100 de carbone, ne se trouve pas représentée sur la figure 9; bien que le champ coercitif soit plus fort que pour l'échantillon *a*, les deux courbes ont la même allure. Les courbes pour l'anneau d'acier d'Unieux et pour l'anneau *b* d'acier d'Allevard ne sont pas non plus représentées.

Les anneaux avaient été trempés vers 800°, sauf l'acier au carbone à 0,06 p. 100 de carbone, trempé vers 1000°, et l'acier au carbone à 0,2 p. 100 de carbone trempé vers 850°.

TABLEAU VI. — **Circuits magnétiques fermés.**

		C °/₀.	CHAMP coercitif.	INTENSITÉ d'aimantation rémanente.	INTENSITÉ d'aimantation induite maximum.	HYSTÉRÈSE.
Aciers au carbone de Firminy.		0,06	3,2	625	1 560	28 000
		0,20	7,4	770	1 590	68 000
		0,49	19,3	835	1 525	108 000
	a	0,84	52	605	1 230	170 000
	b	0,84	58	670	1 155	217 000
		1,21	53	645	1 200	182 000
Acier au carbone d'Unieux.		0,96	50	640	1 175	165 000
Acier d'Allevard trempé W = 5,5 p. 100.	a	0,59	73	850	1 240	280 000
	b	0,59	70	850	1 230	265 000
Acier d'Allevard non trempé.		0,59	26	900	1 515	115 000
Acier au tungstène d'Assailly (V2) W = 2,7 p. 100.		0,76	69	800	1 240	260 000
Acier au nickel (Ni_2) Ni = 3 p. 100.		0,70	54	640	990	177 000
Acier au manganèse (Mn_2) Mn = 0,7 p. 100.		0,46	33	860	1 390	142 000

Dans le tableau VI, on a mis en évidence les résultats principaux de l'étude faite sur les anneaux, c'est-à-dire les points les plus intéressants de la courbe d'aimantation, à savoir :

Valeur du champ coercitif, c'est-à-dire valeur de H pour I = 0. Intensité d'aimantation rémanente, c'est-à-dire valeur de I pour H = 0. Intensité d'aimantation induite pour H = 500 environ, c'est-à-dire l'intensité d'aimantation maximum obtenue pour chaque acier dans ces expériences. Le tableau con-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tient de plus la valeur de l'hystérèse pour chaque acier, c'est-à-dire la quantité d'énergie transformée en chaleur pendant que l'on fait subir à l'acier un cycle complet d'aimantation. Cette quantité est égale à $\int \mathrm{H}d\mathrm{J}$, et s'obtient en mesurant l'aire de la courbe d'aimantation; elle est exprimée en ergs par centimètre cube de la substance étudiée et se rapporte à un cycle accompli entre les limites de champ $\pm$ 500 environ.

En comparant les champs coercitifs obtenus pour les anneaux et pour les barreaux de même acier (tableaux VI, II et III), on trouve que la concordance est généralement satisfaisante (1); cependant, il existe des différences, mais elles n'affectent pas une allure systématique et ne semblent pas devoir être attribuées à une différence de méthode. Je crois que, dans les cas où la concordance n'est pas bonne, il faut donner la préférence aux déterminations faites sur les barreaux. Les déterminations faites sur les anneaux réalisent mieux les conditions théoriques mais, pour diverses raisons, les résultats sont moins sûrs. En effet, l'acier peut avoir été plus ou moins altéré pendant le façonnage à chaud de l'anneau, et c'est probablement ce qui est arrivé pour l'acier de Firminy à 1,2 p. 100 de carbone et pour l'acier d'Unieux. Puis, la préparation et l'étude des anneaux étant longue (trempe, dressage des faces de contact, montage, déterminations pour construire la courbe), je n'ai opéré qu'avec un seul anneau et une seule trempe pour chaque espèce d'acier, sauf l'acier de Firminy à 0,84 p. 100 de carbone et l'acier d'Allevard, dont chacun a été étudié avec deux anneaux de sections différentes. Au contraire, avec les barreaux dont l'étude est rapide, j'ai pu multiplier les essais, et les résultats ainsi contrôlés sont beaucoup plus sûrs.

On peut suivre l'influence d'un pourcentage de plus en plus élevé de carbone. Le champ coercitif croît constamment pour des pourcentages ne dépassant pas 1 p. 100 (l'étude des barreaux montre qu'il doit y avoir un maximum pour le champ coercitif avec un pourcentage voisin de 1,2 p. 100). L'intensité d'aimantation rémanente croît d'abord avec le pourcentage de carbone; elle atteint un maximum pour un pourcentage voisin de 0,5 p. 100, elle décroît ensuite pour des pourcentages plus élevés. L'intensité d'aimantation induite maximum décroît quand le pourcentage de carbone augmente. Enfin, l'hystérèse augmente avec le pourcentage de carbone. D'après les expériences sur les barreaux, il est vraisemblable que l'hystérèse passerait par un maximum pour un pourcentage supérieur à 1 p. 100. Il me paraît probable que les anneaux de Firminy à 1,2 p. 100 de carbone, et d'Unieux à 0,96 p. 100 de carbone ont été un peu altérés à chaud, et que le champ coercitif et l'hystérèse qui figurent dans le tableau pour ces anneaux sont trop faibles.

(1) Voir remarques faites page 38.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

A circuit presque fermé, on aurait avantage, au point de vue de la grandeur du flux magnétique, à employer des aciers à 0,6 ou 0,7 p. 100 de carbone, mais ces aimants seraient peu stables. Pour les aimants ordinaires, il y a toujours avantage à employer les aciers plus fortement carbonés.

L'examen des courbes des aciers spéciaux montre que l'introduction des divers métaux modifie peu l'intensité rémanente à circuit fermé; elle augmente le champ coercitif et l'hystérèse, elle diminue l'intensité d'aimantation induite maximum.

CONSTANCE DE L'AIMANTATION DES BARREAUX

Diverses causes peuvent agir pour faire varier l'état d'aimantation d'un aimant. On doit considérer en particulier :

1° L'action des chocs, secousses et trépidations;

2° L'action des variations de la température ambiante;

3° L'action des champs magnétiques provenant d'aimants ou de courants voisins;

4° L'action du temps, l'aimant pouvant spontanément se modifier en fonction du temps.

MM. Barus et Strouhal (1) ont étudié avec beaucoup de soin cette question et, en particulier, ils ont montré la nécessité d'un recuit prolongé à température peu élevée. On s'est aussi aperçu que le magnétisme est bien plus stable dans un aimant si, après l'avoir aimanté à suturation, on le désaimante partiellement (2). D'où les deux opérations destinées à rendre un aimant constant : recuit à température peu élevée et désaimantation partielle après saturation.

MM. Barus et Strouhal distinguent deux espèces de variations produites par les causes ci-dessus énoncées : les variations de nature de la pièce d'acier dont est formé l'aimant et les variations de l'état d'aimantation de cet aimant. Ils étudiaient les variations de nature des barreaux d'acier en mesurant leur résistance électrique. J'ai ici, dans ce même but, mesuré le champ coercitif, dont la grandeur caractérise très bien l'état du barreau. Une variation de nature de la pièce d'acier dont est formé l'aimant, entraîne généralement une perte dans l'intensité d'aimantation, si l'acier est aimanté au moment où la variation se produit; il est donc nécessaire que l'état de la pièce d'acier varie aussi peu que possible.

Effet d'un recuit à température peu élevée sur la nature des barreaux d'acier trempés. — J'ai cherché dans quelle proportion un recuit à 60°, 100°, 200° faisait varier le champ coercitif et l'intensité d'aimantation rémanente maximum des barreaux de diverse nature. (Voir tableau VII.)

(1) Bull. of the United States Geological Survey, 1885.

(2) Voir Du Bois et E. Taylor Jones. Electrotechnische Zeitschrift, 1896, Heft 3.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU VII. — **Effet du recuit.**

1re SÉRIE

	C °/₀.	CHAMP COERCITIF.				INTENSITÉ D'AIMANTATOIN RÉMANENTE.			
		ACIER non recuit.	ACIER RECUIT. 3 heures à 100°.	10 heures à 100°.	3 heures à 200°.	ACIER non recuit.	ACIER RECUIT. 3 heures à 100°.	10 heures à 100°.	3 heures à 200°.
Aciers au carbone de Firminy.	0,06	3,4	3,0	3,2	4,3	27	27	20	41
	0,20	11	11	11	11	116	105	119	111
	0,5	23	21	22	20	207	204	205	197
	0,84	51	47	48	29	394	391	386	295
	1,2	58	56	55	33	445	434	426	334
Aciers au carbone d'Unieux.	0,96	54	51	51	35	382	374	363	337
	1,40	58	57	56	27	353	354	348	251
	1,41	60	58	57	29	361	356	347	258
	1,61	46	45	44	26	270	264	266	223
Acier d'Allevard.	Barreau I	73	70	68	44	552	543	542	449
	Barreau II	72	69	68	34	562	548	548	374
Acier Boehler spécial très dur.		74	69	68	37	572	557	553	422
Acier Boehler Boreas		85	80	78	55	385	385	386	434
Aciers au molybdène. . .	B	85	79	78	30	512	509	502	327
	C	73	70	69	47	442	434	437	406

2e SÉRIE

	ACIER AU CARBONE C = 0,84 °/₀.		ACIER D'ALLEVARD.		ACIER AU MOLYBDÈNE C.	
	H_c	I_r	H_c	I_r	H_c	I_r
Acier non recuit.	51	422	69	574	79	429
Acier recuit 3 heures à 100°.	45	415	65	583	73	433
— 10 heures à 100°.	45	396	63	549	71	418
— 16 heures à 100°.	44	397	62	544	70	416
— 24 heures à 100°.	44	390	61	540	70	413
— en plus 8 heures 1/2 à 150°.	37	363	46	465	50	417
— en plus 7 heures 1/2 à 200°.	28	310	37	401	40	382
Perte totale p. 100 après recuit à 100°. .	13	8	12	6	12	4
Perte totale p. 100 après recuit à 200°. .	41	27	47	33	50	11

3e SÉRIE

	ACIER D'ALLEVARD 1er barreau.		ACIER D'ALLEVARD 2e barreau.		ACIER BOEHLER BOREAS.		ACIER AU MOLYBDÈNE B.	
	H_c	I_r	H_c	I_r	H_c	I_r	H_c	I_r
Acier non recuit. . . .	70.7	561	70,7	579	79,8	336	82,5	496
Acier recuit 7 h. à 60°.	69,7	572			78,3	340	79,7	494
— 42 h. à 60°.	69,9	564			79,0	339	79,8	490
— 52 h. à 60°.			69,6	579				

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La première série d'expériences a porté sur 15 barreaux d'aciers trempés de nature différente. On a mesuré le champ coercitif et l'intensité d'aimantation rémanente au centre (1) après chaque chauffe successive. La première chauffe a été de 3 heures à 100°, la deuxième de 7 heures à 100°, la troisième de 3 heures à 200°.

La deuxième série d'expériences, plus soignée que la première, a porté sur 3 barreaux seulement. D'après les résultats de la première série, la chauffe de 10 heures à 100° ne semblait pas avoir épuisé, pour les aciers durs, l'effet que peut produire un recuit à cette température. Dans la deuxième série, les recuits à 100° ont duré en tout 24 heures; on a procédé ensuite à des recuits de 8 heures et demie à 150° et de 7 heures à 200°. Ces recuits sont probablement suffisants pour épuiser l'effet possible du recuit à ces températures. MM. Barus et Strouhal ont montré en effet que l'effet du recuit se produit complètement en un temps d'autant plus court que la température est plus élevée. Dans une troisième série d'expériences, on a étudié sur quelques barreaux l'effet du recuit à 60°.

Pour l'acier à 0.06 p. 100 de carbone (fer doux) le champ coercitif a été trouvé plus grand quand le barreau a été recuit à 200°.

Pour l'acier à 0,2 p. 100 de carbone, les constantes magnétiques varient peu par recuit à 100° ou 200°.

Pour l'acier à 0,5 p. 100 de carbone le champ coercitif diminue légèrement par le recuit.

Pour tous les aciers durs, le champ coercitif diminue déjà beaucoup par le recuit à 100°; la diminution est de 12 à 13 p. 100 pour l'acier au carbone à 0,84 p. 100 de carbone pour l'acier d'Allevard et pour un acier au molybdène; encore convient-il de remarquer que, pour les deux derniers aciers, l'effet du recuit ne semblait pas complètement épuisé après 24 heures de chauffe.

Après un recuit à 200°, le champ coercitif des aciers durs a diminué beaucoup plus encore; de 41 p. 100 pour l'acier à 0,84 p. 100 de carbone, de 47 p. 100 pour l'acier d'Allevard, de 50 p. 100 et de 65 p. 100 pour deux aciers différents au molybdène.

Il ressort de cette étude que le recuit, même à température peu élevée, diminue le champ coercitif des aciers durs dans une proportion d'autant plus forte que l'acier est plus propre à faire de bons aimants. On ne peut pas recuire à 200° les aimants dont on veut assurer la constance; l'acier perd, dans ces conditions, 50 p. 100 de son champ coercitif et ses qualités magnétiques sont considérablement altérées. Un recuit à 100° fait perdre de 12 à 13 p. 100 du champ coercitif; il est donc déjà fort nuisible, parce qu'il entraîne une diminution correspondante très sensible de la stabilité de l'aimantation.

(1) L'intensité d'aimantation dont il est question ici est celle que garde le barreau lorsqu'il a été réaimanté à saturation à température ambiante après chaque recuit.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Il semble qu'il faut se contenter, dans la pratique, d'un recuit assez prolongé (de 24 heures par exemple) à 60° ou 70°; la perte de champ coercitif qui en résulte n'est que de 1 à 3 p. 100 pour les aciers durs.

L'intensité d'aimantation rémanente des barreaux varie aussi par le recuit, mais cette grandeur est une donnée complexe, et les résultats obtenus eussent été très différents si on avait employé des barreaux ayant une autre forme (1). Pour une certaine forme de barreaux par exemple, l'intensité d'aimantation rémanente peut rester invariable alors que les propriétés de l'acier sont profondément modifiées.

Les barreaux étudiés avaient une longueur de 20 cm. et une section carrée de 1 cm. de côté, sauf les barreaux d'acier d'Unieux à 1,40, 1,41 et 1,61 p. 100 de carbone, qui avaient une section carrée de 0,83 de côté.

Pour les aciers doux au carbone, C = 0,06 p. 100, C = 0,2 p. 100, C = 0,5 p. 100, l'intensité d'aimantation varie comme le champ coercitif. Elle augmente par recuit à 200° pour l'acier à 0,06 p. 100, elle est presque invariable pour l'acier à 0,20 p. 100, elle diminue un peu pour l'acier à 0,5 p. 100.

Pour les aciers durs, l'intensité d'aimantation diminue en général par recuit, mais dans une proportion moindre que cela n'a lieu pour le champ coercitif. Pour certains aciers à grand champ coercitif, l'intensité d'aimantation rémanente reste constante ou même augmente par recuit alors que le champ coercitif diminue fortement. Il faut en conclure que, pour ces aciers, l'intensité d'aimantation rémanente à circuit fermé doit croître fortement par l'effet du recuit. Pour l'acier Boreas par exemple, l'intensité d'aimantation des barreaux reste constante après recuit à 100°; elle augmente après recuit à 200°; cependant le champ coercitif diminue fortement par le même recuit (2).

Action des chocs et des trépidations sur l'état d'aimantation d'un barreau aimanté à saturation. — Les chocs étaient produits par des chutes. Le barreau, orienté d'abord verticalement, tombait d'une hauteur de 85 cm. sur un pavé de grès dur; puis le barreau orienté horizontalement tombait d'une hauteur de 30 cm. sur le même pavé; on reproduisait ensuite alternativement les deux espèces de chutes. Ces chutes ne modifient pas la nature du barreau d'acier, et on trouve, après les avoir fait subir, le même champ coercitif et la même faculté d'aimantation qu'avant. Il convient donc d'étudier l'effet des chutes sur l'état d'aimantation des barreaux. On mesurait pour cela l'intensité d'aimantation au centre du barreau environ 2 minutes après avoir aimanté à saturation (3), puis on

(1) Barus et Strouhal, *loc. cit.*

(2) D'après ce qui précède, il est probable que les aciers doux seraient encore convenablement trempés si le bain de trempe avait une température de 150° à 200°; au contraire, les aciers durs prendraient, dans ces conditions, une trempe généralement insuffisante.

(3) Quand on a aimanté un barreau à saturation, il perd ensuite spontanément une petite partie de son aimantation pendant quelques minutes. Ce phénomène n'est guère sensible que

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

procédait aux chutes successives en mesurant, dans l'intervalle des chutes, l'intensité d'aimantation du barreau. Les premières chutes sont celles qui produisent le plus d'effet, les suivantes en produisent de moins en moins; l'intensité d'aimantation tend asymptotiquement vers une valeur constante plus faible que la valeur initiale. Cependant le phénomène n'est pas toujours aussi régulier; il arrive parfois, qu'après quelques chutes inactives, les chutes suivantes produisent encore une petite diminution de l'intensité d'aimantation, comme si un nouveau petit groupe de particules aimantées était atteint par les secousses.

On trouvera (tableau VIII) le résultat des expériences sur des barreaux de diverse nature. Les résultats relatifs à des barreaux de mêmes dimensions sont seuls comparables entre eux. On trouvera, dans ce tableau, le pourcentage de perte totale quand l'effet des chutes est épuisé.

Pour les aciers très doux, à 0,06 et 0,2 p. 100 de carbone, le pourcentage de perte d'aimantation est très grand; de plus, il faudrait un tel nombre de chutes pour obtenir une aimantation sensiblement constante que j'ai dû renoncer à y arriver. D'une manière générale, la perte limite par les chutes est d'autant plus petite que le champ coercitif est plus grand (voir tableau VIII). Cependant l'intensité d'aimantation a aussi une influence, et, à champ coercitif égal, la perte p. 100 par les chutes semble d'autant plus grande que l'intensité d'aimantation est elle-même plus grande. L'acier Boehler Boreas par exemple, qui a un champ coercitif considérable et une intensité d'aimantation relativement faible, est celui qui perd le moins par les chutes.

On a fait figurer, dans le tableau VIII, le nombre des chocs actifs, c'est-à-dire le nombre des chocs nécessaires pour que l'intensité d'aimantation prenne sensiblement sa valeur limite pour des chutes déterminées, les chutes semblables subies ultérieurement par le barreau ne produisant plus d'effet appréciable. Étant donné la nature du phénomène, ce nombre de chutes n'est évidemment pas une donnée bien définie, sa valeur approximative donne cependant une idée de la rapidité avec laquelle l'intensité d'aimantation prend sa nouvelle valeur pour des barreaux de diverse nature. On voit que, d'une manière générale, la nouvelle valeur est atteinte d'autant plus vite que les chutes font moins d'effet. Cependant il existe des différences individuelles entre les barreaux à ce point de vue. On voit aussi que, pour les aciers durs, on arrive assez rapidement à l'état limite.

Les secousses dont il est question ici étaient assez énergiques (certains barreaux se sont cassés); lorsque l'état définitif est atteint, on peut frapper l'aimant assez fortement dans divers sens avec un marteau en cuivre sans obtenir de nouvelle variation.

pour les aciers à faible champ coercitif; mais l'aimantation de ces aciers varie sous l'influence de la moindre secousse, et il est impossible de dire si la perte, en apparence spontanée, n'est pas due aux trépidations et aux petites se cousses inévitables.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Comme les pièces d'acier qui servent à constituer des aimants permanents doivent être recuites à basse température, il était intéressant d'examiner (tableau VIII) après recuit et réaimantation l'influence des chutes.

TABLEAU VIII. — **Perte d'aimantation par chutes successives.**

	BARREAUX NON RECUITS.				BARREAUX RECUITS A 100°.			BARREAUX RECUITS A 200°.		
	Hc	Ir	PERTE p. 100 d'aimantation.	NOMBRE de chutes actives.	Hc	PERTE p. 100 d'aimantation.	NOMBRE de chutes actives.	Hc	PERTE p. 100 d'aimantation.	NOMBRE de chutes actives.
BARREAUX DE 20cm DE LONGUEUR, SECTION CARRÉE 1cm DE CÔTÉ										
P. 100.										
Aciers au carbone. C=0,06	3	27	>83	>75						
Aciers au carbone. C=0,2	11	117	>45	>95						
Aciers au carbone. C=0,5	23	210	23	30	22	20	20	20	24	80
Aciers au carbone. C=0,84	54	398	3,2	15						
Aciers au carbone. C=0,96	54	386	3,4	20						
Aciers au carbone. C=1,2	58	451	4,8	20						
Acier d'Allevard I.	72	570	6,0	45						
Acier d'Allevard II.	73	560	5,0	50	68	7	100	44	9,2	60
Acier au molybdène C.	73	448	2,9	10	69	3	30	47	7	100
Boehler, spécial très dur	74	580	3,0	20						
Acier au molybdène B.	85	520	3,2	10						
Boehler, Boreas. .	86	390	1,5	5				55	3,7	20
BARREAUX DE 20cm DE LONGUEUR, SECTION CARRÉE 0cm,85 DE CÔTÉ										
P. 100.										
Aciers au carbone. C=1,40	59	358	3,5	15						
Aciers au carbone. C=1,41	60	366	5,5	20						
Aciers au carbone. C=1,61	46	274	8,5	20						
Acier d'Allevard. .	74	680	2,6	10						

Le caractère du phénomène n'est pas changé. Le pourcentage de perte d'intensité d'aimantation par les chocs est plus grand après recuit ; c'est une conséquence naturelle de la diminution du champ coercitif.

Effet des chocs sur des barreaux aimantés, partiellement désaimantés. — Les chocs étaient produits par les mêmes chutes que précédemment.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

EXPÉRIENCES SUR UN BARREAU AIMANTÉ D'ACIER D'ALLEVARD AYANT UNE LONGUEUR DE 20 CENTIMÈTRES ET UNE SECTION CARRÉE DE $0^{m},85$ DE CÔTÉ.

	Intensité d'aimantation.
Barreau aimanté à saturation.	676
Après un grand nombre de chutes.	658
Barreau réaimanté et désaimanté dans un champ de 6,4 unités. . . .	660
Après un grand nombre de chutes	656
Barreau réaimanté et désaimanté un peu plus dans un champ de 14 unités	632
Après un grand nombre de chutes.	632
Les chutes ne font plus d'effet sensible.	

EXPÉRIENCES AVEC UN BARREAU D'ACIER AU CARBONE PEU CARBONÉ C = 0,5 P. 100 LONGUEUR, 20 CENTIMÈTRES; SECTION CARRÉE DE 1 CENTIMÈTRE DE CÔTÉ

	Intensité d'aimantation.
Barreau aimanté à saturation.	200
Après un grand nombre de chutes.	152
Barreau réaimanté et désaimanté dans un champ de 8,5 unités	150
Ensuite perd encore par chutes.	
Barreau réaimanté et désaimanté plus fortement dans un champ de 13,8 unités.	118,4
L'aimantation augmente ensuite spontanément.	
Au bout de 4 jours, elle est devenue presque constante.	123
Ensuite les chutes ne font plus aucun effet (1).	

Ainsi, en désaimantant partiellement les barreaux, on rend l'effet des chutes de moins en moins sensible. Le barreau d'Allevard est devenu complètement insensible aux chutes lorsque la désaimantation a été de 6 p. 100 environ de l'intensité d'aimantation à l'état saturé. Pour le barreau d'acier doux, il a fallu porter la désaimantation à 40 p. 100 pour le rendre insensible aux chutes. On peut donc, par une désaimantation partielle, rendre l'aimantation des barreaux insensible aux secousses. Ce procédé est évidemment moins dangereux pour le barreau et plus facile que celui qui consiste à rendre le barreau insensible en le faisant tomber un assez grand nombre de fois d'une certaine hauteur. Pour des barreaux trempés d'*aciers durs* de diverse nature, ayant 20 cm. de longueur et

(1) Quand on désaimante partiellement un barreau, il tend à reprendre peu à peu une partie de son aimantation primitive; cette augmentation progressive est à peine sensible pour les barreaux d'aciers durs désaimantés seulement de 1/10e de leur aimantation. Mais, pour les aciers doux assez fortement désaimantés, le phénomène d'accroissement spontané de l'intensité d'aimantation est très manifeste. Pour le barreau d'acier trempé à 0,5 p. 100 de carbone étudié ici, on a obtenu les résultats suivants :

Barreau aimanté à saturation I = 200. Barreau désaimanté partiellement le 3 juin dans un champ de 13,8 unités donne, de suite après désaimantation, I = 118,4; le 5 juin, I = 120,8; le 6 juin, — I = 122,3, le 7 juin, — I = 122,9.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

une section carrée de 1 cm. de côté, j'ai constamment trouvé qu'une désaimantation de 1/10e de l'aimantation maximum du barreau est plus que suffisante. Les barreaux ainsi légèrement désaimantés peuvent subir des secousses énergiques sans perdre rien de leur aimantation (1).

Influence d'un recuit à température peu élevée sur l'état d'aimantation d'un barreau aimanté. — On peut en chauffant des barreaux aimantés, se rendre compte des effets que peuvent produire les variations de la température ambiante.

Voici, pour 4 barreaux d'aciers durs, trempés et aimantés à saturation, le résultat relatif à l'effet d'une chauffe de 10 minutes à 60°.

	INTENSITÉ D'AIMANTATION.	
	Avant chauffe.	Après chauffe.
Barreau d'acier au carbone C = 0,84 p. 100.	394	387
Barreau d'acier d'Allevard A.	562	541
— — B.	523	517
— — C.	580	568

On voit que tous les barreaux ont perdu une partie de leur aimantation. Cependant, la chauffe ayant été très courte, la nature de l'acier n'a pas éprouvé de modification sensible pour les appareils de mesure employés. En effet, le champ coercitif des barreaux n'avait pas varié, et, en réaimantant les barreaux à saturation, on retrouvait l'intensité primitive. L'un des barreaux dAllevard avait subi antérieurement, après trempe, un recuit prolongé à 60°. Ainsi, un barreau aimanté *à saturation* perd une partie de son aimantation par une chauffe de quelques minutes à 60°, et cela même quand le barreau a été recuit antérieurement à cette température. Il est donc de toute nécessité d'employer des barreaux non aimantés à saturation si on veut que leur aimantation reste constante lors des variations de la température ambiante.

J'ai fait quelques expériences sur des barreaux possédant au centre environ les 9/10mes de leur aimantation rémanente maximum.

Le barreau d'acier d'Allevard D, trempé mais non recuit ($H_c = 70,7$) a été aimanté à saturation ($I_r = 580$), puis désaimanté partiellement dans un champ de 13 unités; son intensité d'aimantation est alors $I = 528$ (environ 0,9 de l'aimantation primitive).

Dans ces conditions, l'aimantation s'est montrée beaucoup plus stable, et ne diminuait pas par des chutes de 80 cm. de haut. Après une chauffe de 10 minutes à 60°, l'aimantation

(1) Il convient toutefois de remarquer que la désaimantation directe du barreau doit être plus forte que celle obtenue par les chutes pour que le barreau devienne insensible aux secousses ultérieures. Les deux modes de désaimantation ne sont donc pas absolument équivalents, et, s'il s'agissait de construire des aimants étalons de très haute précision, il serait prudent après la désaimantation directe de faire subir quelques chutes à l'aimant.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

est restée sensiblement invariable, I = 527; mais, après une chauffe prolongée (52 heures) à 60° elle a diminué d'une façon sensible, I = 510; le champ coercitif est devenu $H_c = 69,6$. On a ensuite recommencé la même série d'opérations. Le barreau a été réaimanté à saturation ($I_r = 580$) et désaimanté partiellement dans un champ de 12 unités; l'intensité d'aimantation est alors I = 519; après de nouvelles chauffes successives à 60° de 8 heures, de 6 heures et de 17 heures, cette intensité est demenrée constante au degré de précision des expériences près; on avait en effet respectivement, après chaque chauffe, I = 519,3, I = 519, I = 520.

Ainsi, lorsque le barreau (acier d'Allevard trempé, non recuit) a été aimanté à saturation et désaimanté de 1/10, une chauffe prolongée à 60° lui fait perdre encore une partie de son aimantation, mais il n'en est plus de même quand le barreau, après trempe, a été recuit à 60°, aimanté à saturation et désaimanté de 1/10; des chauffes à 60° ne modifient plus ensuite l'intensité d'aimantation.

En désaimantant plus fortement le barreau, le recuit préalable à 60° ne serait peut-être pas nécessaire.

Voici des expériences analogues faites sur deux autres barreaux d'acier dur (barreau d'Allevard E, barreau au molybdène B).

Ces deux barreaux ont été trempés et recuits ensuite à 60° pendant 7 heures. Le barreau E a été ensuite aimanté à saturation $I_r = 573$, désaimanté partiellement dans un champ de 14 unités, après quoi on a eu I = 508,8; après 33 heures de chauffe à 60°, on a eu I = 509.

Le barreau, a été également aimanté à saturation ($I_r = 493$) désaimanté partiellement dans un champ de 20 unités (I = 444,2), après chauffe de 23 heures à 60°, I = 445,6; après nouvelle chauffe de 16 heures à 60°, I = 444,5.

Les différences dans les valeurs de l'intensité d'aimantation après chauffe sont de l'ordre de grandeur des erreurs des expériences.

Variation de l'intensité d'aimantation des barreaux aimantés avec la température. — Un barreau d'acier dur trempé, recuit à 60°, aimanté à saturation et désaimanté de 1/10 de son aimantation rémanente maximum possède une aimantation qui a toujours la même valeur pour une température donnée, et cela même après diverses fluctuations de la température ambiante. Au contraire, en étudiant l'aimantation du barreau à diverses températures, on trouve que l'aimantation est un peu plus petite quand la température est plus élevée que la température ambiante, un peu plus grande quand la température est plus basse. Autrement dit, il existe un coefficient de variation de l'intensité d'aimantation avec la température, et ce coefficient est négatif.

Les différences sont fort petites et difficilement mesurables à l'aide des instruments employés.

Voici, par exemple, une série d'expériences faites avec le barreau D d'acier

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

d'Allevard et le barreau au molybdène B. On a fait figurer ici l'intensité d'aimantation au centre du barreau exprimée en unités arbitraires.

BARREAU D'ALLEVARD.			Aimantation.
Aimantation maximum rémanente. . .			36,5
Barreau désaimanté dans un champ de 13 unités.	1re série	à 17°	32,06
		environ 45°	31,88
		à 17°	32,08
	2e série	à 17°	31,81
		env. — 10°	31,99
		à 17°	31,83
		env. — 10°	31,99
		à 17°	31,82
		environ 45°	31,68
		à 17°	31,81

BARREAU AU MOLYBDÈNE.			Aimantation
Aimantation maximum rémanente			31,17
Barreau désaimanté dans un champ de 21 unités.		à 17°	27,66
		environ 45°	27,50
		à 17°	27,67
		env. — 10°	27,93
		à 17°	27,66

Ces expériences permettent seulement de donner l'ordre de grandeur du coefficient de variation de l'aimantation avec la température. On trouve environ 0,0002 pour l'acier d'Allevard et 0,0003 pour l'acier au molybdène ; on pourrait donc avoir des variations de 1/400 dans l'intensité d'aimantation d'un barreau pour une dizaine de degrés de variation de température. Le coefficient de variation pourrait dépendre de la forme du barreau et de son état d'aimantation. Les barreaux ici étudiés avaient 20 cm. de longueur et une section carrée de 1 cm. de côté.

Variations d'aimantation produites par les actions magnétiques extérieures. — Pour modifier l'intensité d'aimantation d'un barreau d'une fraction donnée de sa valeur, il faut, en général, agir avec un champ d'autant plus grand que le champ coercitif du barreau est plus fort. Ainsi, pour désaimanter de 1/10 et d'une façon permanente des barreaux possédant l'aimantation rémanente maximum, il a fallu les placer un instant dans un champ de :

3,5 unités	pour l'acier au carbone C = 0,5 p. 100,	champ coercitif. .	21
13,5 —	— d'Allevard recuit à 60°,	— — . .	70
13,0 —	— d'Allevard non recuit,	— — . .	71
27,5 —	— Boreas recuit à 60°,	— — . .	78
21,0 —	pour l'acier au molybdène B recuit à 60°,	— — . .	80

Le champ nécessaire pour désaimanter de 1/10 le barreau d'acier Boreas est remarquablement intense.

Les quatre derniers barreaux ayant été aimantés à saturation puis désaimantés au 1/10, j'ai examiné quelle serait l'action perturbatrice et permanente d'un champ magnétique agissant temporairement dans un sens ou dans l'autre. J'ai constaté que les champs inférieurs à celui qui avait servi à désaimante

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

au 1/10 faisaient varier l'intensité d'aimantation de 0,1 p. 100 à 0,3 p. 100 ; l'emploi de champs supérieurs amenait de suite des variations assez considérables. Ainsi, les variations restent inférieures à 0,3 p. 100 quand le champ perturbateur n'atteint pas 13 pour le barreau d'acier d'Allevard, 27 pour le barreau d'acier Boreas, 21 pour le barreau d'acier au molybdène B. Si on désaimante les barreaux plus fortement qu'au 1/10, le champ qui a servi à désaimanter est plus fort, et il en est de même du champ perturbateur, pour lequel les variations deviennent grandes ; mais, d'autre part, pour les champs faibles, les variations sont plus importantes que précédemment. Par exemple, pour un barreau d'Allevard désaimanté de 0,37 et de 0,64 de l'aimantation rémanente maximum (champs démagnétisants respectifs, 40 et 68 unités), un champ perturbateur de 7 unités produit des variations permanentes respectives de 0,3 p. 100, et de 0,6 p. 100.

Un procédé qui, pour toutes les grandeurs de la désaimantation, donne de bons résultats, consiste à désaimanter partiellement, en plaçant successivement le barreau dans des champs de sens opposé et de valeur absolue progressivement décroissante. En opérant ainsi, on amène le barreau à varier moins que précédemment sous l'influence des champs faibles.

On pourrait obtenir ce genre de désaimantation à l'aide d'un champ créé par une bobine parcourue par des courants alternatifs dont l'intensité diminuerait peu à peu jusqu'à zéro par le moyen d'un rhéostat.

Constance de l'état d'aimantation des barreaux. — L'aimant qui a servi le plus souvent comme étalon dans ces expériences est resté constant à 1/300 près de sa valeur pendant 15 mois. Cet aimant avait été construit et aimanté depuis plusieurs années, et avait servi à des expériences variées. Conservé ensuite à l'abri des secousses et des actions magnétiques extérieures, cet aimant s'est montré constant. Ceci ne prouve pas qu'il ne varierait pas encore par l'effet d'un échauffement plus intense ou plus prolongé que ceux subis durant l'année écoulée, ou par l'effet d'un choc.

Pour mettre un aimant autant que possible à l'abri d'actions de ce genre sans lui faire perdre trop de son intensité magnétique, il convient de le recuire, après trempe à 60° ou 70° seulement, pendant un temps assez prolongé, 48 heures, par exemple, puis de l'aimanter à saturation, et enfin de le désaimanter partiellement (1). Pour des barreaux de 20 cm. de longueur et de 1 cm. de section, on

(1) MM. Barus et Strouhal recommandent de recuire une première fois le barreau, de l'aimanter, et de le recuire une seconde fois à l'état aimanté. Cette deuxième operation agit surtout en désaimantant faiblement le barreau, et peut, je crois, être remplacée par une désaimantation partielle à température ambiante. Cependant, comme on a déjà fait remarquer pour le cas analogue de désaimantation partielle par les chocs, les deux modes de désaimantation peuvent ne pas être absolument équivalents, et, s'il s'agissait de construire des étalons

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

peut conserver les 9/10 de l'aimantation rémanente maximum; l'aimant peut, dans ces conditions, supporter des chocs énergiques et les variations de la température ambiante sans variation sensible de l'état d'aimantation. On se placerait dans des conditions encore meilleures en désaimantant plus fortement le barreau; mais l'aimantation est toujours susceptible de varier sous l'action de champs magnétiques extérieurs (1). On peut cependant l'amener à un état tel que des champs inférieurs à 5 unités ne produisent plus que des variations permanentes inférieures à 0,2 p. 100 et que des champs inférieurs à 16 unités ne produisent pas de variation de 1 p. 100. De toute façon, il faut éviter avec le plus grand soin le voisinage d'un autre aimant. Un pôle de 500 unités à 10 cm. de distance peut déjà produire un effet dangereux.

Il convient de faire des réserves sur ce qui précède. Même quand on a fait subir à un aimant le traitement indiqué, on ne pourra pas affirmer que cet aimant ne variera plus par une secousse même moins forte que celles qu'il a supportées, ou par une variation de température même moins grande que celles auxquelles il a été soumis (2). Tout ce qu'on pourra dire, c'est que la probabilité pour que le magnétisme de l'aimant ne varie pas est devenue très grande. Il serait illusoire de chercher à obtenir une stabilité absolue au point de vue des secousses ou des variations de température données, parce que l'état d'équilibre parfaitement stable correspond à l'état non aimanté.

Enfin, il convient d'examiner l'action possible du temps, modifiant lentement les propriétés de l'aimant à partir du moment où cet aimant a été constitué. Je n'ai, sur ce sujet, que quelques expériences incomplètes et de trop courte durée.

Le barreau d'Allevard D a été trempé et recuit à 60° pendant 52 heures vers la fin de juillet. Le 31 juillet, champ coercitif 69,6 et intensité rémanente maximum 586. Le 16 septembre, champ coercitif 69,7 et intensité rémanente maximum après réaimantation 584. Les constantes magnétiques du barreau n'ont pas varié pendant un mois et demi.

Le barreau, pendant cet intervalle de temps, du 31 juillet au 16 septembre, était resté aimanté; on lui avait donné, le 31 juillet, une aimantation de 9/10 environ de l'aimantation rémanente maximum, soit 520,5; on a retrouvé, le 2 août 521,5, le 8 septembre, 522,4, le 16 septembre, 523,2. L'intensité d'aimantation semble avoir augmenté progressivement, mais d'une quantité à peine sensible, pour la méthode expérimentale employée.

De même, le barreau d'Allevard E, le barreau au molybdène A et un barreau Boreas trempés, recuits à 60° le 1er août, aimantés à saturation et désaimantés de manière à conserver les 9/10 de l'aimantation rémanente maximum le 2 août, ont été conservés ainsi aimantés. Pour le barreau d'Allevard E, l'intensité d'aimantation est, le 2 août, 505,5, le 8 septembre, 509,5, le 17 septembre, 508,8. Pour le barreau au molybdène, l'intensité d'aimantation est, le 2 août, 444, le 8 septembre, 446, le 17 septembre, 446. Pour le barreau Boreas, l'intensité d'aimantation est, le 2 août, 307, le 8 septembre, 308,4, le 17 septembre, 307,8.

de très haute précision, il serait prudent de faire suivre la désaimantation partielle à température ambiante d'une chauffe à 60° de l'aimant à l'état aimanté.

(1) Voir page 66.

(2) Voir page 68, effets des chocs successifs.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU IX. — **Analyses des aciers.**

		CARBONE.	SILICIUM.	MANGANÈSE.
ANALYSES DE M. MOUTONNET.				
Aciers au carbone de Firminy	»	0,057	0,053	0,13
		0,205	0,076	0,15
		0,493	0,045	0,24
		0,845	0,130	0,24
		0,837	0,135	0,24
		1,206	0,112	0,21
Aciers d'Unieux	»	0,747	0,057	0,15
		0,802	0,061	0,15
		0,829	0,091	0,19
		0,960	0,065	0,15
		1,405	0,075	0,14
		1,411	0,093	0,14
		1,609	0,076	0,13
Aciers Boehler de Styrie — doux.	»	0,699	0,316	0,47
Aciers Boehler de Styrie — mi-dur.	»	0,959	0,274	0,41
Aciers Boehler de Styrie — extra tenace dur.	»	0,994	0,278	0,18
Aciers Boehler de Styrie — extra mi-dur.	»	1,166	0,443	0,32
	Tungstène.			
Acier d'Allevard.. — 1er échantillon.	5,52	0,591	0,018	0,32
Acier d'Allevard.. — 2e échantillon.	4,92	0,617	0,027	0,27
Aciers au tungstène d'Assailly — V_1..	2,917	0,551	0,201	0,42
Aciers au tungstène d'Assailly — V_2..	2,717	0,760	0,298	0,44
Aciers au tungstène d'Assailly — V_3..	2,696	1,107	0,322	0,38
Acier Boehler spécial très dur de Styrie	2,870	1,101	0,163	0,27
	Chrome.			
Aciers au chrome d'Assailly — C_1..	2,486	0,501	0,273	0,23
Aciers au chrome d'Assailly — C_2 .	2,831	0,819	0,274	0,21
Aciers au chrome d'Assailly — C_3 .	3,445	1,069	0,363	0,21
	Nickel.			
Aciers au nickel de Fourchambault — Ni_1.	3,616	0,567	0,176	0,34
Aciers au nickel de Fourchambault — Ni_2.	3,029	0,702	0,186	0,34
Aciers au nickel de Fourchambault — Ni_3.	3,732	1,214	0,280	0,32
Aciers au manganèse de Fourchambault — A. .	»	0,464	0,161	0,69
Aciers au manganèse de Fourchambault — B. .	»	1,183	0,882	1,83
Aciers au manganèse de Fourchambault — C. .	»	1,941	0,984	2,20
ANALYSES DE M. GOUTAL.				
Aciers au silicium, Châtillon et Commentry — I.	»	0,91	0,11	0,44
Aciers au silicium, Châtillon et Commentry — II.	»	0,91	0,64	0,54
Aciers au silicium, Châtillon et Commentry — III.	»	0,72	1,28	0,70
	Bore.			
Aciers au bore, Châtillon et Commentry — *b*.	0,5	1,05	0,16	0,29
Aciers au bore, Châtillon et Commentry — *c*.	0,8	0,97	0,09	0,26
	Cuivre.			
Acier au cuivre, Châtillon et Commentry	3,95	0,87	0,03	0,28
	Tungstène.			
Aciers au tungstène, Châtillon et Commentry — *a*.	3,17	0,77	0,03	0,21
Aciers au tungstène, Châtillon et Commentry — *b*.	2,70	1,02	0,04	0,22
Aciers au tungstène, Châtillon et Commentry — *c*.	3,52	1,53	0,04	0,31
Acier d'Allevard	5,84	0,59	0,09	0,58
Acier Boehler Boreas de Styrie	7,75	1,96	0,34	1,98
	Molybdène.			
Aciers au molybdène, Châtillon et Commentry — A.	3,48	0,51	0,08	0,34
Aciers au molybdène, Châtillon et Commentry — B.	3,36	1,25	0,03	0,21
	4,05	1,24	0,03	0,22
Aciers au molybdène, Châtillon et Commentry — C.	3,91	1,72	0,04	0,33

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Il semble résulter de ce qui précède que, dans les premiers mois après recuit, les constantes magnétiques (champ coercitif, intensité rémanente maximum après réaimantation) des barreaux ne varient pas.

Lorsque les barreaux ont été aimantés à saturation et désaimantés de manière à conserver les 9/10 de la valeur maximum de l'intensité rémanente, cette aimantation reste constante pendant les premiers mois; cependant, il semble y avoir, dans les premiers jours après la désaimantation, une petite augmentation progressive de l'intensité. Ce serait, en beaucoup moins fort, le même phénomène que celui qui est si manifeste avec les aimants faiblement carbonés désaimantés partiellement. (Voir note page 69.)

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS MÉCANIQUES

SUR LES INSTRUMENTS VÉRIFICATEURS DES FILETAGES SYSTÈME FRANÇAIS (S. F.), par **M. Marre**, INGÉNIEUR MÉCANICIEN

Généralités. — Les instruments pratiques pour la vérification des vis, boulons, écrous, etc... filetés ou taraudés par un procédé quelconque sont la vis-type (calibre mâle) et l'écrou-type (calibre femelle).

Pour vérifier la concordance des deux vérificateurs correspondants d'un même diamètre, on demande généralement que l'écrou-type se monte sur la vis-type. Quand deux pièces se montent l'une sur l'autre, on doit admettre qu'il y a un certain jeu, soit une certaine différence de cote entre les mesures des parties qui s'emboîtent.

Nous avons pratiquement admis, avec les ingénieurs de tous les établissements pour lesquels nous avons fait des vis et écrous-types, que la vis-type devait être faite avec le plus grand soin suivant le profil théorique, la vis présentant sur l'écrou l'avantage d'avoir ses parties accessibles au mesurage, et que l'écrou-type devait être fait pour se monter sans jeu appréciable sur la vis-type.

L'écrou-type fait ainsi est en réalité plus grand que le profil théorique, qui représente sa limite minimum. Pourtant, pratiquement, cette façon de procéder, qui est commode, n'a aucun inconvénient.

La vérification des types (vis et écrous S. F.), que nous avons fournis a été exécutée au chemin de fer de Paris Lyon avec un soin minutieux, de la façon suivante :

Un tourneur habile faisait avec un outil ayant le profil théorique (S. F.), sur un tour de précision (fourni par nous bien avant, il y a près de 15 ans), un écrou montant aussi exactement que possible sur la vis type Bariquand. D'autre part, dans les mêmes conditions, il faisait une vis se montant sur l'écrou-type Bariquand. Ces deux éprouvettes, mâle et femelle, montant ainsi sans jeu dans nos types, se montaient également bien sans jeu l'une sur l'autre.

La réception de nos types S. F. par le chemin de fer P. L. M. dépendait de cette épreuve. Nous la remplissons *maintenant* sans difficulté en faisant nos vis et écrous-types trempés comme il est dit ci-après.

Nous disons *maintenant*, parce que nous avons été longtemps à trouver un mode d'exécution de ces vis et écrous qui, par leur forme et par leur nature (ils sont trempés et rectifiés dans toutes leurs parties), ont présenté des difficultés actuellement résolues.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Nous avons discuté aussi longtemps avec les ingénieurs du chemin de fer P. L. M., au cours des difficultés que nous avons rencontrées, pour savoir si nous ferions les types trempés ou en acier dur non trempé.

Par les essais faits, il a été reconnu que les types trempés et rectifiés, tels que nous les faisons, donnaient des vis et écrous se montant les uns sur les autres sans jeu appréciable, à frottement doux et gras, sans aucune secousse, tandis que dans les types non trempés, le même résultat n'était pas atteint avec la même perfection.

Cela tient évidemment à ce que le tour, qui est une excellente machine, nécessite une pression sur l'outil qui coupe et que cette pression, même très légère, fait faire dans la pièce un copeau d'une certaine épaisseur, qui a un minimum plus grand que zéro. D'autre part, si le tour a une légère excentricité, et, si minime qu'elle soit, il y en a toujours une, la vis faite sur ce tour d'un côté, et l'écrou d'autre part, ont, à chaque tour, cette excentricité tantôt de même sens, puis diamétralement opposée. Cette excentricité, presque insensible par les vérificateurs bien faits, se sent parfaitement à la main en vissant une vis dans un écrou fait sur le tour.

Nous avons donc adopté les types trempés qui, tout en se prêtant à une exécution plus précise, mais plus coûteuse il est vrai, sont susceptibles d'une usure moins rapide.

Dans les compagnies de chemins de fer et les grands établissements où l'on a besoin d'une grande quantité de séries de types S. F., les vis et écrous-types Bariquand en acier trempé servent de prototypes auxquels on rapporte tous les autres faits en acier non trempé comme il a été rappelé pour la réception des types Bariquand.

Nous avons dit que nous avions rencontré de grandes difficultés à faire des types S. F. au profil théorique en acier trempé. Cela tient à la difficulté, nous pouvons même dire à l'impossibilité de rectifier les sommets creux après la trempe.

Nous avons tourné cette difficulté en faisant (fig. 1) les sommets creux des types S. F. trempés plus profonds que le type théorique. Nous avons adopté, pour ce supplément de profondeur aux sommets creux, la valeur $\frac{H}{16}$ au lieu de $\frac{H}{8}$ du S. F. avec de légers arrondis. Dans ces conditions, nous avons pu faire un bon rodage et une bonne rectification après trempe tout en laissant aux flancs du filet le profil théorique dans toute son étendue. Les sommets saillants des vis et écrous types trempés s'obtiennent sans difficultés, car, après avoir rectifié les flancs de la vis avec des rodoirs à sommets creux plus profonds, il suffit de rectifier soigneusement le cylindre des sommets saillants, laissés à l'ébauche légèrement plus grands, à l'instar d'un tampon vérificateur de diamètre, pour obtenir des

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

angles vifs résultant ainsi de l'intersection des nappes des surfaces hélicoïdales avec le cylindre en question, et réalisant pratiquement le profil théorique.

Pour vérifier les sommets saillants des vis et écrous S. F. avec nos vis-types et écrous-types à sommets creux plus profonds $\frac{H}{16}$, il est nécessaire d'avoir :

1° Une bague du diamètre nominal du pas S. F. considéré, qui mesure le cylindre des sommets saillants des vis ;

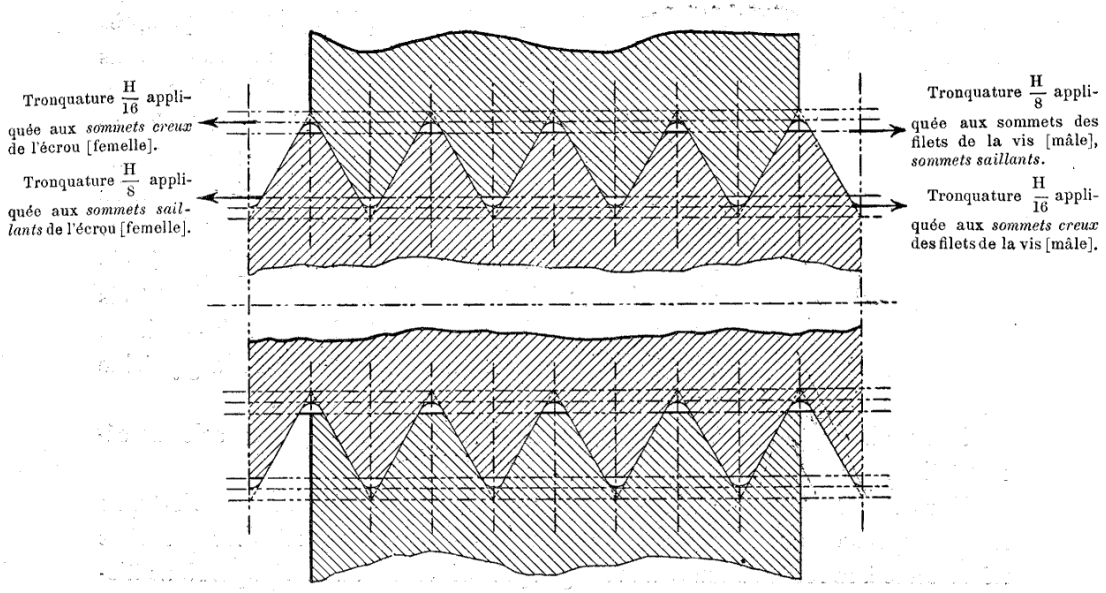


Fig. 1.

2° Un tampon cylindrique lisse représentant le cylindre des sommets saillants de l'écrou.

En outre, pour que toutes les parties des vis et écrous ainsi vérifiés séparément soient concentriques, il faudrait que la bague fasse solidairement suite à l'écrou-type et le tampon à la vis-type.

Nous avons réussi à faire couramment des vis-type trempées, avec, en prolongement solidaire, les tampons cylindriques des sommets saillants des écrous, et cela a suffi pour assurer pratiquement la concentricité de toutes les parties des types. Il est inutile d'apporter la complication de la bague solidaire à l'écrou-type, bien que nous puissions le faire, mais c'est une dépense que la pratique ne demande pas.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Vis-type. — Nous la faisons comme il est exposé ci-dessus.

Flancs au profil théorique par rodage de rectification ;

Sommets saillants, plats $\frac{H}{8}$, angles vifs.

Sommets creux, fonds $\frac{H}{16}$, angles arrondis, pour les prototypes sur demande spéciale :

Cylindre tampon à l'avant, solidaire de la vis concentrique, pour mesurer les sommets saillants de l'écrou.

Les vis trempées sont faites en acier de cémentation. L'acier vif, qui trempe dur directement par chauffe et immersion, varie pendant trop longtemps après la trempe pour présenter une sécurité d'emploi. A ce propos, quand nous avons fait nos broches-étalons pour la subdivision du mètre, nous avions reconnu ce fait. Il a été constaté d'autre part par MM. le commandant Hartmann et le capitaine Mengin, de la section technique d'Artillerie, quand ils ont fait ce même travail de subdivision du mètre par broche-étalon. L'acier vif trempé, pour ne plus varier de dimension avec le temps, doit être recuit pendant trois ou quatre cents heures dans l'huile, au bain-marie de 100°, ou pendant cent heures à 200° dans la glycérine ou dans autre bain à cette température.

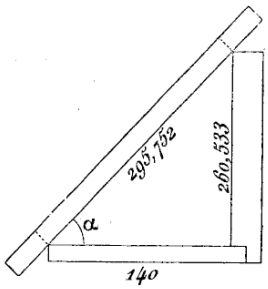


Fig. 2.

Nous faisons, pour cette raison, nos vis prototypes trempées en acier de cémentation.

Nous faisons l'ébauche de ces vis avec les mêmes soins que les vis-types non trempées en acier dur, en laissant sur les différentes parties les quantités nécessaires à la rectification et au rodage après cémentation et trempe. Nous filetons donc ces vis sur le tour avec des outils présentant le sommet abattu $\frac{H}{16}$.

Outil de filetage. — Nous nous servons, comme outil à angle constant, d'un prisme affûté en bout et incliné de 15° pour la coupe dans un porte-outil spécial se montant sur le tour (1).

La section droite de ce prisme se calcule (fig. 2) par la formule :

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \operatorname{tg} 30^\circ \times \frac{1}{\cos 15^\circ} = 0{,}597.716$$

et donne $\alpha = 61^\circ\ 44^m\ 65^s{,}8$.

Pour obtenir des outils à cet angle, nous avons un calibre composé (fig. 2) de 3 règles parfaitement dressées et de longueurs absolument exactes, du moins

(1) *Bulletin* d'avril 1893, p. 250.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

autant que possible, soit à 2 ou 3 microns près, de manière à composer sur un marbre un triangle rectangle dont un angle soit de $61°44^m52^s,8$. C'est à l'aide de ce calibre que nous établissons les prismes à la section droite α. Une autre difficulté nous a arrêtés assez longtemps, c'est l'établissement de ces prismes avec un plat abattu aux sommets de la quantité $\frac{H}{8}$ ou $\frac{H}{16}$ correspondant au pas S. F. à établir.

Pour arriver à ce but avec sécurité, nous avons fait un instrument de vérification des outils prismatiques dans lesquels on emboîte le prisme de telle sorte que le dièdre à tronquer soit dans l'axe d'une vis de palmer réglable, préalablement réglée sur une broche-étalon représentant, dans l'instrument, la hauteur correspondant théoriquement au sommet de l'angle vif. Ainsi établi, l'outil prismatique assure une grande précision dans l'exécution des filetages.

La vis-type filetée étant trempée, il faut la rectifier.

Nous établissons, pour cela, des rodoirs à cage et coussinets qui sont entretenus aussi fréquemment que possible pendant le travail par des tarauds précédemment établis avec l'outil prismatique et avec des pas différents, mais de très petites quantités. Il faut au mois un taraud à pas court, un à pas allongé et un à pas théorique.

Quand la vis s'est allongée à la trempe, on commence le travail avec les coussinets résultant du taraud court, et inversement si elle s'est raccourcie.

On termine avec les coussinets faits avec le taraud au profil théorique et pas exact. Enfin, on fait les sommets saillants extérieurs et le cylindre concentrique

Bien que ce travail soit long et délicat, nous sommes arrivés à le faire sans trop de difficultés. Nous avons même établi des séries de types mâles et femelles parfaitement interchangeables entre eux, étant faits en même temps.

Nous ne savons pas si nous réussirons une interchangeabilité aussi parfaite sur des prototypes aussi précis faits ultérieurement. Nous sommes pourtant certains que ces prototypes n'auront, avec ceux faits par nous jusqu'à ce jour, que des différences insignifiantes, qui ne gêneront aucunement l'application du système français.

Il ne faut pas oublier que l'exécution de ces prototypes est difficile, parce qu'il s'agit là de les faire au profil limite théorique, et qu'il n'en est pas du tout de même des vis et écrous courants, dont ces limites sont maximum et minimum, avec des tolérances aussi larges que les industriels les jugeront convenables.

Écrou type. — Il est fait avec les mêmes précautions que la vis; mais, son rodage après la trempe se faisant avec des rodoirs directement filetés à l'outil, l'entretien de son outillage est plus facile, les parties étant plus accessibles à la vérification.

Ces rodoirs sont extensibles par l'introduction dans leur axe d'une tige conique qui permet ainsi de compenser l'usure dans une certaine mesure.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Tarauds et filières. — Nous nous proposons d'adopter les règles suivantes pour ces outils d'emploi si répandu.

Taraud courant. — Cet outil mâle sert à tarauder un trou qui recevra ultérieurement une vis faite à la filière.

Il doit donc donner au filet taraudé un profil plus grand que le profil limite théorique.

La trempe gonfle généralement les tarauds en raccourcissant le pas. Il y a lieu de prévoir, dans l'usinage, des corrections qui viendront contre-balancer les effets de la trempe. En faisant les tarauds ainsi, on aura des pièces faciles à exécuter pratiquement.

Sommets creux, plats $\frac{H}{8}$, avec le diamètre (d) augmenté de $\frac{1}{100}$ du pas.

Sommets saillants, plats $\frac{H}{16}$, avec la même augmentation.

Le pas allongé de $\frac{1}{500}$ du pas pour prévoir le raccourcissement dû à la trempe.

Ces règles établies par la pratique donnent des trous taraudés dans lesquels les types faits au profil limite montent bien avec le petit jeu pratique nécessaire.

Filière et coussinet. — Il faut, pour des raisons analogues, faire ces outils avec des tarauds présentant la disposition inverse, soit :

Tarauds pour filières. — Sommet saillant $\frac{H}{8}$. Sommet creux $\frac{H}{16}$.

Le diamètre du taraud à filière dépend des habitudes des ateliers.

Les uns le font au diamètre réel, les autres plus grands, les autres plus petits ; comme les filières sont réglables, extensibles ou composées d'outils multiples réglables, on arrive facilement, avec un profil ainsi établi, à faire des boulons ou vis qui ont le profil S. F. pour maximum.

VÉRIFICATION DES DIFFÉRENTES PARTIES DE LA VIS-TYPE PENDANT SON EXÉCUTION

Pas. — Il est vérifié avec un peigne cémenté et trempé, qui est rectifié avec des rodoirs faits sur le tour à l'outil aussi exactement que possible.

L'outil est l'outil prismatique fait dans les conditions et avec les vérifications précédemment exposées.

Le pas des rodoirs est vérifié sur un micromètre à réticules ou sur un petit micromètre d'atelier spécial que nous avons établi pour donner des indications rapides, en mesurant 10 filets à moins de $\frac{1}{100}$. La correction des vis de tours, pendant le filetage, se fait par un levier suivant un profil *ad hoc* et agissant sur le chariot porte-outil.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La profondeur de l'outil de filetage sur le tour est donnée par un calibre en fer à cheval à long cône (fig. 3) établi d'après un rapporteur mesurable.

Le cône que nous avons adopté est le cône au $\frac{1}{400}$. Il permet de mesurer les fonds de filet avec une précision supérieure au $\frac{1}{100}$.

Nous les faisons directement avec nos micromètres accusant le micron, ou bien avec des bagues lisses faites avec la plus grande précision, d'après des tampons rectifiés et mesurés sur nos micromètres d'atelier.

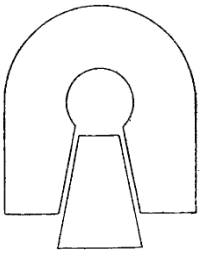


Fig. 3.

Nous pouvons dire maintenant que le système français, tel qu'il est adopté, permet d'établir des types représentant les profils théoriques, du moins dans les vis, toutes les parties du profil étant facilement vérifiables. C'est là une grande supériorité sur tous les systèmes de filetage dont les profils présentent des arrondis que l'on ne peut pas vérifier.

Pour les écrous, ainsi que nous l'avons dit, il suffit de faire les sommets saillants sur un tampon lisse représentant le diamètre des fonds de filets $\frac{H}{8}$, et de faire visser les flancs aussi exactement que possible sur ceux de la vis.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

NOTES DE MÉGANIQUE

APPLICATIONS DU SYSTÈME FRANÇAIS DE FILETAGES

La Société Alsacienne de constructions mécaniques vient de publier un prospectus relatif aux outils de taraudage pour les vis du filetage français, d'où nous extrayons les renseignements qui suivent :

La *Société Alsacienne de constructions mécaniques*, qui fabrique depuis de nombreuses années les outils de taraudage et particulièrement les tarauds, s'est mise en mesure, en créant un outillage spécialement approprié, de pouvoir fournir les outils nécessaires à la production du nouveau filet, par suite de l'adoption du « Système Français » (S. F.) par les Administrations de l'État, les compagnies de chemins de fer et les principaux constructeurs.

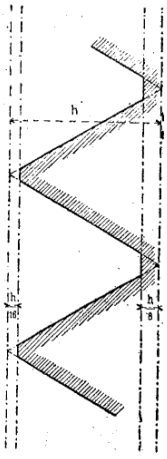


Fig. 1.

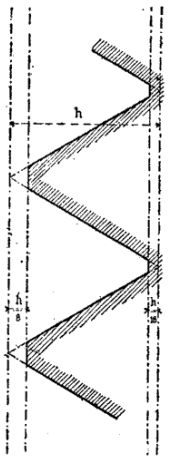


Fig. 2.

Ces outils sont exécutés conformément aux règles établies par la *Société d'Encouragement pour l'industrie nationale*, règles qui sont rappelées, telles que les donne le *Bulletin* de la Société d'Encouragement pour 1894, p. 146.

Ils portent tous une marque spéciale.

Les outils de diamètres pairs sont seuls mentionnés dans le tarif, mais les diamètres impairs sont exécutés également; leurs prix sont ceux du diamètre pair immédiatement supérieur.

Une note publiée dans le *Bulletin* de la Société d'Encouragement du mois de mars 1896 fait remarquer que « si les outils de taraudage étaient construits exactement d'après le profil limite, les angles de ces outils risqueraient de s'émousser; il en résulterait, dans le fond des filets, des arrondis qui sortiraient du profil théorique aussi bien pour le boulon que pour l'écrou; les deux pièces se coinceraient dans les angles, et le montage deviendrait défectueux », elle recommande, pour éviter cet inconvénient, de creuser un peu au delà du profil limite les filets des boulons et des écrous, en adoptant, pour les fonds, un profil avec troncature d'un seizième de la hauteur du triangle primitif au lieu de la troncature d'un huitième.

Pour se conformer à cette recommandation, la Société Alsacienne donne à ses tarauds aléseurs le profil indiqué par la fig. 1, et aux tarauds-mères celui de la fig. 2.

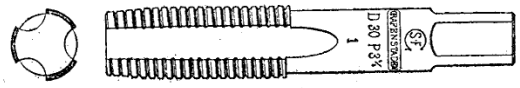
Cependant la troncature d'un huitième est maintenue pour les tarauds finisseurs à la main, qui sont disposés, après usure du haut des filets, pour être transformés en tarauds intermédiaires et ébaucheurs par une réduction appropriée de leur diamètre extérieur.

Les tableaux du tarif donnent les dimensions et les prix des tarauds à la main, des tarauds-mères et des tarauds aléseurs, représentés par les fig. 3, 4 et 5, des cages de filières et coussinets, des tourne-à-gauche et des assortiments complets d'outils de taraudage à la main.

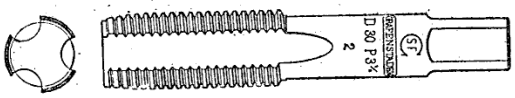
Le jeu de tarauds à la main, servant au taraudage des trous borgnes, se compose d'un

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

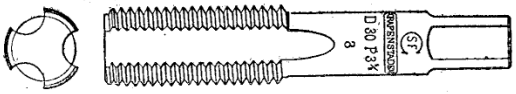
taraud ébaucheur, d'un taraud finisseur et de un ou de deux tarauds intermédiaires. (Un intermédiaire pour les diamètres jusqu'à 35 mm., deux pour des diamètres supérieurs.)



Taraud ébaucheur.



Taraud intermédiaire.



Fgi. 3. — Tarauds à la main.

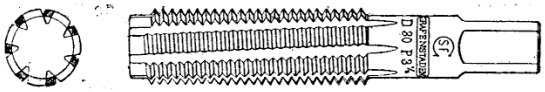


Fig. 4. — Taraud-mère.

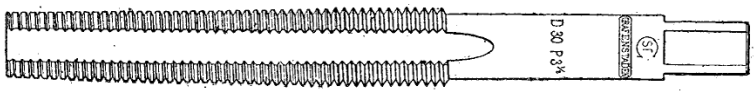


Fig. 5. — Taraud-aléseur.

Chaque assortiment complet d'outils de taraudage à la main se compose des pièces suivantes réunies dans une boîte à compartiments :

1 cage de filière complète avec son tournevis;

Le ou les tourne-à-gauche correspondants;

et, *par diamètre, de 2 en 2 millimètres:*

1 paire de coussinets;

1 série de tarauds à la main;

(*sur demande spéciale*) 1 taraud-mère.

APPLICATION DES RÈGLES DU SYSTÈME FRANÇAIS DE FILETAGE POUR LES VIS MÉCANIQUES AU MATÉRIEL DE LA COMPAGNIE DE L'OUEST

Une instruction du service du matériel et de la traction de la Compagnie des chemins de fer de l'Ouest, signée par M. l'ingénieur en chef Clérault, après avoir reproduit les règles du système français de filetage, prescrit les dispositions qui suivent pour l'application de ce système.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

A. — Constructions neuves.

Le S. F. de filetage sera appliqué, à l'avenir, dans toutes les constructions neuves, pour les boulons, vis et goujons.

Conserveront leurs diamètres, pas et profils actuels, certaines catégories de pièces actuellement munies de filetages spéciaux, notamment celles qui sont désignées ci-après :

Pièces de frein Westinghouse;

Pièces pour appareils de gaz d'huile;

Pièces pour prise d'eau ou service d'incendie.

Les entretoises de foyers de locomotives, plombs fusibles, pièces de robinetterie et, en général, pièces de bronze de diamètre supérieur à 18 millim. conserveront leurs pas actuels, mais le profil du filet sera celui du S. F.

On appliquera le S. F. intégralement aux pièces de robinetterie de diamètre inférieur à 18 millim.

B. — Entretien du matériel Ouest muni de l'ancien filetage.

1° *Boulons et écrous :*

D'une façon générale, lorsque les deux pièces, boulon et écrou, seront à remplacer, on devra naturellement leur substituer un boulon et un écrou S. F. — Si l'une seulement des deux pièces, boulon ou écrou, est à remplacer, on devra, s'il s'agit d'une grande réparation, les remplacer toutes deux, autant que possible, par des pièces S. F.; s'il s'agit au contraire d'une petite réparation, on remplacera la pièce défectueuse par une de l'ancien type, tant qu'il en restera en approvisionnement, et on remplacera les deux pièces par des pièces S. F. dès que l'approvisionnement de pièces de l'ancien système sera épuisé.

Les tableaux I et II, p. 88 et 89, donnent les dimensions des divers éléments de boulons proprement dits, écrous, goupilles..., adoptées par la Compagnie et indique les diamètres de la série S. F. correspondant aux diamètres de l'ancien système.

Cette correspondance des diamètres devra être strictement observée toutes les fois qu'on remplacera des pièces de l'ancien système par des pièces S. F.

Dans tous les cas, dans les remplacements de boulons, si le trou doit être alésé, on donnera à la partie filetée du boulon S. F. remplaçant le diamètre correspondant, dans la série S. F., au diamètre du filetage du boulon remplacé, mais on augmentera la partie lisse à la demande du trou pour les boulons qui doivent être ajustés dans leur trou.

On créera ainsi des boulons hors type, en ce qui concerne l'excès du diamètre de la partie lisse sur la partie filetée. Toutefois, dans le cas où l'on serait ainsi amené à donner à la partie lisse du boulon le diamètre normal immédiatement supérieur dans la série S. F., on donnerait alors à la partie filetée le diamètre normal correspondant de façon à créer un boulon S. F. au type normal.

2° *Goujons :*

a) Cas où les goujons de l'ancien système ont le même pas que les goujons correspondants de la série S. F.

On remplacera le goujon existant par un goujon S. F. dont la partie filetée extérieure aura pour diamètre le diamètre correspondant, dans la série S. F., à celui de la partie analogue du goujon remplacé.

Quant à la partie filetée du goujon S. F. remplaçant s'engageant dans la pièce fixe, elle aura toujours le même pas que la partie extérieure et même diamètre si possible, ou bien, si cela est nécessaire, un diamètre plus grand, établi à la demande du trou taraudé dans la partie fixe.

La superposition des deux types de filets (ancien et nouveau systèmes) montre (voir croquis fig. 6) que la rectification au moyen d'un taraud S. F. de même pas, d'un trou taraudé à l'ancien type, est toujours possible sans augmentation de diamètre.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

b) Cas où les goujons de l'ancien système ont un pas différent de celui des goujons correspondants de la série S. F. :

Dans ce cas, on remplacera les goujons par d'autres dont la partie extérieure sera du type S. F. correspondant à la partie extérieure du goujon remplacé, et dont la partie intérieure sera filetée, suivant l'ancien système, à la demande du trou.

3° *Vis :*

Les vis seront remplacées, toutes les fois que cela sera possible, par des vis entièrement faites au S. F.

4° *Entretoises de foyers de locomotives, plombs fusibles, etc. :*

Les entretoises, bouchons fusibles à remplacer dans l'entretien courant seront filetés au profil français, en conservant leur pas actuel de 2 millim.

L'application de cette règle ne soulèvera aucune difficulté; dans le cas du remplacement d'une entretoise ou d'un bouchon fusible, le taraudage du trou existant est en effet toujours augmenté de 1 millim. au minimum, ce qui est plus que suffisant pour former le filet au nouveau profil, puisque, ainsi qu'on l'a vu plus haut, on peut former ce nouveau profil même sans augmentation de diamètre.

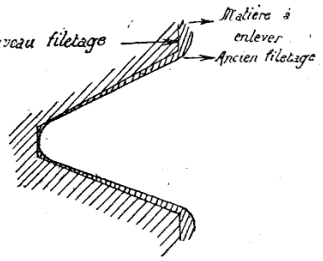


Fig. 6.

5° *Pièces de robinetterie :*

Si les pièces filetées peuvent être maintenues telles quelles, on les remettra en service.

Si les deux pièces, mâle et femelle, sont à remplacer, on les remplacera par des pièces correspondantes, filetées suivant les règles précédemment indiquées pour le cas des constructions neuves.

Il en sera de même si la plus importaute des deux pièces, mâle ou femelle, est à remplacer.

Si la moins importante seule est à remplacer, on la remplacera par une pièce semblable filetée suivant l'ancien système.

C. — Entretien du matériel Ouest auquel serait déjà appliqué le système français.

1° *Boulons :*

Le boulon remplaçant conservera le même diamètre de partie filetée et le même pas que le boulon remplacé; pour les boulons ajustés dans leur trou, le diamètre de la partie lisse sera fait à la demande du trou.

Si le diamètre de ce trou était agrandi, de façon à correspondre au diamètre immédiatement supérieur de la série S. F., le boulon remplaçant serait fait aux dimensions correspondant à ce diamètre.

2° *Goujons :*

La partie filetée extérieure conservera le même diamètre que l'ancienne; l'autre partie filetée sera faite à la demande du taraudage.

3° *Vis :*

De même que pour les goujons, le filetage de la vis sera fait à la demande du taraudage existant.

4° *Entretoises, plombs fusibles, etc. :*

Le filetage de la pièce remplaçante sera fait 1 millim. plus fort que le diamètre du filetage primitif.

Le nouveau filetage conservera naturellement le même pas (2 millim.) que la pièce supprimée.

5° *Pièces de robinetterie :*

Pour les pièces de robinetterie, le filetage d'une partie filetée mâle se fera à la demande de la partie femelle, et réciproquement. Dans le cas de remplacement des deux filetages correspondants, les pièces filetées neuves seront établies aux cotes d'origine

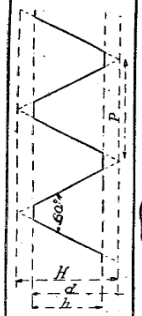
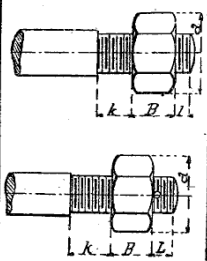
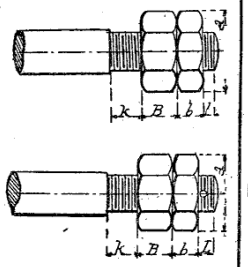
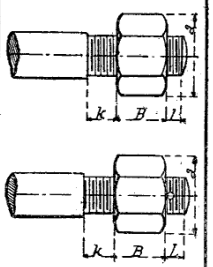
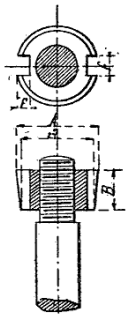
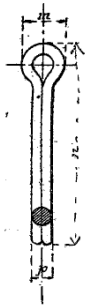
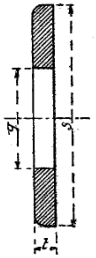
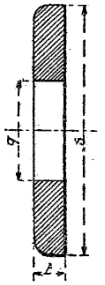
Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU I. — Boulons-types de 6 millimètres à 56 millimètres de diamètre (*filetage système français. — S. F.*)

Diamètre du boulon à la partie filetée.	Limite supérieure du diamètre du boulon à la partie cylindrique et limite inférieure du diamètre du trou correspondant.	Type N° 1 Tête 6 pans sur fer		Type N° 2 Tête carrée sur fer			Type N° 3 Tête ronde sur fer					Type N° 4 Tête fraisée goutte de suif						Type N° 5 Tête fraisée plate					Type N° 6 Tête carrée sur bois		Type N° 7 Tête goutte de suif sur bois			
							Brut					Brut						Brut									
d	*D*	*a*	*B*	*a*	*B*	*r*	*a*	*B*	*c*	*e*	*g*	*a*	*b*	*r*	*c*	*e*	*g*	*a*	*b*	*c*	*e*	*g*	*a*	*B*	*a*	*B*	*c*	*b*
6	6,5	12	6	10,5	6	21	10	5	2	2	3	12	3	18	2	1,2	2	12	3	2	1,2	2	14	5	14	2	3,5	0,8
8	8,5	16	7	14	7	28	14	6	2	2	3	15,5	4	24	2	1,2	3	15,5	4	2	1,2	3	18	6	18	3	5	1
10	10,5	20	8	17	8	34	17	7	3	3	4,5	19,5	5	30	3	2	4,5	19,5	5	3	2	4,5	23	7,5	23	4	6	1,3
12	12,5	24	9	21	9	42	21	8	3	3	4,5	23,5	6	36	3	2	4,5	23,5	6	3	2	4,5	28	9	28	5	7	1,6
14	14,5	28	10	24	10	48	24	9	4	4	6	27	7	41,5	4	2,5	6	27	7	4	2,5	6	33	10	33	6	8,5	1,8
16	17	32	12	27	12	54	27	10,5	4	4	6	31,5	8	48,5	4	2,5	6	31,5	8	4	2,5	6	38	11	38	7	9,5	2,1
18	19	36	14	31	14	62	31	12	5	5	7,5	35	9	54	5	3	7,5	35	9	5	3	7,5	43	13	43	7	11	2,4
20	21	40	15	35	15	70	35	13	5	5	7,5	39	10	60	5	3	7,5	39	10	5	3	7,5	48	15	48	8	12	2,6
22	23	44	16	38	16	76	38	14,5	5	5	7,5	43	11	66	5	3	7,5	43	11	5	3	7,5	53	17	53	9	13	2,9
24	25	48	17	41	17	82	41	16	6	6	9	46,5	12	71,5	6	4	9	46,5	12	6	4	9	58	19	58	10	14,5	3,2
26	27	52	18	45	18	90	45	17	6	6	9	50,5	13	77,5	6	4	9	50,5	13	6	4	9	63	21	63	11	15,5	3,4
28	29	56	20	49	20	96	49	18	6	6	9	54	14	83	6	4	9	54	14	6	4	9	68	23	68	12	17	3,7
30	31	60	22	52	22	104	52	20	7	7	10,5	58	15	89	7	4,5	10,5	58	15	7	4,5	10,5	73	25	73	13	18	4
36	37	72	26	62	26	124	62	23	8	8	12	69,5	18	106,5	8	5	12	69,5	18	8	5	12	88	30	88	16	21,5	4,8
42	43	84	30	72	30	144	72	26	9	9	13,5	81	21	124	9	5,5	13,5	81	21	9	5,5	13,5	103	35	103	19	25	5,6
48	49	96	35	83	35	166	83	29	10	10	15	92	24	141	10	6,5	15	92	24	10	6,5	15	118	41	118	22	29	6,4
56	58	112	40	97	40	194	97	34	11	11	16,5	108,5	28	166,5	11	7	16,5	108,5	28	11	7	16,5	138	48	138	26	33,5	7,4

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU II. — Écrous, Goupilles, etc. (*filetage système français. — S. F.*)

Diamètre du boulon à la partie filetée.	Détails des filets			Montage et dimensions des différents types d'écrous. — Écrou ordinaire					Double écrou						Écrou haut					Écrou rond				Goupille			Rondelle sur fer			Rondelle sur bois			Diamètres des boulons correspondants du système Ouest.
																																	
d	*P*	*H*	*h*	*d*	*B*	*k*	*l*	*L*	*a*	*B*	*b*	*k*	*l*	*L*	*a*	*B*	*k*	*l*	*L*	*A*	*a*	*B*	*f*	*m*	*n*	*p*	*q*	*s*	*t*	*q*	*s*	*t*	
6	1	0,866	0,649	12	6	3	1,5	3	12	6	5	3	1,5	3	12	9	3	1,5	3	14	12	6	2,5	3	20	1,5	7,5	16	1,5	7,5	16	2	6
8	1	0,866	0,649	16	8	4	2	4	16	8	6	4	2	4	16	12	4	2	4	18	16	8	3	4	25	2	9,5	20	1,5	9,5	22	3	8
10	1,5	1,299	0,974	20	10	4	3	6	20	10	7	4	3	6	20	15	4	3	6	22	20	10	3	6	30	3	11,5	24	2	11,5	28	3	10
12	1,5	1,299	0,974	24	12	5	3	6	24	12	8	5	3	6	24	18	5	3	6	26	24	12	3,5	6	30	3	13,5	28	3	13,5	34	4	12
14	2	1,732	1,299	28	14	5	4	8	28	14	10	5	4	8	28	21	5	4	8	30	28	14	4	8	35	4	15,5	32	3,5	15,5	40	4	»
16	2	1,732	1,299	32	16	6	4	8	32	16	11	6	4	8	32	24	6	4	8	34	32	16	4,5	8	35	4	18	36	3,5	18	44	4	15
18	2,5	2,165	1,624	36	18	6	5	10	36	18	12	6	5	10	36	27	6	5	10	38	36	18	5	10	35	5	20	42	4	20	50	5	18
20	2,5	2,165	1,624	40	20	7	5	10	40	20	13	7	5	10	40	30	7	5	10	42	40	20	6	10	45	5	22	46	4	22	56	5	20
22	2,5	2,165	1,624	44	22	7	5	10	44	22	14	7	5	10	44	33	7	5	10	47	44	22	6,5	10	45	5	24	50	5	24	60	6	»
24	3	2,598	1,948	48	24	7	6	12	48	24	15	7	6	12	48	36	7	6	12	51	48	24	7	12	55	6	26	54	5	26	64	6	23
26	3	2,598	1,948	52	26	9	6	12	52	26	16	9	6	12	52	39	9	6	12	55	52	26	7	12	55	6	28	58	6	28	69	7	25
28	3	2,598	1,948	56	28	9	6	12	56	28	18	9	6	12	56	42	9	6	12	59	56	28	7,5	12	55	6	30	65	6	30	76	8	28
30	3,5	3,031	2,273	60	30	10	7	14	60	30	20	10	7	14	60	45	10	7	14	63	60	30	8	14	65	7	32	72	7	32	82	8	30
36	4	3,464	2,598	72	36	12	8	16	72	36	24	12	8	16	72	54	12	8	16	75	72	36	8,5	16	80	8	38	80	7	38	90	9	35
42	4,5	3,897	2,923	84	42	12	9	18	84	42	28	12	9	18	84	63	12	9	18	87	84	42	9	18	95	9	44	90	8	44	100	9	40
48	5	4,330	3,247	96	48	12	10	20	96	48	32	12	10	20	96	72	12	10	20	99	96	48	9,5	20	110	10	50	100	8	50	110	10	45 et 50
56	5,5	4,763	3,572	112	56	14	11	22	112	56	38	14	11	22	112	84	14	11	22	116	112	56	10	22	130	11	60	110	10	60	120	12	55

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

APPROVISIONNEMENT DU MAGASIN

Le magasin sera, à l'avenir, approvisionné de pièces filetées d'après les règles du S. F. précédemment indiquées. Il ne sera fait exception à cette règle que pour les écrous et quelques goujons, dont une certaine quantité pourront continuer à recevoir l'ancien filetage, uniquement en prévision de l'entretien des pièces existantes. En ce qui concerne les goujons, la partie prisonnière serait seule, dans ce cas, munie de l'ancien filetage.

Toutes les pièces comportant une partie filetée d'après les règles du système français recevront la marque S. F.

Les réformes partielles, dans l'entretien, donneront des pièces dépareillées. Il y aura lieu d'éviter, autant que possible, de créer, en vue de leur utilisation immédiate, de nouvelles pièces correspondantes au filet Ouest. Dans ce but, on suivra les règles ci-après :

1° Les pièces dépareillées de faible valeur (telles que les écrous en fer par exemple), inutilisables dans un délai assez court, seront mises à la réforme;

2° Les pièces dépareillées de valeur assez grande, dont on ne peut prévoir l'utilisation à une date suffisamment rapprochée, seront mises en réserve.

Les tableaux qui précèdent donnent les dimensions des boulons, écrous, goupilles et rondelles, adoptées par la Compagnie des chemins de fer de l'Ouest.

MAGASINS DE CHARBONS DE LA *Tamarack Mining C°*

Pour profiter du bas prix du fret des charbons sur les lacs, les compagnies minières du Michigan reçoivent leurs charbons pendant l'été, et sont dans l'obligation de l'emmagasiner pendant l'hiver sur les rivages, durant la fermeture de la navigation. L'une

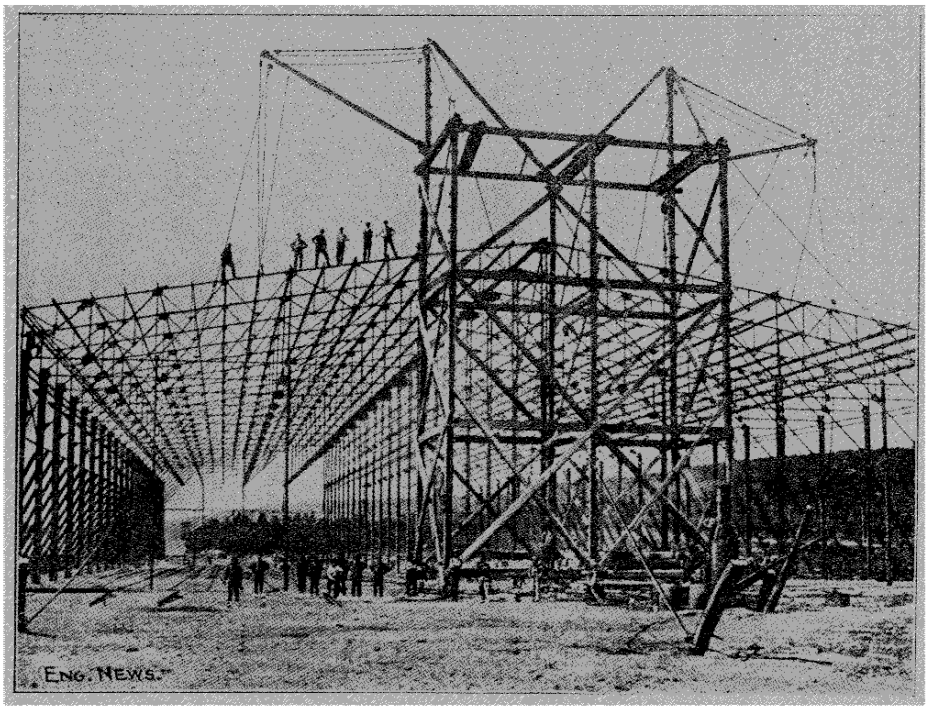


Fig. 7. — Magasin de *Dollar Bay* en cours d'exécution.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

des installations de ce genre des plus remarquables est celle de la Tamarack Mining C°, à Dollar Bay, près de la ville de Calumet.

La capacité du magasin est de 50 000 tonnes. C'est un bâtiment en acier, couvrant

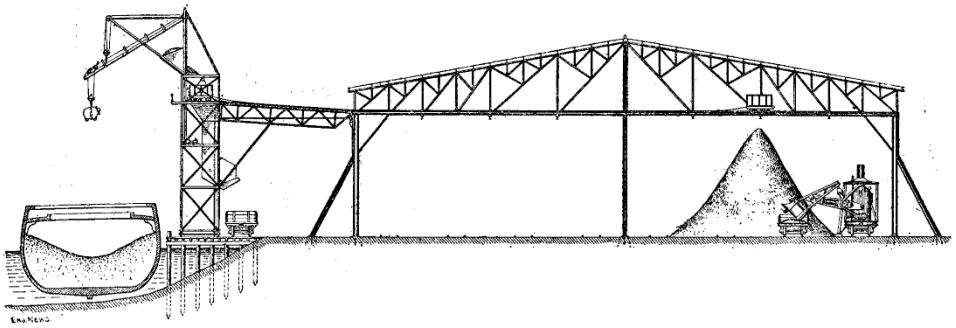


Fig. 8. — Coupe transversale du magasin de *Dollar Bay*.

un espace de 52 mètres × 130 mètres, d'une construction très légère comme le montrent les figures 7 et 8, et fermé latéralement par des parois en planches et tôles on-

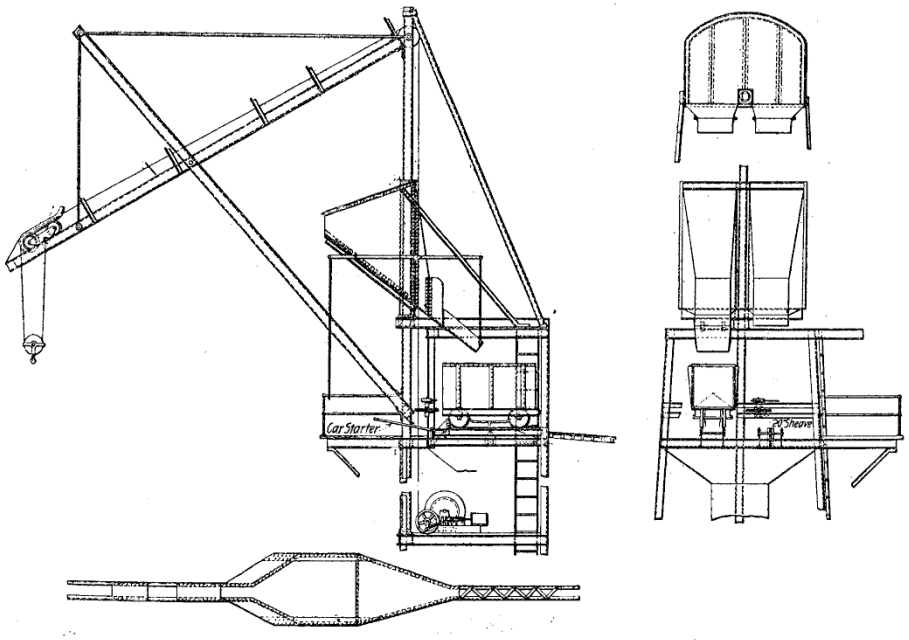


Fig. 9. — Ensemble d'une grue du magasin de *Dollar Bay*.

dulées, non pas verticales, mais inclinées de façon à réduire la poussée du charbon. La toiture est recouverte en tôles ondulées.

Le rivage est desservi par trois grandes grues roulantes (fig. 9 et 10) ou derricks

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

reliées au bâtiment par des ponts roulants. Elles prennent le charbon au bateau par des caisses qui le déversent dans les trémies installées au haut de la grue, d'où il tombe dans des wagons sur bascule ; après pesage, on fait tourner la plaque de la bascule de manière à lancer le wagon dans le magasin par le pont roulant de la grue, comme on le voit en figure 8. Chaque grue porte deux plates-formes, et chaque pont deux voies, avec câble conjuguant leurs wagons de manière que la descente d'un wagon plein remonte un wagon vide, et de longueur telle que le wagon plein se décharge un peu

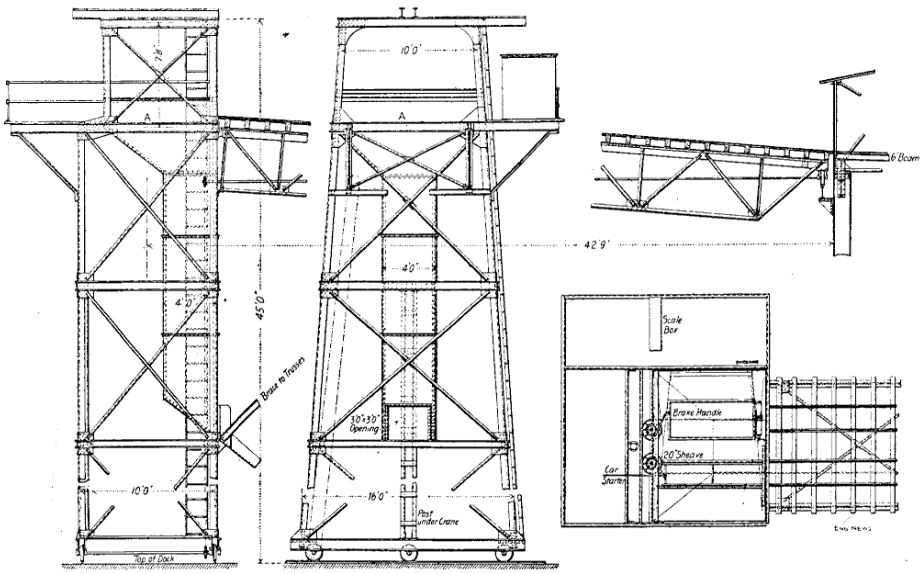


Fig. 10. — Détail d'un chariot de grue de *Dollar Bay*.

avant l'arrivée du wagon vide à sa plate-forme. Les ouvertures par où les ponts des grues débouchent dans le magasin sont à l'écartement des écoutilles des bateaux charbonniers.

On peut ainsi décharger et emmagasiner 100 tonnes par heure.

Les grues portent chacune, outre leurs deux trémies principales, une trémie secondaire permettant de décharger les charbons dans des wagons sur une voie du rivage qui les amène directement à la mine pendant l'été.

Le charbon est repris au magasin par des chargeurs à vapeur, semblables à celui indiqué à droite de la figure 8, qui le chargent dans des wagons sur les voies du magasin.

PRESSE *Gledhill* A FORGER LES PLAQUES DE BLINDAGE

Nous avons déjà attiré l'attention de nos lecteurs sur ces remarquables appareils, adoptés par les ateliers Whitworth (1). M. Gledhill, directeur de ces ateliers, vient de les compléter par un service de manutention hydraulique très ingénieux. La plaque à forger entre les deux enclumes a et a_1 de la presse est (fig. 11 à 16), après une pression, soulevée par les galets bb des cadres dd, pivotés en gg, et reliés en hh aux tiges ii des

(1) *Bulletin* de Mai 1896, p. 753.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pistons hydrauliques de ce levage automatique. A droite et à gauche de la presse, deux cylindres hydrauliques *jj*, à tiges $j_1 j_1$ et cadres *kllm*, avec poussoirs *nn*, ajustables

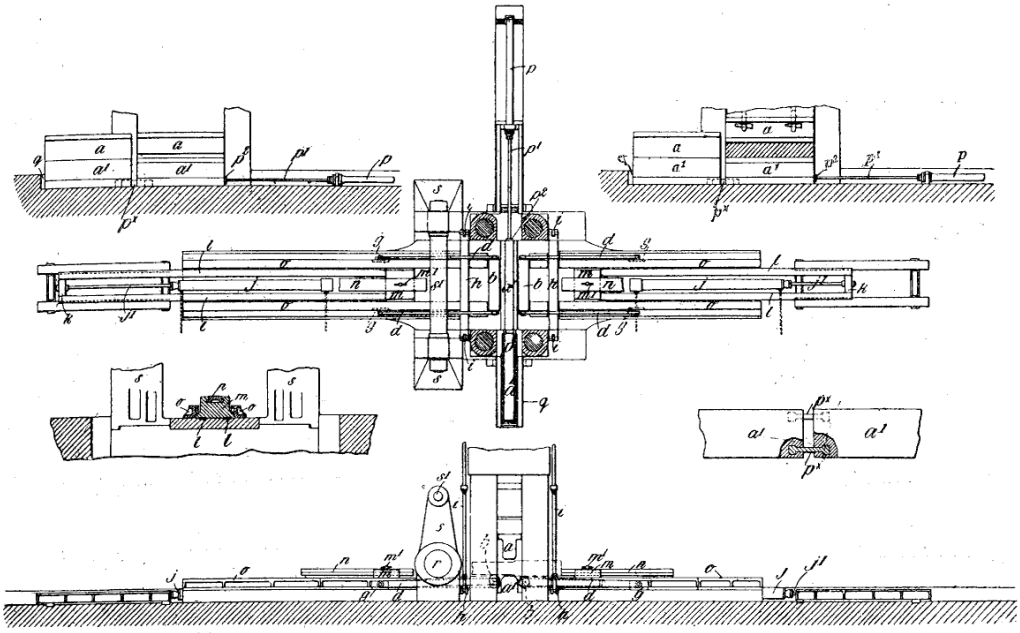


Fig 11 à 16. — Presse à blindages *Gledhill*. Plan. Vue par bout. Détail du remplaceur.

sur *mm* suivant la longueur des plaques et guidés en *oo*, roulent la plaque sur les galets *bb*.

On emploie au commencement du forgeage des enclumes plus étroites qu'à la fin,

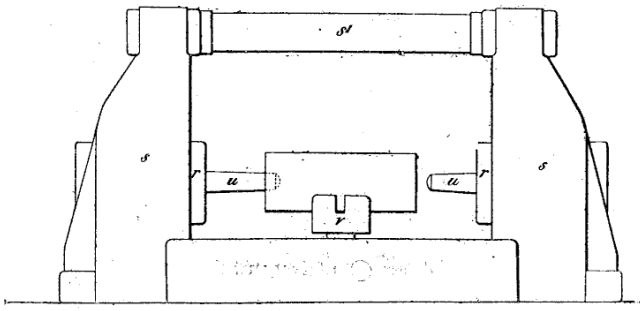


Fig. 17. — Presse à blindages *Gledhill*. Détail du mandrineur.

et l'on a, pour pouvoir, au moment voulu, remplacer une paire d'enclumes par une autre, disposé à côté de la presse, dans une fosse *q* (fig. 13) les enclumes de rechange $a\ a_1$, indiquées à gauche de la figure 14, et dont celle du bas, a_1, est reliée à la corres-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pondante actuellement sous la presse par des mortaisages $p_x p_x$ (fig. 16). Un cylindre hydraulique p a sa tige p' boulonnée en p_2 sur cette dernière enclume a_1, de sorte qu'il suffit d'y admettre l'eau sous pression pour remplacer l'une des paires d'enclumes par une autre.

La presse est complétée par deux cylindres hydrauliques latéraux rr (fig. 12 et 17) permettant de forger latéralement le lingot ou de le mandriner par les poinçons uu, s'il est destiné à faire un tube de canon.

DÉSINCRUSTATION DES CHAUDIÈRES PAR LA VIDANGE, APRÈS REFROIDISSEMENT COMPLET

Note de **M. Schmidt.**

Le procédé, dont je désire vous entretenir (1), est celui dont il a été question déjà à notre Congrès de 1892 (2).

Depuis cette communication, j'ai continué à observer les résultats obtenus sur les générateurs isolés de l'établissement où le procédé a été essayé. De plus, j'ai à vous entretenir des modifications qui y ont été apportées dans un autre établissement, où les générateurs forment une batterie unique, et où, par conséquent, le refroidissement est plus difficile à réaliser.

Pour la facilité des explications, je puis dire que le premier de ces établissements est le tissage de velours d'Utrecht de Montières, dirigé par M. Savreux, ancien contrôleur des mines à Amiens, en congé depuis 1883 ; et l'autre, la Société anonyme linière d'Amiens, dont le directeur général est M. Debauge, et où les essais ont été organisés par M. Dubos, ingénieur chargé de l'entretien du matériel.

C'est à Montières que le procédé a été imaginé et mis en pratique par M. Savreux. L'établissement comporte 3 générateurs tubulaires, d'un nettoyage difficile, composés chacun d'un corps tubulaire et d'un réchauffeur latéral et formant trois massifs isolés, placés au niveau du sol de l'atelier. Les besoins de l'usine ne comportent jamais plus de 2 générateurs en feu. M. Savreux fut amené ainsi à laisser refroidir le générateur éteint avant de le vider. Il ne tarda pas à s'apercevoir que, après un repos de huit jours environ, suffisant pour refroidir entièrement l'eau et le massif de maçonnerie, l'eau de vidange entraînait la majeure partie de dépôts boueux, et que ceux qui restaient sur les parois métalliques y adhéraient à peine.

Cette remarque contient en germe tout le procédé, qui consiste à activer par tous les moyens possibles le refroidissement graduel de l'eau et du massif, puis à racler les dépôts boueux immédiatement après la vidange, avant qu'une source de chaleur extérieure ne provoque la dessiccation et le durcissement de la boue laissée sur les tôles.

A Montières, on est arrivé par tâtonnements à opérer comme suit : Deux ou trois jours après l'extinction, c'est-à-dire lorsque les maçonneries sont un peu refroidies et accessibles on retire la plus grande partie des cendres et de la suie qui encombrent les carneaux ; on hâte ainsi le refroidissement de l'eau et du massif, qui est complet, pour les massifs isolés de cette usine, au bout de huit jours environ. — Alors, on ouvre le robinet de vidange, on soulève une soupape de sûreté, et on détermine ainsi l'écoulement de l'eau du corps tubulaire. Dès que le faisceau tubulaire est à découvert, on lave à la lance le dessus des tubes ; cette lance donne un jet d'eau d'environ 10 mètres de portée avec la pression d'eau du réservoir de l'usine. Lorsque l'autoclave situé sous les tubes peut être enlevé, on y introduit une raclette pour enlever les dépôts sur les tôles en dessous du faisceau tubulaire ; enfin on lave à la lance le dessous des tubes.

En moins d'une heure, le corps tubulaire, qui a $4^m,50$ de long, est ainsi vidé et débarrassé

(1) 21e *Congrès des Ingénieurs en chef des Associations d'appareils à vapeur :* d'après épreuves que nous devons à l'obligeance de *M. Schmidt.*

(2) *Compte rendu du* 16e *Congrès des Ingénieurs en chef des Associations de propriétaires d'appareils à vapeur, tenu à Paris en* 1892. — 8e question. Procédé de vidange évitant les incrustations dures (page 60).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de ses dépôts. Quelques heures plus tard, quand on y peut pénétrer sans se mouiller, on passe autour des tubes une lanière munie de lames d'acier, et on enlève sans effort le reste de dépôt friable qui a pu échapper au jet de lance et rester déposé sur les tubes.

Quant au réchauffeur latéral, le procédé a si bien supprimé toute incrustation qu'il s'y est produit de légères corrosions intérieures comme cela arrive dans tous les réchauffeurs non tapissés d'une couche d'incrustation protectrice. Il a fallu y produire un peu de dépôt adhérent et, pour cela, on le vide vers le troisième jour de l'extinction du feu, avant que le refroidissement du massif ne soit complet. Dès que l'autoclave peut être enfoncé, on y introduit de raclettes pour enlever les dépôts, mais sans chercher à tout enlever absolument.

Dans cette usine, les générateurs sont chauffés assez modérément. Chaque générateur marche normalement cinq cents heures, soit cinquante jours à dix heures. Cela représente deux mois de marche et un mois de repos, soit quatre nettoyages par générateur et par an.

Voici onze ans que ce procédé est en usage au tissage de Montières. Je pourrais presque dire que les générateurs sont à peu près aussi propres que s'ils n'avaient jamais servi. Pour ne pas être taxé d'exagération, je dirai seulement qu'ils sont industriellement très propres, c'est-à-dire qu'il y a à peine par places des traces d'incrustations insignifiantes.

Il faut au chauffeur, aidé de deux gamins, quatre heures pour faire entièrement la vidange, le nettoyage et la remise en place des autoclaves. L'économie réalisée par la rapidité des nettoyages et la suppression de tout désincrustant, s'élève à 650 francs par an environ pour les 3 générateurs.

Ce procédé, employé par M. Savreux avec succès, n'est cependant pas applicable toujours. Il nécessite deux conditions qui, en général, ne sont pas réalisées :

1° La possibilité de vider sans pression, ce qui, généralement, n'a lieu que pour les générateurs non enterrés ;

2° La possibilité d'arrêter un générateur durant huit jours, ce qui oblige à avoir par chaque groupe un générateur de relais.

La première de ces deux conditions est rigoureusement nécessaire ; pour la seconde, on peut souvent prendre des dispositions transitoires permettant un arrêt de huit jours par générateur en été. Mais si le générateur est enterré de plus de 1 mètre environ, c'est-à-dire s'il ne peut pas se vider par écoulement naturel sans pression, et il n'est pas possible d'installer en contrebas un réservoir recevant les eaux provenant de la vidange et une pompe qui les enlève, il faut, ou renoncer au procédé, ou relever le générateur au-dessus du sol.

D'après ce que j'en ai dit jusqu'ici, le procédé peut donc paraître d'une application assez restreinte, comme je me l'étais figuré moi-même au début. Mais le procédé de M. Savreux a été repris à la Société anonyme linière, y a été perfectionné, et a été rendu applicable à toutes les batteries de générateurs non enterrés.

Dans cet établissement, la vapeur est produite par une batterie de 8 générateurs cylindriques à 3 bouilleurs, accompagnés d'un réchauffeur tubulaire de Grenn, dit Economiser. Ces générateurs sont très anciens : ils datent, l'un de 1840, un autre de 1851, et le reste de 1855 ; ces dates, à elles seules, montrent le soin qu'on prend des générateurs dans cette usine. Ces chaudières contiennent entre 12 et 17 mètres cubes d'eau et ont 56 à 78 mètres carrés de surface de chauffe ; l'une d'elles fonctionne comme réchauffeur. Toute l'installation a été remaniée et réédifiée en 1991-1892, et les générateurs ont été alors repiqués et nettoyés à fond. Mais, dès le commencement de 1895, on se trouvait dans la nécessité de procéder de nouveau à un repiquage des tôles recouvertes de dépôts qui devenaient importants.

Dans cet intervalle d'environ trois ans, on n'avait employé aucun désincrustant. Les générateurs avaient été, comme par le passé, alimentés d'eau de la rivière de Selle, prise au condenseur de la machine et réchauffée successivement dans la chaudière servant de réchauffeur, puis dans l'économiser Green ; cette eau arrive ainsi dans les générateurs à une température de 100°, après s'être dépouillée en route d'une partie de ses carbonates. Jusque-là, on procédait aux nettoyages de la façon suivante : on éteignait le feu le vendredi soir, on vidait dans la matinée du samedi, on nettoyait le dimanche ; on avait ainsi des dépôts très durs.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

C'est alors que la lecture de la description du procédé employé à Montières donna l'idée à M. Dubos, ingénieur chargé de l'entretien du matériel à la Société anonyme linière, de proposer à M. Debauge, directeur de la Société, l'essai d'une vidange après refroidissement. Le résultat pouvait paraître aléatoire; car, si l'on conçoit aisément qu'un petit massif isolé comme celui de Montières se refroidisse entièrement en huit jours, il ne devait pas en être de même d'un générateur encastré entre d'autres générateurs en activité, et faisant partie d'un massif important.

On essaya cependant, en avril 1895, sur la chaudière n° 1, placée à l'extrémité de la batterie. Après huit jours de refroidissement, l'eau étant suffisamment refroidie, on vida la chaudière, le nettoyage du corps cylindrique s'effectua avec assez de facilité, mais les dépôts restaient durs et adhérents dans les bouilleurs. Le générateur n° 2, vidé de même, donna le même résultat.

Pour la chaudière n° 3, on eut l'idée de scinder la vidange, c'est-à-dire, qu'après huit jours de refroidissement, on vida le corps cylindrique seul, puis, les robinets de vidange étant fermés, on nettoya immédiatement le corps cylindrique avec des raclettes; c'est alors que M. Dubos observa, pour la première fois, dans les boues retirées, des plaquettes d'anciens dépôts détachés par le raclage. Ensuite, les trois bouilleurs furent vidés ensemble; le premier bouilleur se nettoya facilement, et fournit des plaquettes d'anciens dépôts mélangés aux boues; mais, dans les deux autres bouilleurs, les dépôts s'étaient déjà durcis dans un délai de moins d'une demi-heure après l'évacuation complète de l'eau.

Pour la chaudière n° 4, on profita de l'expérience acquise, et on procéda à la vidange et au nettoyage immédiat d'abord du corps cylindrique, puis successivement de chacun des 3 bouilleurs; on fractionna donc l'opération en quatre temps : un temps pour chaque corps distinct. Le résultat fut tellement intéressant que les autres générateurs furent désormais nettoyés d'après les mêmes principes.

Le fait saillant observé dans cet établissement, et qu'il importe de retenir, c'est que, un quart d'heure après une vidange, les dépôts se détachent déjà moins aisément, et que, *au bout d'une demi-heure de mise à sec, les dépôts sont durcis et adhérents aux tôles.*

On voit aussi que la vidange à froid, convenablement faite, permet non seulement d'empêcher la formation de dépôts nouveaux, mais d'enlever facilement toutes les incrustations anciennes, et de supprimer ainsi le repiquage des tôles, opération toujours onéreuse et préjudiciable pour la chaudière.

Dès la même année, 1895, on entreprit une seconde série de nettoyages après vidanges à froid, en essayant de hâter le refroidissement. A cet effet, on opéra de la façon suivante :

On éteignait le feu le samedi soir. Dans la nuit du mardi au mercredi, on faisait une vidange suivie d'un remplissage immédiat à l'eau froide. Le mercredi et le jeudi, on enlevait entièrement la suie et les cendres. Dans la nuit du jeudi au vendredi, nouvelle vidange suivie d'un remplissage immédiat à l'eau froide. Dans la nuit du samedi au dimanche, troisième vidange suivie de remplissage. Puis, le dimanche matin, à partir de six heures, on faisait des vidanges fractionnées, suivies chacune d'un nettoyage immédiat.

Le résultat fut concluant; un simple raclage suffit à enlever les boues et les incrustations anciennes; les dépôts anciens sur les rivets s'enlevèrent à la main.

Une troisième série de nettoyages fut faite en 1895 suivant cette dernière méthode et, avant l'hiver, nos visites nous permettaient de constater que le piquage était devenu inutile.

Durant l'hiver, les besoins de vapeur de l'usine étant beaucoup plus importants que l'été, il est impossible de tenir constamment un générateur arrêté. On fut donc amené, durant l'hiver de 1895 à 1896, à faire des vidanges plus précipitées que l'été. On s'en tint à une extinction des feux le vendredi soir, avec vidange le dimanche matin, suivie immédiatement d'un nettoyage intérieur, mais sans enlèvement de la suie ni des cendres dans les carneaux.

Dans ces conditions, les chaudières ont subi, durant l'hiver, trois vidanges sans refroidissement préalable, et elles se sont un peu entartrées. Mais l'été de 1896 a donné lieu à trois vidanges à froid, qui ont rendu les chaudières absolument propres. Au mois d'août 1896, on

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ramassait encore dans les boues d'anciennes incrustations dures, portant des traces de piquage, mais la majeure partie des tôles était absolument nette.

En 1897, sur mon conseil, on supprima la vidange suivie de remplissage immédiat, et on substitua à ce système, qui pourrait, dans certains cas, nuire aux tôles, un renouvellement d'eau sans vidange.

Voici donc comment on opère cette année. On éteint le feu le samedi soir. Le mardi suivant, durant deux heures, on renouvelle l'eau, en y amenant de l'eau froide, comme pour un remplissage, et en réglant l'ouverture des robinets de vidange de façon à maintenir le niveau de l'eau dans le tube de verre. Le mercredi, dans la journée, on enlève complètement la suie et les cendres. Le jeudi soir, on fait un deuxième renouvellement d'eau durant deux heures; puis, le samedi soir, un troisième renouvellement d'eau pareil. Enfin, le dimanche matin, une vidange fractionnée, suivie de nettoyage immédiat pour chaque corps. Le renouvellement de l'eau pendant deux heures consomme, dans cette usine, environ 20 mètres cubes d'eau; chaque chaudière reçoit donc, en trois périodes, entre 3 et 5 fois sa contenance d'eau fraîche, selon la capacité de chacune d'elles. Le résultat est absolument remarquable. Si l'on s'y prend assez prestement, il ne reste rien sur les tôles.

L'outillage employé à la Société anonyme linière est des plus rudimentaires; il se compose :

1° De burins;

2° De 2 racloirs à main en tôle d'acier;

3° D'un rable en bois, avec manche de 7 mètres de long, pour amener les boues aux trous d'homme des bouilleurs.

On emploie au nettoyage 3 hommes : le chauffeur, son aide et un manœuvre. Les deux premiers sont chargés de l'enlèvement de la suie et du nettoyage extérieur des tôles; ils le font au cours de leur travail journalier. Le manœuvre est uniquement employé au nettoyage intérieur, le dimanche matin. Le chauffeur et son aide lui prêtent la main, moyennant une gratification qui leur est allouée à cet effet. Le nettoyage ainsi fait est donc non seulement efficace, mais extrêmement économique.

En résumé, quand les générateurs ne sont pas enterrés, et s'il existe un générateur de relais, on peut, avec les eaux de puits de notre région, et *a fortiori* avec les eaux de rivière, n'avoir jamais aucune incrustation adhérente, ni dans les chaudières à bouilleurs, ni dans les chaudières tubulaires. Il suffit de procéder à la vidange après un refroidissement absolument complet et de nettoyer chaque fraction de chaudière, chaque corps distinct, immédiatement après la vidange, dans un délai moindre qu'une demi-heure après la mise à sec, ou même un quart d'heure pour les chaudières faisant partie d'une batterie en activité. Le renouvellement de l'eau pour hâter le refroidissement, le lavage à la lance pour les chaudières tubulaires, enfin le grattage immédiat des dépôts encore humides sont des moyens secondaires qui assurent le succès de l'opération, Le nettoyage ainsi fait ne coûte pour ainsi dire rien; il évite les frais de repiquage, les frais d'achat de désincrustants, les frais d'installation et les ennuis inhérents aux épurations d'eau, enfin les avaries résultant de l'accumulation de dépôts durs.

Je ne sais s'il est sûrement applicable avec des eaux d'une autre nature que celles de notre région; il y a là un essai à faire dans chaque cas particulier.

Il va de soi que ce procédé ne supprime pas les boues emprisonnées dans les générateurs en marche; il ne permet donc pas d'espacer les vidanges plus que d'habitude, ce qui d'ailleurs n'est jamais recommandable, même avec les épurations d'eau.

D'un autre côté, ce procédé supprime les inconvénients et les dangers de vidanges trop hâtives, qui disloquent les rivures, aigrissent les tôles, et sont l'origine d'une foule de réparations. Il oblige à ne pas enterrer les générateurs, ce qui est un progrès réel au point de vue de la sécurité du personnel. Il nécessite, pour les batteries de un ou deux générateurs, un générateur de relais, ce qui est une garantie contre les chômages en cas de réparations, d'épreuves, etc. Cela représente une augmentation dans les dépenses du premier établissement compensée par de nombreux avantages et par de notables économies sur les frais d'entretien Il serait à souhaiter que l'usage de générateurs de relais fût de plus en plus répandu.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

NOTES COMPLÉMENTAIRES

A la suite de cette communication, M. Schmidt avait invité ses collègues à se rendre à Amiens pour assister le 20 mai 1897 à la vidange d'une chaudière au tissage de Montières et de deux chaudières à la Société anonyme linière.

MM. Bonet, Dubiau, Maire, Olry, Roland et Walter-Meunier ont pu se rendre à cette invitation et observer eux-mêmes l'état des générateurs au moment de la vidange.

Dans les deux établissements, les générateurs étaient éteints depuis huit jours. A Montières, le générateur n'avait marché que 470 jours au lieu de 500 jours, qui est sa marche normale.

A la Société anonyme linière, on avait à dessein évité de choisir les générateurs nos 1 ou 7, placés à une extrémité de la batterie, et dont le refroidissement est, de ce fait, plus rapide. On avait choisi le numéro 2, l'un des mieux nettoyés avant l'hiver précédent, qui avait quatre mois et demi de marche (du 3 janvier au 12 mai), et le n° 6, l'un des moins propres avant l'hiver, qui avait deux mois et demi de marche. La quantité d'eau contenue normalement dans ces chaudières était, pour le n° 2, $12^{m3},410$; pour le n° 6, $15^{m3},710$, et chacune d'elle avait subi, avant la vidange, trois renouvellements d'eau de 2 heures chacun. La surface de chauffe de ces chaudières était de 57 mètres carrés pour le n° 2, et 74 mètres carrés pour le n° 6.

Des échantillons d'eau, de boues et de dépôts ont été prélevés le même jour, puis soumis à l'analyse par M. Beaudet, chimiste à Amiens.

Les résultats de ces analyses sont reproduits ci-après. Une analyse hydrotimétrique de l'eau du puits de Montières, faite en 1892 par M. Bor, chimiste à Amiens, a été jointe aux autres, à titre de renseignement.

MONTIÈRES. — *Eau du puits.* — 21 juin 1892.

Analyse hydrotimétrique (M. Bor).

Degré hydrotimétrique, 21°.

Degré hydrotimétrique après ébullition, 7°.

		Gr.
Composition approximative.	Carbonate de chaux	0,158
	Sulfate de chaux	0,023
	Carbonate de magnésie	0,027
	Chlorures	0,030
	Matières organiques	0,016
	Total	0,254

MONTIÈRES. *Eau du puits.* — 20 mai 1897.

Analyse complète (M. Beaudet).

Résidu fixe par litre : $0^{g},363$, composé de :

				Gr.
Chaux	insoluble	0,1270		0,1372
	soluble	0,0102		
Magnésie	insoluble	0,0020		0,
	soluble	0,0150		
Soude				0,0170
Potasse				0,0045
Alumine et oxyde de fer				0,0030
Acide carbonique				0,1220
Acide sulfurique				0,0350
Chlore				0,0180
Silice				0,0100
				0,3637
Matières organiques exprimées en oxygène				0,00021

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Même eau.

Analyse hydrotimétriqne (M. Beaudet).

	Degrés.
Degré hydrotimétrique temporaire	26
Degré hydrotimétrique permanent	5,75
Degré de l'eau précipitée par l'oxalate	6
Degré de l'eau bouillie, filtrée et précipitée par l'oxalate	2,5

Ce qui peut s'interpréter par litre :

Acide carbonique	17cc,5
Carbonate de chaux	0gr,2030
Sulfate de chaux	0gr,0035
Sulfate de magnésie	0gr,0312

MONTIÈRES. — *Eau de vidange de la chaudière n° 1* après 470 heures de marche. — 20 mai 1897. Analyse hydrotimétrique (M. Beaudet).

Degré hydrotimétrique temporaire	150 degrés.
Degré hydrotimétrique permanent	150 —
Degré de l'eau précipitée par l'oxalate	20 —
Degré de l'eau bouillie, filtrée et précipitée par l'oxalate	20 —

Ce qui peut s'exprimer :

Acide carbonique libre	0cc,00
Carbonate de chaux	0gr,0309
Sulfate de chaux, ou autres sels de chaux exprimés en sulfate	1gr,0778
Sulfate de magnésie	0gr,0250

MONTIÈRES. — *Dépôt boueux de la chaudière n° 1*, après 470 heures de marche, le 20 mai 1897 (M. Beaudet).

Eau p. 100, 35.70.

Silice	1,50	p. 100 du produit sec.
Oxyde de fer et alumine	0,19	—
Chaux	50,02	—
Chlore	0,04	—
Acide sulfurique	4,30	—
Acide carbonique	37,33	—
Potasse, soude, magnésie et non dosé	2,87	—
Matières organiques	3,75	—
	100,00	—

SOCIÉTÉ ANONYME LINIÈRE D'AMIENS. — *Eau d'alimentation provenant de la rivière de Selle*, prise au condenseur, le 20 mai 1897.

Analyse complète (M. Beaudet).

Résidu fixe par litre 0g,288 composé de :

		Gr.	Gr.
Chaux	insoluble	0,1130	0,1175
	soluble	0,0045	
Magnésie	insoluble	0,0012	0,0082
	soluble	0,0070	
Soude			0,0122
Potasse			0,0037
Alumine et oxyde de fer			0,0010
Acide carbonique			0,1093
Acide sulfurique			0,0050
Chlore			0,0133
Silice			0,0140
Matières organiques exprimées en oxygène			0,0007

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Même eau.

Analyse hydrotimétrique (M. Beaudet).

	Degrés.
Degré hydrotimétrique temporaire	19,25
Degré hydrotimétrique permanent	4
Degré de l'eau précipitée par l'oxalate	1,25
Degré de l'eau bouillie, filtrée, et précipitée par l'oxalate	1

Ce qui peut s'interpréter par litre :

Acide carbonique libre	1cc,25
Carbonate de chaux	0gr,185
Sulfate de chaux	traces
Sulfate de magnésie	0gr,0125

Société anonyme linière. — *Incrustation entraînée dans les boues de vidange du bouilleur de gauche de la chaudière n°* 3, après quatre mois et demi de marche et trois renouvellements d'eau de deux heures chacun, le 20 mai 1897 (M. Beaudet).

Eau p. 100, 38,38 du produit sec.

Silice	5,71 p. 100 du produit sec.
Oxyde de fer et alumine	0,77 —
Chaux	49,23 —
Chlore	traces —
Acide sulfurique	0,85 —
Acide carbonique	38,44 —
Potasse, soude, magnésie et non dosé	2,44 —
Matières organiques	2,56 —

Société anonyme linière. — *Incrustation détachée de l'intérieur du tuyau d'alimentation de la chaudière n°* 2 après démontage de ce tuyau : ce nettoyage du tuyau correspond à deux années de marche environ, de 1895 à 1897 (M. Beaudet).

Eau p. 100, néant p. 100 du produit sec.

Silice	0,38 p. 100 du produit sec.
Oxyde de fer et alumine	0,81 —
Chaux	53,28 —
Chlore	0,02 —
Acide sulfurique	traces —
Acide carbonique	41,75 —
Potasse, soude, magnésie et non dosé	2,12 —
Matières organiques	1,64 —

Société anonyme linière. — *Incrustation entraînée dans les boues de vidange du corps cylindrique de la chaudière n°* 6, après deux mois et demi de marche et trois renouvellements d'eau de deux heures chacun, le 20 mai 1897 (M. Beaudet).

Eau p. 100, 35 p. 100 du produit sec.

Silice	4,62 p. 100 du produit sec.
Oxyde de fer et alumine	1,23 —
Chaux	50,11 —
Chlore	0,08 —
Acide sulfurique	0,48 —
Acide carbonique	38,95 —
Potasse, soude et magnésie et non dosé	1,02 —
Matières organiques	3,56 —

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

PROCÈS-VERBAUX

Séance du 24 décembre 1897.

Présidence de *M. Mascart*, président.

Dépouillement de la correspondance. — *MM. Collignon* et *Aimé Girard*, secrétaires, dépouillent la correspondance.

M. André, 145, boulevard de Belleville, demande une annuité de brevet pour un *détartreur de chaudières*. (Arts mécaniques.)

M. Bergevin, 23, avenue Pompadour, à Choisy-le-Roi, présente un *nouveau type de serrure*. (Arts mécaniques.)

La Société *Aluminium soudure*, 12, place Loix, Bruxelles, présente le procédé de soudure de l'aluminium de *M. F. George*. (Arts chimiques.)

M. Deleschamps, chimiste au Caire, présente un procédé d'*extraction de la cérosie de la canne à sucre*. (Arts chimiques.)

Correspondance imprimée. — MM. les Secrétaires présentent au Conseil, avec remerciements aux donateurs, les ouvrages mentionnés à la page 1651 du *Bulletin* de décembre, parmi lesquels ils signalent particulièrement l'ouvrage de *M. Delebecque* sur les *Lacs français*.

Nominations de membres de la Société. — Sont nommés membres de la Société :

M. J. Pillet, professeur au Conservatoire des arts et métiers, présenté par *M. Haton de la Goupillière*.

M. J. Vinsonneau, ingénieur civil, présenté par *M. G. Richard*.

M. Fontaine, ingénieur civil des Mines, présenté par *M. G. Richard*.

M. O. Saint-Pierre, docteur ès sciences, présenté par *M. G. Richard*.

Conférence. — *M. Résal* fait une conférence sur les *nouveaux ponts de la Seine*.

M. le Président remercie vivement M. Résal de sa très intéressante conférence, qui sera reproduite au *Bulletin*.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ÉLECTIONS POUR LE BUREAU DE 1898. — *M. le Président* proclame les résultats suivants des élections pour le Bureau de 1898.

Président, M. CARNOT; vice-présidents, MM. CARPENTIER, HIRSCH, LAVALARD et LEVASSEUR; secrétaires, MM. COLLIGNON et AIMÉ GIRARD; trésorier, M. GOUPIL DE PRÉFELN; censeurs, MM. BORDET et SIMON.

Sont *ratifiées* les nominations comme membres du Conseil de *MM. Barbet, Diligeon, Dupuis, Lyon, Paulet* et *Polonceau.*

DÉCLARATION DE VACANCE. — *M. Rossigneux* déclare, au nom *Comité de Constructions et Beaux-Arts,* une vacance au sein de ce Comité.

Après la nomination du nouveau Bureau, *M. Mascart* félicite M. Carnot de son élection, et remercie ses collègues du concours dévoué qu'ils lui ont constamment prêté pendant sa présidence.

Séance du 14 janvier 1898.

Présidence de *M. Carnot,* président.

MM. Collignon et *Aimé Girard,* secrétaires, dépouillent la correspondance.

M. H. Abraham, 46, rue Richer, présente un mémoire pour concourir *au prix pour la purification des eaux potables.* (Arts économiques.)

Se présentent comme candidats au *prix d'Agriculture* « pour la *meilleure étude sur l'agriculture d'une province ou d'un département* » :

MM. du Puy-Montbrun, professeur d'agriculture à Auriac. *Monographie rurale des Basses-Alpes.*

Mazel, instituteur à Lavenand. *Étude sur l'agriculture de l'Ardèche.*

Zackarewicz, professeur d'agriculture à Avignon. Mémoire sur l'*Agriculture du département du Vaucluse.*

E. Pagès, professeur d'agriculture au Chesnoy. *Étude agronomique du Cantal.*

C. Cordy, 9, rue Claude-Bernard. *Agriculture de la Lozère.*

De Bec, rue J.-J.-Rousseau, à Carcassonne. *La Provence.*

M. Clovis Montagnard, professeur d'agriculture à Bagnols-sur-Cère, envoie, pour concourir au *prix pour la destruction des insectes de la vigne,* un mémoire sur la *Gélivure.*

M. Lacroix, 7, rue Wulfran-Puget (Marseille), envoie :

1° Pour concourir au *prix des Ciments.* Un mémoire sur un *procédé pratique, non chimique, pour reconnaître les adultérations du ciment de Portland.*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

2° Pour concourir au *prix des Beaux-Arts*. Un mémoire sur un *procédé empêchant les bois de jouer*.

3° Pour le *prix des aimants permanents*. Un mémoire sur la *fabrication des aimants permanents*. (Arts économiques.)

M. Fleurant présente, pour concourir au *prix Parmentier*, un mémoire sur la *composition élémentaire et immédiate des matières albuminoïdes*. (Arts chimiques.)

M. Larpent, 68, rue Madame, présente une *application mécanique du Block system* pour chemin de fer et une note intitulée : *Les trains rapides à la portée de tous les voyageurs*. (Arts mécaniques.)

M. Fromholt, 3, rue Simart, présente une *machine à scie diamantée pour pierres dures*. (Arts mécaniques.)

M. T. Nouvel, à Brienne (Eure), demande une annuité de brevet pour un *pied de fer* pour cordonnerie. (Arts économiques.)

M. Chatagnier, 21, rue de Malte, présente un *procédé d'utilisation des abâts de viande*. (Arts économiques.)

M. Chabaud, 58, rue Monsieur-le-Prince, présente des renseignements sur la *fabrication des appareils de Radiographie en France*. (Arts économiques.)

La Société d'Encouragement pour l'industrie en Bohême envoie le programme de ses prix au concours de Prague, qui aura lieu du 15 juin au 15 octobre 1898.

CORRESPONDANCE IMPRIMÉE. — MM. les secrétaires présentent au Conseil, avec remerciements aux donateurs, les ouvrages signalés à la page 107 du présent *Bulletin*, et en particulier l'ouvrage intitulé : *l'Ouvrier américain*, par M. Levasseur.

ALLOCUTION DU PRÉSIDENT, M. A. CARNOT.

M. A. Carnot prononce l'allocution suivante :

MES CHERS COLLÈGUES,

Vous m'avez appelé à diriger vos travaux par un vote unanime, dont je vous suis profondément reconnaissant parce qu'il témoigne de votre bienveillance et de votre sympathie.

Je souhaite de pouvoir répondre à votre confiance en exerçant la présidence d'une façon vraiment utile pour l'influence de notre Société et, par conséquent aussi, pour le bien de l'industrie nationale, qui est l'objet de votre sollicitude.

J'aurai besoin, pour y réussir, de votre concours amical et j'y ferai souvent appel ; j'espère que chacun de vous voudra bien me signaler les améliorations, qui lui sembleront possibles dans le fonctionnement de la Société, et je me ferai un plaisir, en même temps qu'un devoir, de contribuer au succès d'une bonne idée.

L'influence de notre Société s'exerce de plusieurs façons : par les rapports faits au nom

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de ses divers Comités, par les prix qu'elle décerne aux inventeurs et aux travailleurs, et par les expériences qu'elle subventionne.

Ce n'est que depuis quelques années qu'elle est entrée dans la voie des subventions accordées en vue de telles ou telles recherches scientifiques destinées à profiter à l'industrie. A mes yeux, c'est la voie la plus féconde. Dès le début, elle nous a conduits aux résultats les plus encourageants. Après les travaux de M. Mahler, sur le pouvoir calorifique des combustibles, après la mission accomplie par M. Sérullas, en Malaisie pour y rechercher la plante qui fournit la meilleure gutta-percha, sont venues les expériences diverses exécutées dans plusieurs laboratoires à la fois, sous l'impulsion et le contrôle de la *Commission des alliages*, les travaux sur le poinçonnage et le cisaillement, ceux relatifs aux dilatations des pâtes et couvertes céramiques, à l'influence des gaz des hauts fourneaux sur les colorations de la porcelaine, etc.

Ces différentes recherches, poursuivies d'une façon méthodique, éclaireront l'industrie et lui épargneront les incertitudes, les tâtonnements et les dépenses inutiles et, souvent, les insuccès qui étaient inévitables jusqu'ici.

Le savant éminent qui m'a précédé à cette place, animé de la même conviction que je vous exprime en ce moment, a encouragé les Comités à favoriser les recherches scientifiques.

La présidence de M. Mascart a vu s'accomplir un autre progrès : c'est le développement considérable du *Bulletin de la Société*, qui a doublé de volume et qui est devenu, grâce à l'activité des membres du Conseil et de leurs correspondants, une des publications les mieux au courant, les plus utiles à consulter sur plusieurs grandes industries.

M. Mascart a eu personnellement l'initiative des *conférences* scientifiques et industrielles, qui ont été, pour la Société, un véritable succès, grâce au bon choix des sujets à traiter et à celui des conférenciers. Il a assuré la continuation de ces séances pour la fin de l'année courante, ce dont je ne puis que le remercier avec vous.

Il a fait exécuter dans notre hôtel des travaux importants, notamment pour la restauration de notre grande salle et son éclairage par l'électricité. Il s'est occupé avec soin et compétence de l'organisation de la comptabilité. Enfin, grâce au concours actif d'un certain nombre d'entre vous, il a eu la satisfaction de voir le nombre des membres de la Société s'accroître par près de 200 nouvelles adhésions.

La Société lui est reconnaissante des progrès qu'il a su accomplir avec une rectitude d'esprit et une persévérance des plus remarquables.

Je l'en remercie en votre nom, comme au mien, en souhaitant vivement de pouvoir, à son exemple, faire que la Société progresse, pour rendre de nouveaux services à notre industrie nationale.

Déclaration d'une vacance. — *M. Aimé Girard* déclare, au nom du *Comité des Arts chimiques*, une vacance dans ce comité.

Rapports des Comités. — *M. Pector* lit, au nom du *Comité des Constructions et Beaux-Arts*, un rapport sur les *imitations de fruits de M. Landsmann*, voir p. 35 du présent *bulletin*.

M. Brull lit au nom du *Comité des Arts mécaniques*, un rapport sur le *graisseur continu automatique Millochau-Bernaud*, p. 27.

Ces deux rapports sont approuvés.

Communications. — En l'absence de l'auteur, *M. Hélouis*, retenu par une indisposition, il est donné lecture de sa communication sur le *vanadium et ses applications à la thérapeutique*, dont l'examen est renvoyé au Comité d'Agriculture.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

A la suite de cette communication, et à la demande de *M. le Dr Laran*, M. le Président procède à l'ouverture du pli cacheté intitulé : « Vanadium », déposé par M. le Dr Laran à la Société d'Encouragement, le 12 février 1897. Ce pli, dont il est donné lecture, renferme un *Rapport* de M. le Dr Laran, *sur les propriétés médicales et thérapeutiques du vanadium et de ses composés*.

M. Nouvelle fait une communication sur le *fusil de chasse français*.

Dans un exposé historique du fusil depuis sa création jusqu'à nos jours, M. Nouvelle montre que les transformations successives apportées au mécanisme avaient toujours eu en vue la réalisation des deux conditions suivantes : 1° Obtenir une force percutante considérable afin de rendre les ratés impossibles sans imposer au tireur l'obligation de déployer, dans l'armement, un effort trop considérable; 2° Calculer la longueur du bras de levier de l'axe du chien à son point d'arrêt de façon que le maintien dudit chien au cran d'armé soit rigoureusement assuré.

Les arquebusiers de toutes les époques ont travaillé à perfectionner dans ce sens le mécanisme du fusil de chasse et ils ont produit le mécanisme des armes à percussion centrale usitées jusque vers 1880, organisme qui réalisait de la façon la plus parfaite les deux conditions ci-dessus grâce, d'une part, à l'emploi de la chaînette reliant le grand ressort à la noix du chien et, d'autre part, à l'élargissement de la noix dudit chien, qui portait à son maximum la distance comprise entre l'axe d'oscillation du chien et le cran d'armé.

Vers 1880, la voie suivie jusqu'alors par les arquebusiers anglais et français fut abandonnée par les premiers. C'était l'époque où les fusils à chiens intérieurs, dits « *Hammerless* », commençaient à se répandre. Dans un but commercial, les Anglais, pressés d'arriver les premiers à créer un type d'armes de ce genre se prêtant à un service de chasse, adoptèrent un mécanisme emprunté presque directement aux anciennes batteries à silex, dont il reproduit toutes les défectuosités. Cette arme, fabriquée industriellement et vulgarisée grâce à l'activité commerciale de nos voisins, fut adoptée partout en dépit de ses inconvénients.

Quant à l'arquebuserie française, très atteinte depuis 1870, elle ne protesta pas contre ce retour en arrière et adopta les systèmes anglais en raison de leurs avantages commerciaux.

M. Nouvelle, frappé du tort que causait cette situation à notre industrie nationale et des risques imposés aux tireurs, en chercha le remède en reprenant la voie tracée par ses devanciers au point où elle avait été abandonnée en 1880. Le problème à résoudre était gros de difficultés, car il fallait non seulement créer une arme française supérieure, mais encore en vulgariser l'emploi malgré une concurrence puissante.

Les batteries de M. Nouvelle, du genre « Hammerless », réalisent d'une manière aussi complète que celles des fusils à percussion centrale de 1880 les deux conditions déjà indiquées, mais au moyen d'un seul groupe d'organes; un seul ressort pour les deux chiens, un seul ressort pour les deux gâchettes. Cette simplification rend le mécanisme plus robuste en même temps qu'elle lui assure un jeu plus harmonieux.

D'autre part, trois causes différentes peuvent produire des départs accidentels :

1° Si, le chien étant insuffisamment soulevé par le mécanisme d'armement, le bec de la gâchette ne s'engage pas complètement dans le cran d'armé, le chien retombe et percute la cartouche; 2° le chien étant à l'armé se déclenche subitement à la suite d'un choc violent ou de la rupture d'une pièce du mécanisme; 3° une pression quelconque est effectuée par inadvertance sur la détente.

Les deux premières éventualités ne sont plus à craindre avec le mécanisme du fusil Nouvelle, doté d'un interrupteur automatique constitué par une masselotte placée devant les chiens et ne s'écartant, pour leur permettre de frapper les percuteurs indépendants, qu'au

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

moment précis où une pression s'exerce sur la détente. Enfin, un enrayeur, commandé par une poussette et immobilisant les détentes, pourvoit à la troisième éventualité.

Depuis l'emploi des poudres pyroxylées, dont les effets brisants nécessitent une force supérieure à celle qu'exigeaient les poudres noires, les canons Damas ne conviennent plus au service de chasse. Non seulement ils compromettent la sécurité des tireurs, mais encore ils ne permettent pas d'obtenir le maximum d'effet utile que l'on est aujourd'hui en droit d'attendre d'une arme de premier ordre. D'autre part, si, comme il arrive souvent, et en particulier dans les canons Damas, le métal manque d'homogénéité, l'explosion produit dans la masse métallique des effets qui nuisent à la portée et à la régularité du tir.

Telles sont les causes des différences que l'on observe souvent dans les effets produits par des armes identiques en apparence. Ces considérations, exposées en 1884 par M. Nouvelle, mal accueillies d'abord, mais reconnues exactes aujourd'hui par tous les professionnels, ont été le point de départ d'études et de recherches qui ont abouti à la création d'une nouvelle méthode de canonnerie caractérisée par l'emploi d'un métal homogène spécial et l'application de forage rationnel, qui, en permettant d'utiliser toute la force propulsive de la poudre, augmente les effets du tir et en assure la rectitude. Le métal homogène spécial offre la particularité d'être nerveux et élastique à ce point que, sous des charges à outrance, on peut, sans provoquer de rupture, gonfler un canon du calibre 20 jusqu'au calibre 16 et même 12.

Sa résistance a permis, dans des épreuves officielles, de tirer des salves de 26 grammes de poudre et de 130 grammes de plomb sans qu'il en résultât autre chose qu'un gonflement, alors que les aciers industriels généralement employés, et surtout les meilleurs Damas français et étrangers, avaient éclaté avec 22 grammes de poudre et 110 grammes de plomb.

En résumé, M. Nouvelle a réalisé, dans la canonnerie aussi bien que dans l'arquebuserie des armes de chasse, de réels progrès. Tel a été le sentiment du jury exclusivement étranger qui a décerné à sa nouvelle arme le Grand Prix à l'Exposition de Bruxelles.

M. le Président remercie M. Nouvelle de sa très intéressante communication qui sera renvoyée au *Comité des Arts mécaniques*.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

LIVRES ET OUVRAGES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE

EN JANVIER 1898

Bibliothèque des conducteurs de travaux publics. **Hydraulique agricole**, vol. II, par M. L. SALVADOR, 1 vol. in-8, 650 p. Paris, Vicq-Dunod.

De l'Encyclopédie Leauté. Paris, Gauthier-Villars. **L'Armement portatif des armées européennes**, par M. BORNECQUE. **La Thermodynamique des systèmes homogènes**, par M. ARIÈS.

L'Année industrielle, par M. MAX DE NANSOUTY, 1 vol. in-8, 330 p. Paris, F. Juven.

Procédés de forgeage dans l'industrie, par M. C. Codron, 1 vol. in-8, 312 p., 48 pl. Paris, Bernard.

Projets de Locomotives, par MM. VIGIEUX et MILANDRE, 1 vol. in-8, 200 p. et 38 pl. Paris, Bernard.

L'Ouvrier américain, par M. LEVASSEUR, 2 vol. in-8. Paris, Larose.

L'Assainissement comparé de Paris et de grandes villes de l'Europe, par M. E. BADOIS et A. BIEBER, 1 vol. in-8, 233 p. Paris, Baudry.

Annales de l'École polytechnique de Delft. Vol. VIII, 1897, livraisons 3 et 4.

Rapport sur l'industrie du gaz à l'Exposition industrielle de Berlin. En 1896, par M. A. BOUVIER, 1 broch. in-8, 150 p. (Extrait des comptes rendus de la *Société technique de l'industrie du gaz*), Paris, Mouillot.

Du Ministère de l'Intérieur : **Situation financière des départements en 1895**, par M. MASTIER.

Les Gisements aurifères de Sibérie, par M. DE BATZ, 1 vol. in-4, 167 p., 7 pl. Paris, imprimerie Chamerot.

Du Ministère de l'Instruction publique : **Réunion des Sociétés des Beaux-Arts des départements**, 21e session, 1 vol. in-8, 1184 p. Paris, Plon.

Revue de Mécanique, publiée sous la direction d'un Comité de Rédaction (M. HATON DE LA GOUPILLIÈRE, Président), 1re année, 1897. 1 vol. in-4°, 1252 p., 3500 figures. Paris, Vicq-Dunod.

Conférences populaires d'Hygiène, par M. G. BAUDRAN. 1 broch. in-8°, 88 p. Paris, Firmin-Didot.

Donnés par M. E. SIMON, membre du Comité. **Revue de la Chapellerie, Journal des Papetiers, Le Travail National**, année 1897.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

LITTÉRATURE

DES

PÉRIODIQUES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE DE LA SOCIÉTÉ

Du 15 Décembre 1897 au 15 Janvier 1898

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.
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).
La . . . . La Locomotion automobile.
Ln. . . . . La Nature.
Ms. . . . . Moniteur scientifique.
Mc . . . . Revue générale des matières colorantes.
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.).
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 reservés au Cnam et à ses partenaires

AGRICULTURE

Bétail (Matière sèche dans la ration du). *Ag.* 18 *Déc.*, 974 ; Shorthorns en France et en Angleterre. *Ap.* 13 *Janv.*, 51 ; anémie des moutons (Julien). *SNA. Oct.*, 501.

Betteraves employées en sucrerie en 1896-97. *BMA. Nov.*, 882.

— de race et de richesse intermédiaires. *Ag.* 18 *Déc.*, 969.

Blé et seigle (hybride de). Ag. 8 *Janv.*, 56.

Beurres. Dosage du — contenu dans la margarine (Muntz et Coudon). *BMA. Nov.*, 778.

Camargue. Composition des terres. (Gastine.) *BMA. Nov.*, 798.

Cidre (Influence du sous-nitrate de bismuth sur le durcissement du). *CR.* 20 *Déc.*, 1125.

Engrais. Phosphates d'Algérie. *Ap.* 16-23. *Déc.*, 894-934; Nitrate de soude et perchlorate de potasse. *Ap.* 13 *Janv.*, 49.

— Pailles d'avoine de blé et de seigle (Composition des). (Balland). *CR.* 20 *Déc.*, 1120.

— Nitrate de soude. Insuccès dans la culture du seigle. *Ap.* 6 *Janv.*, 12.

— Tonneaux à purin (les). *Id.* 22.

Forêts. Ralentissement des fonctions végétatives par le froid (Mer). *BMA. Nov.*, 727.

— Appareil cubeur des arbres Laurand. *Ln.* 8 *Janv.*, 93.

— Reboisement des régions dénudées. (Bouquet de la Grye.) *SNA. Oct.*, 489.

Machines agricoles. Aux concours de Stuttgart et de Hambourg. *VDI.* 15 *Janv.*, 64.

— Batteuse Hornsby. *E.* 24 *Déc.*, 785.

Olivier (Fumure de l'). *Ap.* 6 *Janv.*, 14.

Pommes de terre (Pourriture des) (Roze). *CR.* 20 *Déc.*, 1118 ; industrielle et fourragère. *Ap.* 23 *Déc.*, 953.

Prairie et pâturage. Création en Bourgogne. *Ap.* 23 *Déc.*, 914. (Régénération des). *Ap.* 30 *Déc.*, 971.

Semences. Influence des basses températures (Brown et Escombe). *RsL. Déc.*, 160.

Sologne (la). *Ap.* 16 *Déc.*, 906.

Statistique. Tableaux des récoltes françaises pour 1896. *BMA. Déc.*, 944.

Viticulteurs au Chili (Wiener). *BMA. Nov.*, 923.

CHEMINS DE FER

Chemins de fer en Chine. *Ef.* 25 *Déc.*, 833.

— Transsoudanien (L. Dex). *Rs.* 1er *Janv.*, 11.

— Afrique allemande, *Bulletin de la Société d'Encouragement de Berlin, Déc.*, 347.

— *Electriques* (les) (Forbes). *EE.* 24 *Déc.*, 598.

— — Banlieue de Philadelphie, *EE.* 18 *Déc.*, 561.

— Glasgow central. Station souterraine. *Ac. Nov.*, 178.

Frein à air comprimé Chauffin. *Ri.* 18 *Nov.*, 525.

Locomotives (Les) (Stevart). *Rn. Déc.*, 253.

— (Calcul des) (Pétroff). *Rgc. Déc.*, 354.

— Express du London Tilbury. *E'.* 17 *Déc.*, 607. Pour les chemins Chinois (Baldevers). *E.* 7 *Janv.*, 13.

— à transmission Climax. *RM., Déc.*, 1225.

— à 4 cylindres Manson. *E'.* 7 *Janv.*, 8.

— pour tunnels Holt. *E'.* 31 *Déc.*, 648.

— (Équilibrage des). *E.* 31 *Déc.*, 809.

— Détente Delville. *Ru. Déc.*, 274. Distribution Webb. *RM. Déc.*, 1225.

— Armatures des foyers. *E.* 17 *Déc.*, 743.

— Boîte à fumée double Webb. *RM. Déc.*, 1207.

— Chapelle d'alimentation de Pensylvania. *E'.* 31 *Déc.*, 657.

— Reniflard des Richmond. Locomotive Works. *RM. Déc.*, 1226.

— Chasse-neige à air comprimé Priest. *RM. Déc.*, 1227.

— *Electrique Heilmann. Rt.* 24 *Déc.*, 565.

Matériel roulant. Voitures de l'État Belge. *E.* 17 *Déc.*, 737. Pulmann. *Rgc. Déc.*, 394.

— Voitures-salon du président, P. Diaz. *E'.* 14 *Janv.*, 31.

— Voiture automobile Clark. *E'.* 24 *Déc.*, 634. Du New England Ry. *Rgc. Déc.*, 393.

— Fermetures de portières Nichols. *RM. Déc.*, 1227.

Signaux. Enclenchements entre leviers (Massieu et L.Etienne). *AM.Nov.*, 457.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Signaux. Électro-pneumatiques Westinghouse. *Rgc. Déc.*, 328.
Trains (Vitesse des). *E'.* 17-31 *Déc.*, 601-652.
Voie. L'Eclisse. *E'.* 17 *Déc.*, 594. Eclisse différentielle Sandberg. *E.* 14 *Janv.*, 55.
— Coussinets Mac Intosh. *E.* 24 *Déc.*, 785.
— Rails. Observations microscopiques sur la détérioration des (Andrews). *E.* 8 *Janv.*, 7.

TRANSPORTS DIVERS

Automobiles. Efforts à exercer sur les roues. *La* 30 *Déc.*, 619. Concours des poids lourds. (Périssé). *IC. Nov.*, 654.
— *à vapeur.* Housse. *E'.* 17 *Déc.*, 595. Lifu postal. *E'.* 24 *Déc.*, 631.
— — Ducroiset. *La.* 30 *Déc.*, 621.
— — Wilkinson et Taylor. *RM. Déc.*, 1227.
— *à pétrole.* Bollée. *La.* 30 *Déc.*, 616. Popp. *La.* 6 *Janv.*, 2.
— Guidage Salles. *La.* 23 *Déc.*, 605. Davis. *RM. Déc.*, 1228.
— Changement de vitesse. Cazeneuve. *La.* 6 *Janv.*, 10.
— Commande Bertwisle. *RM. Déc.*, 1229.
Tramways *électriques.* Trolly et archet. *EE.* 18 *Déc.*, 573.
— à accumulateurs. *E.* 24 *Déc.*, 775. *Elé.* 1er *Janv.*, 11.
— à contacts Demeuse. *Elé.* 15 *Janv.*, 36.
— de Bruxelles. *Elé.* 1er *Janv.*, 3.
— de Zurich. *E'.* 7 *Janv.*, 6.
— Eclisses Daniels. *E.* 7 *Janv.*, 33.
Traction électrique (La) (Dawson). *E.* 7 *Janv.*, 31.
— (Limites de la) (Spragne). *EM. Janv.*, 553.
Traction mécanique (Accidents de la) *EE.* 18 *Déc.*, 573.
Vélocipèdes. Les akatènes. *E.* 17 *Déc.*, 746.
— Essieu Cooke. *E.* 7 *Janv.*, 29.
— (Fabrication des). *DM.* 8 *Janv.*, 40.
— Frein. Philips. *RM. Nov.*, 1229. Hearson et Shaw. *Id.* 1230.
— Roulement ajustable. Latham. *RM. Déc.*, 1230.
— Assemblage de tubes Roman. *RM. Nov.*, 1229.

CHIMIE ET PHYSIQUE

Acides gras. Analyse par l'acide sulfurique (Twitchell) *Cs.* 30 *Déc.*, 1002.
Alcools. Production en 1895-96. *BMA. Nov.*, 896. Industrie aux États-Unis. *BMA. Nov.*, 926.
— — Vieillissement par l'ozone,
— (Fabrication des) Progrès en 1896. *Dp.* 17 *Déc.*, 281.
— Absolue préparation par le carbure de calcium. (Yvors). *CR.* 27 *Déc.*, 1181.
Acoustique. Le microphonographe et ses applications (Olivier). *Rgds.* 30 *Déc.*, 1005.
Alcaloïdes divers. *Cs.* 31 *Déc.*, 1034.
Aldéhyde ordinaire (réactif coloré de l') (Simon). *CR.* 20 *Déc.*, 1105. Aldéhydate d'ammoniaque (Delépine). *ScP.* 3 *Janv.*, 15 et acétones aromatiques, préparation. (Bouveault). *ScP.* 20 *Déc.*, 1020.
Ammoniac. Solubilité dans l'eau au-dessous de 0°. (Mallet). *CN.* 24 *Déc.*, 305.
— du commerce (filtrage de l') (Urban). *Ms. Janv.*, 68.
Amidon. Divers. *Cs.* 31 *Déc.*, 1029, 1048.
Analyse spectrale. Variations de périodes des races (Broca). *Rgds.* 15 *Déc.*, 935.
Antimoine. Dosage volumétrique (Causse). *CR.* 20 *Déc.*, 1100.
Antipyrine. Combinaisons avec les aldéhydes. (Patein). *ScP.* 20 *Nov.*, 1022.
Bicarbonates. (Détermination de l'acide carbonique dans les). (Lunge). *Ms. Janv.*, 57. Bitumes (soufre dans les). (Pickham). *Cs* 31 *Déc.*, 996.
Borures de calcium et de baryum. Moissan et William. *ScP.* 20 *Déc.*, 1015.
Brasserie. Divers. *Cs.* 31 *Déc.*, 1029. *IoB. Déc.*, 495.
— Progrès aux États-Unis. *IoB. Déc.*, 467.
— Houblons et leur emmagasinage. *IoB. Déc.*, 481.
— Emploi des ferments euzymes. (O. Jullivan). *Cs.* 31 *Déc.*, 977.
Bromoplatinates d'ammonium et de potassium, préparations. (G. Meker). *CR.* 13 *Déc.*, 1029.
Carbonate double de sodium et de chrome. CR. 27 *Déc.*, 1177.
Carbure de sodium. (Mangnon). *CR.* 13 *Déc.*, 1033.
Céramique. (L'industrie). *Dp.* 7 *Janv.*, 11. *Cs.* 31 *Déc.*, 1015.
Cérium (le). (Boudouard). *CR.* 20 *Déc.*, 1096.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Poids atomique (Wirouboff). *CR.* 27 *Déc.*, 1180.

Chaux et ciments. Divers. *Cs.* 31 *Déc.*, 1017.

— Constitution chimique du ciment de Portland. *E'.* 24 *Déc.*, 615.

— Ciment armé. Applications. Le ciment. 25 *Déc.*, 394-396. Influence de l'eau de mer sur les mortiers hydrauliques. (*Le Ciment*). 25 *Déc.*, 397.

Chloronitrites de phosphore (Stokes). *CN.* 24 *Déc.*, 308.

Combinaisons inorganiques (Constitution des) (Werner). *ScP.* 20 *Déc.*, 1292-1299.

Densités de l'oxyde de carbone, de l'acide carbonique et de l'acide azoteux. (Rayleigh). *RSL.* 13 *Janv.*, 204.

Densimètre Vandevyer. Co. 15 *Janv.*, 69.

Diazoïques (les). (Blomstrond). *Ms. Janv.*, 23.

Explosifs. Divers. *Cs.* 31 *Déc.*, 1038. Poudres sans fumée américaines. *Rt.* 25 *Déc.*, 558. Maxim. *Ms. Janv.*, 49. (Actuellement en service, caractéristique des). (Sanford). *Id.*, 52.

— Nitrés (Stabilité des). (Guttmann). *Ms. Janv.*, 37.

— La tétranitrocellulose. (Warren). *Id.*, 52.

— Nitronaphtalines (Fabrication des). (Krug et Bloman). *Id.*, 53.

Encres d'imprimerie. Divers. *Cs.* 31 *Déc.*, 1012.

Fermentations diverses. *Cs.* 31 *Déc.*, 1029.

Gaz. Transformations isothermes et adiabatiques. (Leduc). *CR.* 20 *Déc.*, 1089.

Gaz d'éclairage. Divers. *Cs.* 31 *Déc.*, 1005.

— Usines du Semmering. 20-24 *Déc.*, 705.

Becs incandescents (Bandsept). *Ri.* 25 *Déc.*,

— — auto-allumeur Auer. *In.* 15 *Janv.*, 109.

— *Acétylène*. Divers. *Cs.* 31 *Déc.*, 1007.

— — Gazogènes Hausser et Revilla. *Ri.* 18 *Déc.*, 523. Deroy. *Ap*, 18 *Déc.*, 912. Kaj. *E'.* 31 *Déc.*, 656.

— — Propriétés explosives. (Berthelot et Vieille). *APC. Janv.*, 5-24.

— — (Carbure de calcium pour), (Maxim). *E.* 17 *Déc.*, 754. (Analyse des) et purification de l'acétylène. *MS. Janv.*, 60.

Gazogène. Chimie. *E.* 7 *Janv.*, 33.

Glucinium (Alliage de) et de cuivre. (Lebeau). *CR.* 27 *Déc.*, 1172.

Glycérophosphates (les). (Astruc Pc.). 1er *Janv.*, 5.

Gutta-Percha (la). (Obach). *SA.* 24-31 *Déc.*, 97-117. 7-14 *Janv.*, 137-169.

Hydracides. Décomposition par les métaux. (Mercure). Influence de l'oxygène. (Berthelot). *APC. Janv.*, 73.

Huile et guano de poisson. *Gc.* 1er *Janv.*, 154.

Hydrogène. Réaction sur l'acide sulfurique. (Berthelot). *ACP. Janv.*, 64 et oxygène, débuts de la combinaison. *Id.* 30.

Hypochlorites. Transformation en chlorates. (Bahduri). *ScP.* 20 *Déc.*, 1288.

Iodure mercureux amorphe (Couleur de l'). (François). *Pc.* 15 *Déc.*, 529.

Laboratoire. Divers. *Ms. Janv.*, 57. *Cs.* 31 *Déc.*, 1041.

— Dosage du cuivre (Brearley). *CN.* 17-24. *Déc.*, 291-303.

— Moufles en amiante. (Jervis). *CN.* 7 *Janv.*, 5.

— Oxyde de cuivre, dosage par une solution titrée de permanganate. (Caven et Hill). *Cs.* 31 *Déc.*, 981.

Monazites. Sables de la Caroline du Nord. (Boudouard). *ScP.* 3 *Janv.*, 10.

Optique. Télémètre pour batteries de côte Crèhore et Squier. *Gc.* 18 *Déc.*, 117.

— Indices de réfraction Air. Oxygène. Hydrogène. Argon Hélium (Ramsay et Travers). *CN.* 7 *Janv.*, 1. *RSL. Janv.*, 225.

— Polarisation de la lumière du sodium dans un champ magnétique (Cotton). *CR.* 27 *Déc.*, 1169.

— Spectroscopie interférentielle, nouvelle méthode (Perot et Fabry). *CR.* 3 *Janv.*, 34.

— Dispersion et absorption des raies infrarouges dans les spectres du cristal de roche et de la sylvine (Rubens et Trowbridge). *American journal of Science. Janv.*, 33.

— *Rayons* X. *EE.* 18 *Déc.*, 531. *CR.* 3 *Janv.*, 36.

Osmose. Mesures osmotiques (Ponsot). *JcP.* 5 *Janv.*, 3.

Ozone. Recherches sur l' (Otto). *AcP. Janv.*, 77.

Oxyde phosphoreux (Berson). *CR.* 13 *Déc.*, 1032.

— De carbone. Acide carbonique et azoteux. Densités des (Rayleigh). *CN.* 31 *Déc.*, 315.

Oxygène. Fabrication à l'usine d'Auteuil. *Ln.* 15 *Janv.*, 103.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pégamoid. Le. *Ri.* 8 *Janv.*, 14.
Petrole. Éclairage au *Dp* 17 *Déc.*, 273.
— Divers. *Cs.* 31 *Dec.*, 1008.
— Bec Méteor. *Cs.* 31. *Déc.*, 1006.
— Huiles de schiste. Cornues à Boxburn. *Cs.* 31 *Déc.*, 984. Extraction du sulfate d'ammoniaque des huiles de schistes. *Cs.* 31 *Déc.*, 203.
Poids atomiques. Étude sur les (Rydberg) *ScP.* 20. *Déc.*, 1283.
— Nickel (Richards et Cushman). *CN.* 17, 24 *Déc.*, 293, 307. Cobalt, id., 14 *Janv.*, 20.
Porcelaine. État actuel des besoins de l'industrie de (Peyrusson). *Rgds* 15, 30 *Déc.*, 950, 981.
Résines et vernis. Cs., 31 *janv.*, 1023.
Soie artificielle. Chardonnet. *Ln.* 1er *Janv.*, 71.
Sorbite. Transformation en Sorbose par le mycoderma vini (Matiot). *Pc.* 15 *Janv.*, 49.
Soufre. Rectification de l'hydrogène sulfuré. *Cs.* 31 *Déc.*, 980.
Sucrerie. Les fabriques de sucre et leurs procédés de fabrication en 1895-96 *BMA. Nov.*, 870.
— Divers. *Cs.* 31 *Déc.*, 1027.
Tannerie. Divers. *Cs.* 31 *Déc.*, 1010, 1014, 1025.
Teinturerie. Théorie de la teinture *MC. Janv.*, 28. Aposafranine. *Cs.* 30 *Déc.*, 1010.
— Vert phtalique (Haller). *CR.* 27 *Déc.*, 1153.
— Vert malachite orthosulfoné. *ScP.* 3 *Janv.*, 25.
— Couleurs nouvelles, *MC. Janv.*, 25.
— Mordants dans la teinture et l'impression. *MC. janv.*, 12.
— Indigo de commerce. Analyse de l'. *MC, Janv.*, 26.
— Impressions de poudres métalliques sur les tissus. *Mc. Janv.*, 25.
— Essai au permanganate (Grossmann). *Cs.* 31 *Déc.*, 774.
Terpinees et huiles essentielles. Chimie des (Dupont et Charabot). *Actualités chimiques. Nov.*, 352.
Vanadium. Aluns de (Piccini). *JcP.* 20 *Déc.*, 1291.
Verrerie. Divers. *Cs.* 31 *Déc.*, 1015. Fours à bassins (Gobbe). *Rt.* 10 *Janv.*, 15.

COMMERCE ET ÉCONOMIE POLITIQUE

Amérique. Heures de travail et salaires en., *Ef.* 8 *Janv.*, 43.
Approvisionnement de Paris en 1896. BMA. Déc., 1112.
Assurance sur la vie et quotité disponible. *Rso.* 16 *Déc.*, 877.
Blé. Importation de — et exportation d'or., *Ef.* 25 *Déc.*, 831.
Chine. Industrie européenne et salaires en. *Ef.* 8 *Janv.*, 38.
Colonisation de la France au XVIe *siècle. Rso.* 16 *Déc.*, 916.
France. Accroissement de population en 1896. *Ef.* 1er *Janv.*, 1, 11.
Grèves des mécaniciens anglais. E. 17, 24, 31 *Déc.*, 741, 771, 802. 14 *Janv.*, 49, 53. *E'.* 17, 24, 31 *Déc.*, 602, 627, 651. 14 *Janv.*, 38, 39.
Habillement. (Industrie de l'). Patronnes et ouvrières à Paris. *Rso.* 1er *Janv.*, 61.
Japon. Commerce du. *E'.* 31 *Déc.*, 647.
Législation du travail. Congrès de Bruxelles. *Musée social.* 30 *Nov.* N° 19. *A.*
Mission lyonnaise en Chine. Résultats. (Machat) *Rgds.* 30 *Déc.*, 1000.
— Ouvrier américain (l'). *Ef.* 15 *Janv.*, 71.
Salaire minimum le. *Ef.* 18 *Déc.*, 800.
Soudan central. Pénétration commerciale au (Schirmer). *Rgds.* 15 *Déc.*, 940.
Vladivostock. Ef. 18 *Déc.*, 797.

CONSTRUCTIONS ET TRAVAUX PUBLICS

Barrage du Bourey. Rupture du (Langlois) *Bam. Déc.*, 1414.
— Résistance des, d'une grande longueur. (Lencauchez). *IC. Nov.*, 666.
Échelles. Essais d'. *Eam.* 25 *Déc.*, 757.
Incendies. Protection en Europe. *E.* 17 *Déc.*, 730, 14 *Janv.*, 35.
— De Cripplegate *E.* 24 *Déc.*, 772, 801. 14 *Janv.*, 51.
Planchers et poutres en ciment armé. Calcul des (*Le Ciment*), 25 *Déc.*, 385.
Ponts. Alexandre III. Fondation du. *E.* 31 *Déc.*, 789.
— Sur l'Elbe à Hambourg. *VD.* 18 *Déc.*, 1439.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ponts. En arcades (Vierendeel). *Gc.* 1er *Janv.*, 148.
— Pour chemins de fer économiques. *E'.* 24 *Déc.*, 617.
— de circonstances dans l'Inde anglaise. (Construction des). *Rgm. Déc.*, 523.
— Suspendus modernes. *SuE.* 15 *Déc.*, 1049.
— Viaducs sur la Seine. Chemin de fer de l'Ouest. *Gc.* 8, 15 *Janv.*, 161, 177.

ÉLECTRICITÉ

Accumulateurs. Riley. *E.* 17 *Déc.*, 749. Greengrass Grunwald, (Fabro). *EE.* 8 *Janv.*, 70, 71.
Aimants. Fabrication indépendante de la température (Ashworth-Shuster) *RsL.* 13 *Janv.*, 210.
Ambroïne (Isolant). *Elé.* 8 *Janv.*, 17.
Boîte de jonction. (Illingworth). *EE.* 15 *Janv.*, 117.
Commutateur Muller et Tudor. *EE.* 18 *Déc.*, 558.
Compagnies d'Electricité à Paris, Berlin et Londres. *Ef.* 25 *Déc.*, 829.
Coupe-circuit magnétique américain. Ele. 18 *Déc.*, 385. Clark Mullen. *EE.* 15 *Janv.*, 118.
Condensateur. Capacité électrique. (Boulgakoff). *EE.* 7 *Janv.*, 67.
Conductibilité discontinue. (Branly). *CR.* 27 *Déc.*, 1163.
Constantes diélectriques des corps organiques aux très basses températures. (Dewar et Fleeming). *CN.* 14 *Janv.*, 13.
Distributions polyphasées. Indicateur de rupture Schuckert *Élé.* 25 *Janv.*, 39.
Dynamos. Les (Parshall et Hobart). *E.* 7, 14 *Janv.*, 1, 40.
— Algemeine G. E. 31 *Déc.*, 813.
— Rendement des (méthode Routin). *Elé.* 15 *Janv.*, 42.
— Alternateur unipolaire aréo-excitateur (Routin). *EE.* 1er *Janv.*, 19.
— Triphasées. Régulation du champ inducteur. *EE.* 18 *Déc.*, 559.
Éclairage à Paris. *Ef.* 18 *Déc.*, 793. Imprimerie nationale. *Elé.* 1er *Janv.*, 5.
— à Rouen. *EE.* 25 *Déc.*, 585.
— Arc alternatif, expériences sur (Smith). *EE.* 8 *Janv.*, 72.
Électro-chimie en 1897 (Hess). *EE.* 1er *Janv.*, 11. Analyse électrolytique. Métaux solubles dans le sulfure ammonique (Arth). *EE.* 15 *Janv.*, 106.
— Divers. *Co.* 31 *Déc.*, 1021.
Électrolyse. Théories nouvelles (Merle). *Ms. Janv.*, 5.
Force électromotrice la (Trowbridge) *American Journal of Science Janv.*, 57.
Fours électriques. Divers. *Dp.* 7 *Janv.*, 14.
Histerisis. Chaleur développée dans le fer par l' (Weihe). *EE.* 24 *Déc.*, 602.
Industries chimiques. Progrès en 1897. *EE.* 8 *Janv.*, 49. *E'.* 7 *Janv.*, 6.
Magnétisme. Propriétés magnétiques du fer et de l'acier aux basses températures. (Morris). *N.* 6 *Janv.*, 232.
— (Application de la chimie à l'étude du) (Summers). *Cs.* 31 *Déc.*, 998.
Mesures (Appareils de) (Armagnat). *EE.* 8 *Janv.*, 58.
— Méthodes du laboratoire central d'électricité. *Sie. Nov.* 572.
— Détermination de l'Ohm. (Ayrton et joncs). *E.* 7 *Janv.*, 29. *EE.* 15 *Janv.*, 100.
Pile à oxyde de cuivre Lalande. *Elé.* 25 *Déc.*, 401.
— étalon au cadmium. *EE.* 1er *Janv.*, 31.
Résistances des huiles à l'étincelle. EE. 1er *Janv.*, 26, 28.
Rhéostat Holmes. *E.* 24 *Déc.*, 785.
Stations centrales (Les). *ZOI.* 17 *Déc.*, 689
— Tarification de l'énergie électrique. (Claude). *EE.* 15 *Janv.* 93. *Ie.* 10 *Janv.*, 5.
— Compagnie parisienne de l'air comprimé. Usine du quai de Jemmapes. *Gc.* 18-25 *Déc.*, 105, 125.
— Moulin Grandval. *Gc.* 1er *Janv.*, 141.
— Dusseldorf. *Ie.* 10 *Janv.* 6.
— Transformateur de phases Ferraris-Arno. *EE.* 1er *Janv.*, 21.
Téléthermomètres. Elé. 8 *Janv.*, 24.
Télégraphes. Bureaux secondaires desservis par un même conducteur. *Elé.* 15 *Janv.*, 33.
Téléphonie. Rendement électrique du translateur. *Ie.* 10 *Janv.*, 11.
Transmission de force dans l'Utah. *E'* 14 *Janv.*, 35.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

HYDRAULIQUE

Eaux courantes. Utilisation pour la production de l'énergie. *Rt.* 23 *Déc.*, 556.
Moteur. Rigg. *E'*. 14 *Janv.*, 29.
Pompes à incendies Merrywheather. *RM. Déc.*, 1231.
— Klein. *Ri.* 18 *Déc.*, 526.

MARINE, NAVIGATION

Constructions navales en Angleterre, en 1897. *EM. Janv.*, 561; *E.* 24 *Déc.*, 781; 7-14 *Janv.* 26, 59.
— Sur la Tamise, pendant le règne de Victoria. *E'*. 24 *Déc.*, 623.
— Essais de navires. (Mansell). *E.* 24 *Déc.*, 621.
— Dunes (Fixation des dunes). (Gifford). *EM. Janv.*, 603.
Ferry du port de Glasgow. *E.* 24 *Déc.*, 756.
Éjecteur de cale silencieux pour canots à vapeur. *Rmc.*, *Déc.*, 574.
Hélices (Rendement des). *E.* 31 *Déc.*, 787.
Marines de guerre (Développement des) depuis 1887. *Rmc. Déc.*, 481.
— et les explosifs intensifs. *E'*. 24 *Déc.*, 615.
— Anglaise, en 1897. *E.* 24 *Déc.*, 774.
— Française. 805.
— Chine. Croiseur Hac-Tien. *E'* 17 *Déc.*, 597.
— Portugal. Croiseur Adamastor. *E'* 8 *Janv.*, 3.
— États-Unis. Essais de croiseurs. *E'*. 14 *Janv.*, 43.
— Blindages. Creusot-Terni. *E'*. 24 *Déc.*, 630.
— Canonnières à faible tirant d'eau aux États-Unis. *E'* 31 *Déc.*
— Contre-torpilleur Fame. *E.* 31 *Déc.*, 797.
— Torpilleurs (Les). *E.* 24 *Déc.*, 763.
— Emploi des projecteurs. *Rmc. Déc.*, 605.
Monte-canots. Pieper. *RM. Déc.* 1235.
Pêches maritimes. Diverses. *Rmc. Déc.*, 657.
Phares de Lundy. Island. *E.* 7 *Janv.*, 19.
Ports (Outillage des). *Rt.* 10 *Janv.*, 1.
Volga (Le). *E.* 17 *Déc.* 727.,

MÉCANIQUE GÉNÉRALE

Aérostation. Vol plané. (Bretonnière). *Rs.* 8 *Janv.*, 34.
Broyeur. Jelman Wepp. *E'* 31 *Déc.*, 653.
— Jenkins. *RM. Déc.* 1236.
Chaudières à vapeur d'eau. Weir. *RM. Déc.*, 1219. Hills. Munford. Gilmour. *Id.*, 1220.
— (Circulation dans les). (Brillé). *Gu.* 18 *Janv.*, 8; *Déc.*, 114; 1er *Janv.*, 157. (Bellens). *Rt.* 10.
— Instantanées Wilkinson et Sellers. *RM. Déc.*, 1219.
— Études de chaudronnerie. (Frémont). *IC. Nov.*, 671.
— Marine. Mudd. *E.* 7 *Janv.*, 9.
— Fonds plats (Théorie des). Expériences de Bach. (Walckenaer). *RM. Déc.* 1142.
— *Foyers*. Fumivorité aux États-Unis. *Fi. Déc.*, 401. Cartons Bingelmann. *RM. Déc.*, 1220. A charbons pulvérisés. Pinther. *Ri.* 25 *Déc.*, 536. Forst. *Id.* 8 *Janv.*, 16. A pétrole. Road et Ecles. *RM. Déc.*, 1222.
— Réchauffeur d'alimentation Holly. *RM. Déc.*, 1205.
— Soupape Génard. *RM. Déc.*, 1222.
Surchauffe. Application aux machines à vapeur. (Sinigaglia). *RM. Déc.*, 1135.
— Tuyauteries (Chocs dans les). (Moritz Raymond).. *AM. Nov*, 513, 533.
— Reducing valve Foster, *E.* 31 *Déc.*, 812.
— Vidange à froid. Supprimant les incrustations. *Gc.* 18 *Déc.*, 119.
Comparateur. Hartmann. *Ln.* 8 *Janv*, 82.
Drague à succion. Fleming Ferguson. *E'* 31 *Déc.*, 644.
— Pour les placers *Eam.* 25 *Déc.*, 755.
Dynamomètre de rotation. Frémont. *Ri.* 8 *Janv.*, 13.
Embrayages à friction. Megy. *Ci.* 18-25 *Déc.*, 580, 586.
Engrenages moulés (Les). *E.* 24 *Déc.*, 755.
Graissage (Théorie du). (Wadsworth). *Fi. Déc.*, 442.
Horlogerie. Indicateur du remontage. Richard. *Ln.* 1er *Janv.*, 79.
— Pendule Stevens. (*American Journal of Sciences. Janv.*, 14.
Indicateur à distance. Evans. *EE.* 15 *Janv.*, 116.
Levage. Pont roulant de 100 tonnes. Ateliers Vickers. *E.* 31 *Déc.*, 792.
— Treuil pneumatique. Roberts. *E'*. 31 *Déc.*, 647.
— Grue électrique de 8 000. Eberle. *VDI.*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

1er *Janv.*, 1. De 1500 kil. *Id*, 15 *Janv.*, 58.

Machines-outils (Les) de l'avenir. *E'*. 17 24 *Déc.*, 594, 777. Automatiques (les) et de la fabrication à bon marché (Maxim). *EM. Janv.* 593.

— Tour alésoir vertical Niles. *E'*. 17 *Déc.*, 593.

— — pour moyeux Warner et Swasey. *E'* 17 *Déc.*, 608.

— Fraiseuse pour le bord des tôles. Longbein. *Ri.* 8 *Janv.*, 14. Broche Tucker. *RM. Déc.*, 1218, verticale Newton *RM. Déc.*, 1234.

— Taille des engrenages coniques. *VDi.* 1 *Janv.* 11.

— Fabrication des canons. Ateliers Vickers. *E.* 24 *Déc.*, 760.

— Frappeur pneumatique Ross. *Rgc. Déc.*, 323.

— Cisaille poinçonneuse Cameron. *E'.* 24 *Déc.*, 635, rotative Ditmann. *RM. Déc.*, 1215. Verdel. Wesselmann, *id.*, 1233.

— Décoletage et perçage des attaches de rayons de vélocipèdes. *RM. Déc.*, 1211.

— Perceuses diverses. *Dp.* 17 *Déc.* 270. Holmes. *EE.* 15 *Janv.*, 111.

— Presse à forger Huber. *RM.* 12 *Déc.*, 16.

— Machine à vis Worsley, 1207.

— Etau Froelich. *RM. Déc.*, 1232.

— Riveuses électriques Morgan. *EE.* 15 *Janv.*, 109.

— Scies à métaux; à pierres. Pichery. *RM. Déc.*, 1233.

— Tubes Laminoir Wotherspoon. *RM. Déc.*, 1234.

— **à bois**. Scies Kirchner. *Ri.* 18 *Dec.*, 529. Lau et Ransome. *RM. Déc.*, 1232.

— Raboteuse Westman. *E.* 24 *Déc.*, 760.

Moteurs à vapeur. A l'exposition de Leipzick, 1897. *VDi.* 8 *Janv.*, 29. Proportions des. *RM. Déc.*, 1237.

— Surchauffée Schmidt. *P M. Nov.*, 178.

— Équilibrées Yarrow. *E.* 17 *Déc.*, 735.

— De 1 600 chevaux Cole. *E'.* 14 *Janv.*, 35.

— Corliss verticale Dunlop. *E.* 7 *Janv.*, 16. Compound Paul. *RM. Déc.*, 1236.

— Locomobile compound Burrell. *E'.* 3 *Déc.*, 649.

— Rotative Hult. *E.* 24 *Déc.* 765.

— *Enveloppes* Flinn. *RM. Déc.*, 1236.

Moteurs à vapeur. *Distribution* par soupapes Calmann. *VDI.* 1 *Janv.* 10; Tiroirs pistons Smith. *RM. Déc.* 1238 Genres Corliss et Wheelock. (Berthelot). *RM. Déc.* 1166. Changement de marche Richter. *RM. Déc.*, 1205.

— (Condensation dans les). *E'.* 31 *Déc.*, 641, 8 *Janvier*, 2.

— Pompe à air Edwards. *E.* 24 *Déc.* 767.

— Purgeur de cylindre Berchem. *E'.* 14 *Janv.* 36.

— *Régulateur*. Paxman. *E'.* 17. *Déc.*, 606. Arrêt à distance Miléa *EE.* 15 *Janv.*, 115.

— — Marin Thunderbolt. *E'.* 17 *Déc.*, 609.

— Stuffing box Thornycroft. *RM. Déc.*, 1237.

— **à gaz**. Divers. *Op.* 17 *Déc.* 265. Southall. *Ri.* 14 *Déc.*, 521, Weiss. *RM. Dec.*, 1239. Wells. 200 chev. *E'.* 17 *Déc.* 596. Day. *Ri.* 25 *Déc.* 533. Les grands. (D. Clerk) *EM. Janv.* 615.

— *A pétrole*. Diesel. *IC.* 25 *Déc.* 537. *La.* 23 *Déc.* 598.

Pesage. Machine à peser et à marquer les sacs. *Gc.* 25 *Déc.* 435.

Résistance des matériaux. Colonnes 201-17-24, *Déc.* 695, 708.

— Résistance des rivures au glissement *Gc.* 25 *Déc.*, 131, 8 *Janv.*, 168.

— Structure moléculaire des cristaux (Huet). *Ru. Déc.*, 285. Coefficient d'élasticité à la traction et à la compression. *VDI* 8 *Janv.* 35. Préservation du fer de la rouille. *E.* 14 *Janv.* 27.

Roulements sur billes et galets. *Société d'Encouragement de Berlin. Déc.* 224.

Serrure de sûreté. Co. 8 *Janv.* 37.

Transmissions. Humpage *E'.* 31 *Déc.*, 645, par courroies (Redfield). *EM. Janv.* 641.

Ventilateurs. Expériences de C. Walker. *E.* 17 *Déc.* 751.

MÉTALLURGIE

Aluminium. Constitution et formation des bauxites (Bourgerel). *Ms. Janv.*, 21.

— et ses alliages, impuretés (Defacqz). *CR.* 27 *Déc.* 1174. Rigide Bourgoin. *Co.* 15 *Janv.*, 80.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Cuivre. Four à mattes des Hall-Mines. *Eam.* 11 *Déc.*, 695.
Coke. Teneur en soufre. *SuE.* 1 *Janv.*, 21.
Gazogène. Mond. *E.* 14 *Janv.*, 61.
Fer et acier. Réductibilité des minerais (détermination de la). *Cs.* 31 *Dec.*, 1041. Production en Allemagne. *SuE.* 1 *Janv.* 38.
— La suprématie future en Sidérurgie (Jeam). *EM. Janv.*, 583.
— Fours à coke Hilgenstock. *E.* 31 *Déc.*, 813. Collens. *E.* 14 *Janv.* 43.
— Convertisseurs Tropenas. *E.* 14 *Janv.*, 43.
— Laminoir dégrossisseur Vickers. *E.* 17 *Déc.*, 729.
— Four à gaz Tereny. *Eam.* 11 *Déc.*, 701.
— Cyanures tirés des hauts fourneaux (Mac Cosh). *E.* 17 *Déc.*, 753.
— Chargeur électrique. *SuE.* 15 *Déc.*, 1042.
— Défauts des lingots d'acier (Demenge). *Gc.* 15 *Janv.*, 182.
— Hauts fourneaux à anthracite. *SuE.* 15 *Déc.*, américains (*Id*) 1060.
— — Machines soufflantes. *SuE.* 1 *Janv.*, 21 1057.
— *Laboratoires sidérurgiques*. *SuE.* 15 *Déc.*, 1063.
Industrie métallurgique. Situation dans le monde. *Ef.* 18 *Déc.*, 798.
Or (Sous-produit de l'). *Eam.* 11 *Déc.* 698. *Cs.* 31 *Déc.*, 1018.
Or. Electro-déposition au Transvaal (Andécole). *Elé.* 18 *Déc.*, 393.
— *Cyanuration* Tong. *Em. Janv.* 652.
— — dans l'ouest américain.
— — procédé Sulman Teed. *Cs.* 31 *Déc.*, 961.

MINES

Aérage. Élargissement du puits d'air de Leval Traheguier. *Ru. Déc.* 285.
Emploi de l'électricité. *SuE.* 1 *Janv.*, 10.
Extraction (Machines d') (Seemon). *VDI.* 11-17. *Déc.*, 1402-1432.
— transport par câbles Dinnendahl et Foster (L. Navez). *Ru. Déc.*, 297.
— Trémie pour chargement pour charbons. *Ru Déc.*, 326.
Failles normales et inverses. *Ru. Déc.*, 326.
Fer oolithique au sud de la Lorraine allemande. *SuE.* 1 *Janv.*, 1.
Haveuses Bauscher Atkinson. *EE.* 15 *Janv.* 111, 113.
Hongrie. Mines et usines *Ru. Déc.* 319.
Industrie minérale en 1897. Statistique. *Eam.* 1-8 *Janv.*, 1. 39.
Or. Highland Boy (Utah). *Eam.* 4 *Déc.*, 665.
— Mine de Primrose (Transvaal). *Eam.* 18 *Déc.* 725.
Préparation mécanique. Séparateurs Raymond. *Eam.* 4 *Déc.*, 669. Wheterill. *Cs.* 31 *Déc.*, 971. *EE.* 15 *Janv.* 113.

Le Gérant : Gustave Richard.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

97e ANNÉE. Cinquième Série, Tome III. FÉVRIER 1898

BULLETIN

DE

LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT

POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

AGRICULTURE

RAPPORT fait par **M. L. Lindet**, au nom du *Comité d'Agriculture*, sur les procédés d'analyse des betteraves porte-graines de **M. Pellet.**

La sélection des betteraves en vue de la production des graines est basée sur la richesse saccharine des sujets. On peut, sans nuire à la végétation que le porte-graines doit fournir dans la seconde période de son développement, arracher la racine, la décolleter, la transpercer de part en part, pour en extraire la quantité de pulpe nécessaire à l'analyse; la racine, mise en silos jusqu'au printemps de l'année suivante et replantée en terre, développe sa végétation foliacée et produit ses graines.

La sélection étant individuelle et le fabricant obligé d'examiner un grand nombre de sujets en un temps très court, les chimistes ont été amenés à rechercher les procédés d'analyse dont l'exécution présente la plus grande rapidité, tout en garantissant une exactitude suffisante. Il faut en effet considérer que le dosage du sucre dans un porte-graines n'est pas une recherche scientifique, et qu'il est fait uniquement dans le but de savoir si sa teneur saccharine est comprise entre deux limites déterminées, assez éloignées d'ailleurs, et si ce porte-graines doit être accepté ou rejeté de la culture.

Dès que les procédés polarimétriques ont été adoptés en sucrerie pour le dosage du saccharose, on s'appliqua à substituer, dans l'étude des porte-graines, l'usage du saccharimètre à celui de la balance densimétrique de Vilmorin : le jus extrait par pression d'un cylindre découpé dans la bette-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

rave était déféqué au sous-acétate de plomb, étendu d'eau et passé au saccharimètre.

Puis on abandonna le procédé saccharimétrique pour suivre le procédé imaginé par Violette, qui consiste à prendre un poids de pulpe déterminé, à le chauffer en présence d'eau acidulée, et à doser le sucre inverti par la liqueur cupro-potassique. Les appareils très ingénieux de M. Olivier Lecq, qui ont été l'objet d'un rapport fait par M. Aimé Girard à la Société nationale d'Encouragement en mars 1880, permettent d'appliquer le procédé Violette dans des conditions remarquables de rapidité et de précision.

Les procédés imaginés par M. Pellet dans ces dernières années, et qu'il a résumés dans un mémoire présenté à la Société, permettent d'augmenter encore cette rapidité et de faire en une journée de dix heures, et au moyen d'un seul saccharimètre, jusqu'à 5000 analyses de betteraves porte-graines.

Des constructeurs habiles, sollicités par les travaux de M. Pellet et souvent inspirés par lui, ont livré à l'industrie des appareils capables de réduire rapidement à l'état de pulpe impalpable le cylindre prélevé sur chaque betterave. Le foret-râpe de MM. Keil et Doll, le moulin conique de M. Hanriot, la fraise-râpe de MM. Baudry et Gouthière, ont remplacé les forets-râpes de Champonnois, de Possoz, etc.

La pulpe débitée par ces appareils doit être épuisée de sucre; c'est là qu'intervient le procédé imaginé par M. Pellet sous le nom de diffusion aqueuse instantanée à froid; un poids déterminé de pulpe (poids normal ou sous-multiple de ce poids) est introduit dans un vase jaugé, additionné d'eau et de sous-acétate de plomb; le liquide est agité; la diffusion du sucre se fait rapidement et la liqueur filtrée est passée au saccharimètre gradué de façon que la lecture donne directement la teneur en sucre de la betterave.

M. Pellet a même cherché à simplifier encore les manipulations en supprimant la pesée de la pulpe et le jaugeage des liqueurs.

La densité des betteraves analysées étant sensiblement la même et la sonde découpant un cylindre toujours du même diamètre, M. Pellet a pensé, qu'en donnant au cylindre une longueur déterminée, on pourrait obtenir un poids de betteraves sensiblement constant. Il suffit, pour cela, de trancher le cylindre au moyen d'un couteau à deux lames parallèles et convenablement espacées.

Il a eu l'idée également d'ajouter à la pulpe provenant du râpage de ce cylindre un volume constant d'eau, additionnée de sous-acétate de plomb, mesuré automatiquement. Dans ces conditions, le vase gradué et le travail de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'affleurement deviennent inutiles, et le mélange de pulpe et d'eau peut être fait simplement dans un verre.

Mais la marche si rapide des opérations eût été retardée et l'économie du système compromise si M. Pellet n'avait imaginé l'emploi, au saccharimètre, du *tube continu*. Ce tube reste à poste fixe entre le polariseur et l'analyseur, et il est combiné de façon que l'on puisse y introduire le liquide à polariser sans être obligé de l'ouvrir pour le fermer ensuite ; à cet effet, il porte une tubulure à chaque extrémité, et il suffit, une fois la lecture faite, de siphonner par l'une des tubulures la solution à examiner pour que celle-ci sorte par l'autre tubulure, chassant devant elle la solution contenue précédemment dans le tube. L'observateur est averti que l'une a complètement remplacé l'autre quand les stries que le mélange des deux liquides produit à leur point de contact ont cessé de troubler le faisceau lumineux.

M. Pellet a en outre indiqué tout un ensemble de dispositifs pratiques permettant de faire avec méthode et sans erreur possible un grand nombre d'analyses à la fois, et donnant par conséquent à l'application de ses procédés le maximum de rapidité.

M. Barrois-Brame, producteur de graines à Marquillier (Nord), a annoncé au Syndicat des fabricants de sucre qu'il a, en 1897, au moyen des procédés de M. Pellet, et en faisant usage de deux saccharimètres, obtenu en quarante et un jours près de 350 000 analyses de porte-graines, soit une moyenne de 8 200 analyses par journée de dix heures. La dépense de main-d'œuvre et d'outillage n'a pas atteint 2 centimes par betterave analysée.

Les procédés de M. Pellet sont employés chez la plupart des producteurs français et chez un grand nombre de producteurs belges, autrichiens, russes et allemands.

Le Comité d'agriculture, appréciant l'intérêt de la communication faite par M. Pellet à la Société, a l'honneur de vous proposer de le remercier et d'insérer le présent rapport au *Bulletin*.

Signé : L. LINDET, *rapporteur*.

Lu et approuvé en séance le 11 février 1898.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

CONSTRUCTIONS

L'ASSAINISSEMENT DE LA SEINE, PAR **M. G. Bechmann**, *ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, chef du Service technique de l'assainissement de Paris, professeur à l'École nationale des Ponts et Chaussées* (1).

MESDAMES, MESSIEURS,

Lorsque, sur l'invitation flatteuse du Bureau de la Société d'Encouragement, j'ai dû choisir le sujet dont je vous entretiendrais ce soir, il m'a semblé, qu'en traitant de l'*assainissement de la Seine*, j'avais des chances presque certaines d'intéresser l'auditoire d'élite que je devais trouver dans cette enceinte.

Parler de la Seine à des Parisiens, n'est-ce pas toucher une fibre particulièrement sensible? Quel est celui d'entre nous qui ne soit attaché à ce beau fleuve, dont le long ruban se déroule entre nos deux lignes de quais, dont les eaux baignent le pied de nos plus fiers monuments, dont les îles ont été le berceau de notre Cité? Quel est celui d'entre nous qui n'aime à suivre ses capricieux méandres, à parcourir ses rives verdoyantes où s'étagent coquettement tant de gracieuses villas?

Rien ne nous tient plus à cœur que la pureté de ses eaux. Nous souffrons de la réputation fâcheuse qu'on lui a faite, nous avons quelque honte à le savoir troublé, sali par les détritus de la vie urbaine, et nous saluerons sûrement avec joie le jour où les travaux en cours parviendront à lui rendre sa limpidité normale.

C'est ce jour, désormais prochain, que je veux vous faire entrevoir, en déroulant rapidement sous vos yeux les diverses phases par lesquelles a passé la question de l'assainissement de la Seine.

***

Que les Parisiens fassent leur *meâ culpâ!* Quelque affection qu'ils aient de tout temps témoignée à leur fleuve, ils n'en ont pas moins, de tout temps aussi, travaillé eux-mêmes à sa contamination progressive, en y dirigeant par la voie la plus courte toutes les eaux sales dont ils avaient à se débarrasser. Il faut

(1) Conférence du 26 novembre 1897.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dire à leur décharge que ces pratiques se retrouvent partout, et que les cours d'eau, drains naturels de leurs vallées, recevant nécessairement toutes les eaux qui ruissellent à la surface du sol de part et d'autre de leurs bords, semblent bien destinés à recueillir les eaux souillées des habitations que l'on y édifie, des rues qu'on y ouvre, des villes qui s'y élèvent.

Les premiers *égouts* parisiens ont été tracés suivant les lignes de plus grande pente, normalement aux rives de la Seine où ils se déversaient : de petits affluents, comme la Bièvre et le rû de Ménilmontant (fig. 1), jouaient le rôle de collecteurs, et y apportaient, l'un à l'amont, l'autre à l'aval de la traversée de Paris, leur tribut infect. Les grands établissements de l'État comme la Salpêtrière, l'hôtel des Invalides, l'École-Militaire, ne se gênaient pas pour pratiquer, dès le XVII^e^ ou le XVIII^e^ siècle, ce que l'on a de nos jours qualifié de « tout à l'égout » et qui se trouvait être en fait le *tout à la Seine*.

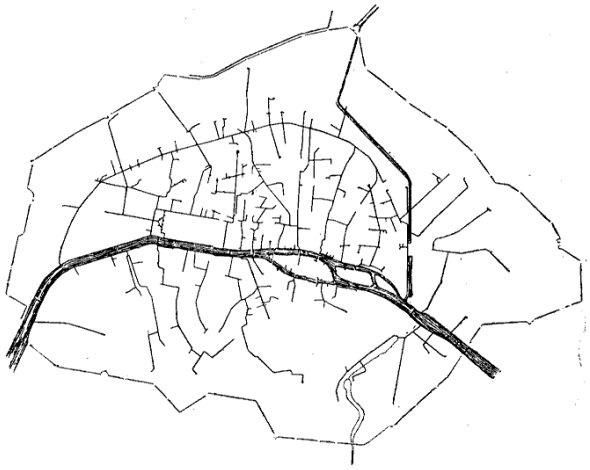


Fig. 1.

Et c'est dans le lit du fleuve ainsi contaminé que puisaient les pompes de la Samaritaine et du pont Notre-Dame. On se préoccupait même si peu de cet état de choses que la première compagnie des eaux établit ses pompes à vapeur au-dessous de la traversée de la ville, à Chaillot et au Gros-Caillou. Pendant toute la première moitié de notre siècle il n'était pas question d'eau de source pour l'alimentation de nos maisons, et les Parisiens de l'époque, — j'en appelle aux souvenirs de tous ceux de ma génération, — s'estimaient heureux quand ils avaient à leur disposition l'eau ainsi empruntée à la Seine... Il est vrai que notre grand Pasteur n'avait pas encore fait ses merveilleuses découvertes ; mais les microbes n'en existaient probablement pas moins et on les absorbait sans vergogne.

*
* *

C'est en 1855 qu'apparaît pour la première fois l'idée de supprimer tout débouché des égouts dans la traversée de Paris.

Ce *desideratum* fut un des articles du vaste programme de transformation

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

édilitaire entrepris alors par l'administration municipale et auquel sont attachés les noms du préfet Haussmann et de deux ingénieurs éminents, Alphand et Belgrand.

Belgrand, à qui était confié déjà le soin d'approvisionner la Ville en eau de source, eut en outre à projeter le nouveau réseau d'égouts. Avec sa remarquable maîtrise, il ne tarda pas à reconnaître, qu'en profitant de la grande boucle décrite par la Seine à sa sortie de Paris, il suffisait de percer un souterrain sous le coteau des Batignolles, et d'y concentrer la majeure partie des eaux souillées, pour en débarrasser entièrement les quais et reporter le déversement en un point du fleuve déjà fort éloigné. Tel fut le point de départ du tracé général des *collecteurs parisiens* qu'il lui a été donné de mener à bonne fin dans leurs grandes lignes (fig. 2).

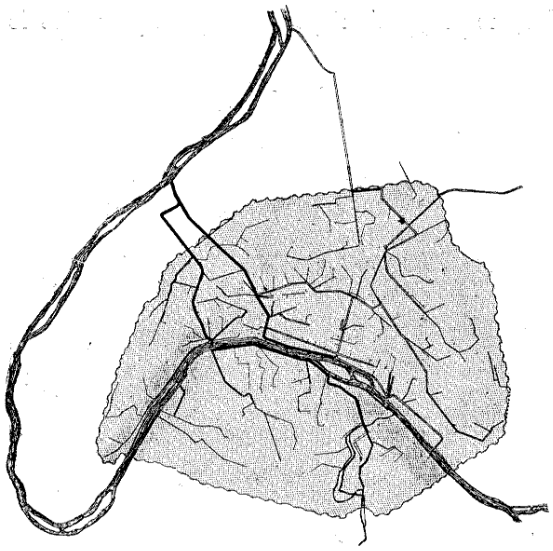


Fig. 2.

Deux de ces collecteurs suivent les quais de rive droite et de rive gauche, coupent tous les anciens égouts aboutissant à la Seine et en recueillent les eaux au passage. Le premier reçoit presque toutes les eaux de la rive droite, et son principal affluent n'est autre que l'ancien rû de Ménilmontant, devenu le collecteur des coteaux. Le second écoule les eaux de la rive gauche et celles de la Bièvre jusqu'au pont de l'Alma, où il franchit la Seine en *siphon*, et se continue ensuite parallèlement au premier, dans lequel il vient aboutir, non loin du débouché unique en Seine, immédiatement à l'aval du pont d'Asnières. Un troisième collecteur, de moindre dimension, recueille à un niveau plus élevé les eaux de Montmartre et de Belleville, sort de Paris à la porte de la Chapelle, et va se terminer à la Seine près de Saint-Denis.

Grâce à cet ensemble d'ouvrages, qui a été terminé en 1867 et qu'il a suffi de compléter depuis lors par l'addition de quelques artères secondaires et des deux siphons des îles Saint-Louis et de la Cité, le fleuve a été délivré de ses nombreux et immondes affluents des deux rives dans toute la traversée de Paris.

Au point de vue exclusivement parisien, la solution était complète; elle allait même au delà du *desideratum* primitif, puisque le déversement des eaux sales

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

était reporté fort loin en aval, alors qu'on aurait pu se contenter de les jeter dans les parages où le fleuve reçoit aujourd'hui encore, par le rû de Marivel, les eaux souillées de Versailles, et où débouchaient les égouts de Boulogne, de Meudon, de Saint-Cloud, etc.

***

L'Administration municipale n'a pas considéré cependant sa tâche comme terminée.

Bien avant que le réseau des collecteurs ne fût livré à l'exploitation, elle s'est préoccupée des inconvénients qui résulteraient du double débouché d'Asnières et de Saint-Denis, et qui ne tarderaient sans doute pas à se révéler au préjudice des riverains quand on aurait concentré en ces deux points toutes les eaux salies par une population de quelque 1 500 000 habitants.

Un de ses ingénieurs, qui avait fait précisément, et depuis de longues années, de la question de l'utilisation des eaux vannes l'objet d'études approfondies, Mille, fut chargé de chercher le remède : envoyé à cet effet en mission, il visita l'Angleterre, l'Espagne, l'Italie, et rapporta de ses voyages des vues très nettes, une conviction raisonnée, une sorte de prescience de la solution définitive. Dès 1865, Mille présentait un vaste projet d'*épuration agricole* des eaux d'égout de Paris : il proposait de conduire les eaux des collecteurs, partie dans la plaine de Gennevilliers, en face des débouchés d'Asnières et de Saint-Denis, partie sur le haut plateau de Méry; là on les emploierait en irrigations fertilisantes, et la salubrité y trouverait son compte en même temps que la culture.

C'était une nouveauté hardie dont personne n'avait l'idée en France. Aussi l'enthousiasme réfléchi de Mille ne triompha-t-il pas immédiatement de certaines répugnances. Et la Commission chargée d'étudier la question, en 1866, sous la présidence du grand chimiste Dumas, ne consentit à recommander un essai qu'à la condition d'expérimenter parallèlement un autre mode de traitement, suggéré par un ingénieur dont le nom est bien connu dans cette enceinte : Le Châtelier, et qui consistait dans la précipitation des impuretés par l'alumine.

***

Le double essai, entrepris en 1868 à Clichy, près du débouché du collecteur d'Asnières, donna des résultats satisfaisants. D'une part, des planches irriguées par infiltration fournirent une double récolte de légumes d'excellent aspect et de goût irréprochable, sans provoquer aucune plainte du voisinage; de l'autre, l'épuration chimique, réalisée au moyen des eaux mères de la fabrication des sulfates d'alumine, permit d'obtenir une clarification sérieuse, qui avait pour

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

conséquence la formation d'un dépôt riche en matières organiques et susceptible d'utilisation comme engrais.

On résolut d'étendre l'expérience et de tenter sur l'autre rive de la Seine, dans un champ de 6 hectares acheté à l'entrée même de la plaine de Gennevilliers, une première application en grand de l'un et de l'autre procédé, afin de les comparer dans les conditions mêmes de la pratique. Dès la première année — 1869 — le succès fut si complet que la culture à l'eau d'égout s'étendit spontanément sur 25 hectares, et que le Préfet, très fier de ces premiers résultats, ne dédaigna pas d'y amener l'Empereur. Bientôt une Société financière, qui s'était attaché comme ingénieur M. de Freycinet, alors connu pour ses belles études sur l'assainissement, offrait de se charger, par les mêmes procédés, de l'épuration de la totalité des eaux d'égout de Paris.

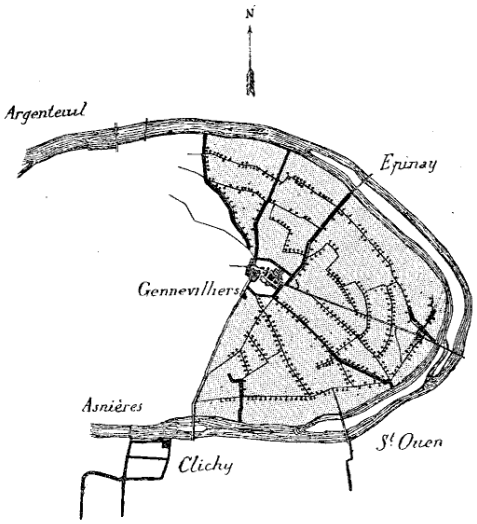


Fig. 3.

Interrompue par la guerre, l'exploitation embryonnaire de Genevilliers fut reprise en 1872 et se développa très rapidement, grâce au concours empressé des cultivateurs, malgré les obstacles nécessités par l'opposition de la Commune, et en dépit du relèvement de la nappe souterraine, dont on eut facilement raison par un drainage à larges mailles. Et l'on ne tarda pas à reconnaître que le *traitement agricole* l'emportait sur le *traitement chimique*, que le résultat en était plus certain, plus constant aussi, qu'il convenait par suite de lui donner la préférence. Les *eaux de drainage* des champs irrigués, les eaux épurées par le sol, limpides comme l'eau de roche, fraîches comme l'eau des sources profondes, se révélaient à l'analyse absolument débarrassées de l'azote organique : aussi les visiteurs n'hésitaient-ils pas à y goûter, et ils la trouvaient excellente !

Depuis, la micrographie est venue montrer que les microbes, répandus par millions dans chaque centimètre cube d'eau d'égout, n'étaient plus, dans l'eau épurée, qu'en nombre très restreint, à peine équivalent à celui qu'on trouve dans nos meilleures eaux de boisson, la Dhuis ou la Vanne par exemple.

Les découvertes de la microbiologie ont, de plus, révélé le mécanisme admirable que met en œuvre la nature pour réaliser dans les pores de la terre la minéralisation des matières organiques, qui les rend à la fois inoffensives pour l'homme et les animaux et utiles pour la nutrition des plantes; elles ont permis

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

d'isoler les ferments qui président à la *nitrification*, dont on connaissait sans doute les merveilleux effets mais dont on n'avait pu jusqu'alors donner une explication satisfaisante.

On était donc incontestablement en possession du moyen cherché pour parvenir à l'épuration complète des eaux d'égout, à l'assainissement de la Seine.

Et, comme les populations du département de Seine-et-Oise, justement émues de l'aggravation de l'état du fleuve, en réclamaient l'amélioration immédiate, une commission réunie en 1874 au Ministère des Travaux publics n'hési-

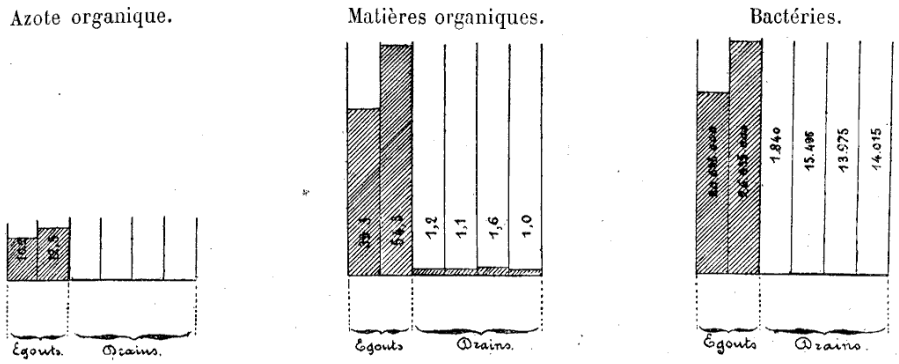


Fig. 4.

tait pas à proclamer la supériorité incontestable de l'épuration par le sol, en recommandait l'application à la totalité des eaux d'égout de Paris, puis, sur la proposition de M. Krantz, aujourd'hui sénateur, désignait les grèves d'Achères pour recevoir ce qui ne pouvait être absorbé par les cultures de Gennevilliers.

Il semblait qu'il ne restait plus qu'à poursuivre l'œuvre si heureusement commencée.

*
* *

Les ingénieurs de la ville de Paris, Mille et Durand-Claye, encouragés par le succès, pleins d'une généreuse ardeur, eurent bientôt fait de présenter le projet d'ensemble (fig. 5), qui put être soumis aux enquêtes dès 1875.

Mais alors surgit cette opposition formidable et incompréhensible du département de Seine-et-Oise, dont la ville de Paris n'a pu triompher qu'après quatorze années de lutte ininterrompue. Persuadées qu'il s'agissait de créer près de la forêt de Saint-Germain un immense dépotoir, les populations s'insurgèrent contre le projet, sans se douter qu'elles allaient à l'encontre de leurs véritables intérêts. Et elles y mirent une telle passion, qu'au cours des phases diverses par lesquelles a passé la résistance, on a pu assister à des incidents

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

étranges, dignes d'un autre âge, qui ont donné à cette lutte épique un caractère héroï-comique des plus curieux. Faut-il rappeler les insultes adressées à la délégation parlementaire pendant l'éclusage du bateau qui la portait, à Bougival, les cris « à la mer » par lesquels l'accueillit une foule amenée tout exprès de fort loin sur les terrains déserts d'Achères?... et ce maire qui, ceint de son écharpe, crut sans doute remplir un devoir de sa charge en coupant lui-même à coups de serpe les amarres qui maintenaient en position un bateau

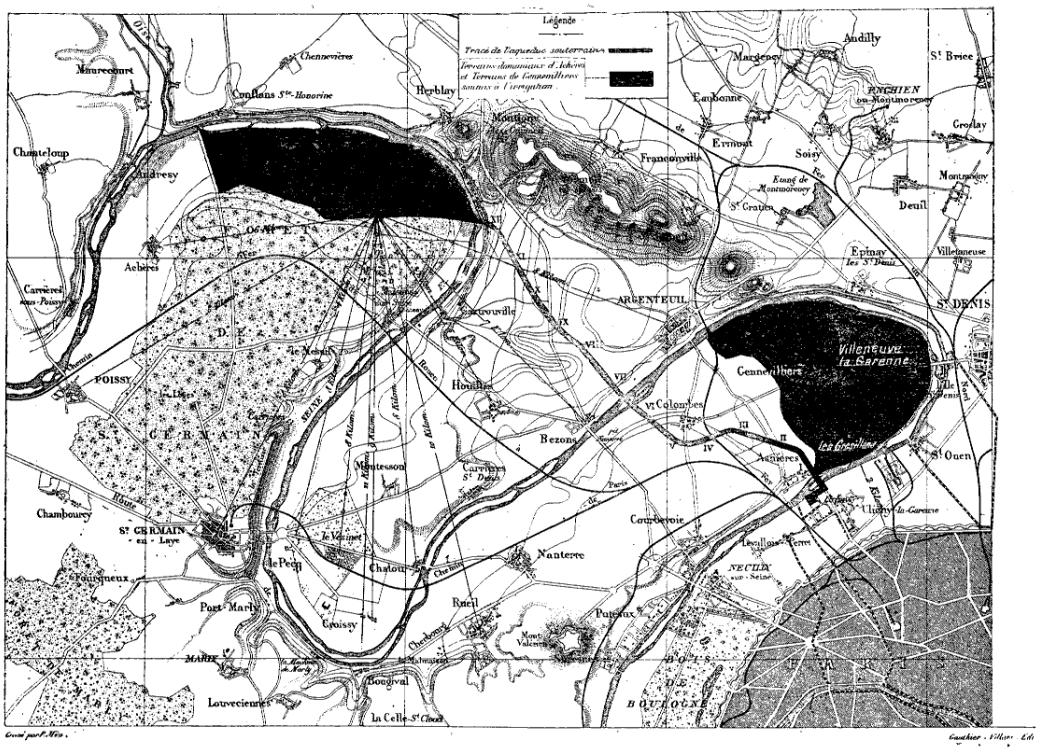


Fig. 5.

chargé d'opérer des sondages en Seine pour la construction d'un des ouvrages projetés... et ce jury d'expropriation qui, pour faire obstacle aux travaux de la ville, n'hésitait pas à sortir de son rôle en la condamnant à payer 10 millions de francs 50 centiares à prendre dans un champ d'avoine !...

En présence d'une pareille explosion de fureurs, il n'y a pas lieu de se montrer surpris que les pouvoirs publics aient voulu s'entourer de toutes garanties, que les gouvernements successifs aient procédé avec une prudente lenteur, que les débats parlementaires aient pris une ampleur inusitée.....

Mais, avec le temps, le mal qu'il s'agissait de combattre, celui dont souffraient

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

les populations de Seine-et-Oise, la contamination de la Seine, allait s'aggravant et s'étendant chaque jour... les bancs de vase formés par les dépôts à partir d'Asnières et de Saint-Denis s'allongeaient peu à peu (fig. 6), l'eau se troublait de plus en plus loin, les analyses révélaient la progression effrayante d'un état de chose déplorable, qui, dépassant Argenteuil, Croissy, Bougival, ne tardait pas à gagner Poissy, à menacer Mantes, etc.

Enfin, après les savants rapports du docteur Bourneville à la Chambre, du professeur Cornil au Sénat, après des discussions prolongées, où les représentants de Seine-et-Oise ont apporté un acharnement digne d'une meilleure cause, où

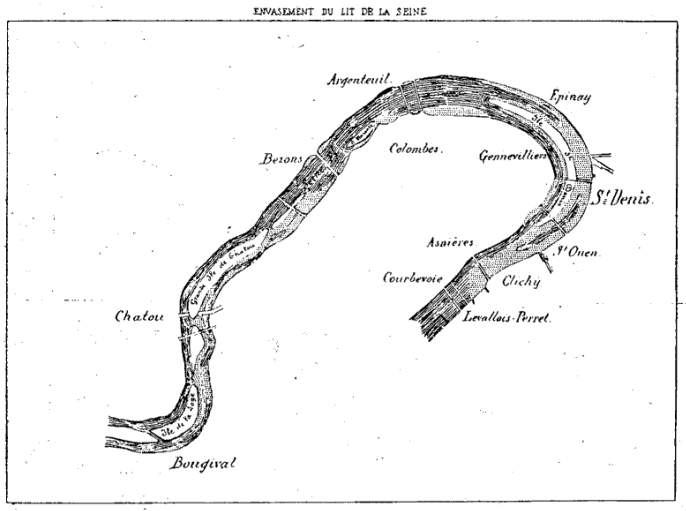


Fig. 6.

M. Alphand a pris la parole au nom de la Ville de Paris, où le gouvernement a dû intervenir plusieurs fois par l'organe des ministres de l'Intérieur et des Travaux publics, des majorités imposantes ont sanctionné ce projet, et la loi du 4 avril 1889 est venue autoriser les travaux d'extension des irrigations vers Achères.

De cette longue et pénible instruction, le projet sortait mutilé. Il avait fallu renoncer à irriguer d'autres territoires que celui de Gennevilliers dans la même boucle de la Seine... s'interdire toute espèce d'épandage dans celle d'Argenteuil et de Bezons, accepter la limitation à 800 hectares de la concession domaniale d'Achères, et la réduction à 40 000 mètres cubes par hectare et par an de la dose à laquelle l'eau d'égout y serait employée. Dès lors, l'exécution des travaux déclarés d'utilité publique ne pouvait plus fournir qu'une solution incomplète; il fallait préparer des projets nouveaux, s'exposer à de nouvelles luttes, se résí-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

signer à de nouveaux retards. Et pendant ce temps Mille, l'ardent initiateur de l'épuration agricole, avait dû prendre sa retraite. Durand-Claye, son brillant et intrépide défenseur, avait succombé !...

*
* *

La Ville de Paris, sûre d'elle-même, certaine d'avoir pris en main la cause du progrès, de l'hygiène, du bien public, n'en éprouva aucun découragement.

Les études antérieures avaient montré que les terrains ne manquaient pas

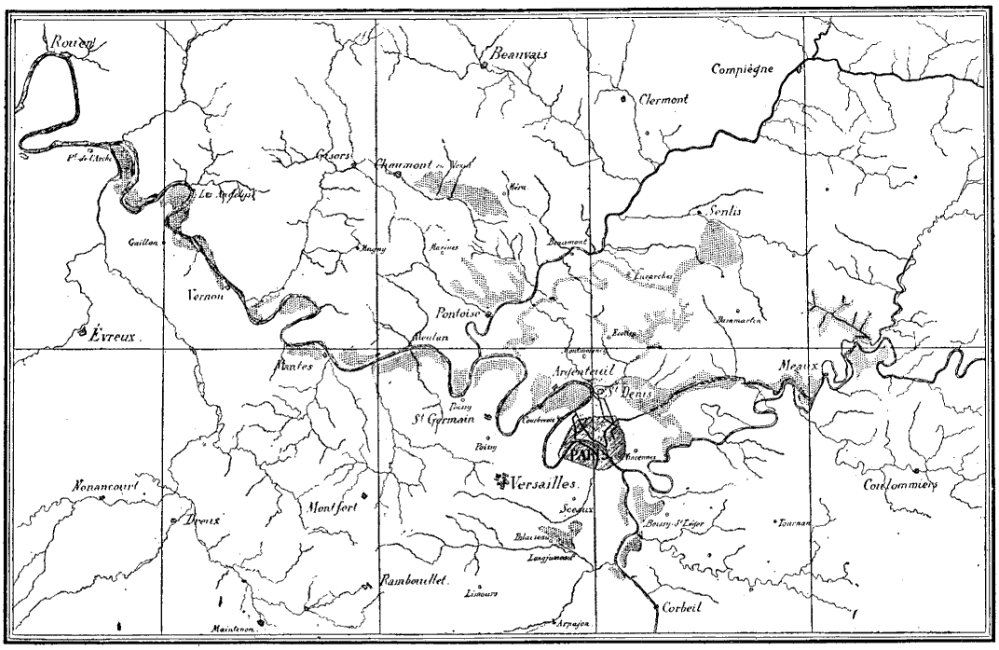


Fig. 7.

pour l'épuration agricole ; un savant, dont le nom vous est familier et l'autorité souvent invoquée ici, M. Adolphe Carnot, avait dressé (fig. 7) une carte de ces terrains, et l'on savait, qu'après Achères, c'était vers le plateau de Méry, puis vers les caps de Carrières-sous-Poissy et des Mureaux qu'il convenait de se diriger.

Les projets d'exécution de l'*aqueduc d'Achères* furent conçus en vue d'une extension nécessaire et prochaine. L'aqueduc devenait le premier tronçon de l'*émissaire général* des eaux d'égout de Paris ; et si, provisoirement, il devait s'arrêter à l'origine de la branche par laquelle une partie de ces eaux serait déversée sur les terrains d'Achères, on prenait en même temps toutes les dispositions utiles pour le prolonger dans la vallée de la Seine et en détacher au point convenable une autre branche destinée à l'alimentation du plateau de Méry.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

En même temps qu'une dépense de 15 millions était engagée pour l'adduction des eaux vers Achères, l'aménagement d'un vaste *parc agricole* sur les terrains domaniaux et l'acquisition du domaine voisin des Fonceaux, le Conseil municipal, avec une largeur de vues à laquelle il est juste de rendre hommage, demandait la préparation immédiate des projets complémentaires, approuvait ces projets estimés 30 millions, et sollicitait des pouvoirs publics une nouvelle loi destinée à en permettre la réalisation.

*
* *

Cette fois encore, l'opposition des représentants de Seine-et-Oise a tenté de faire échec au vote de la loi d'assainissement, mais tous ses efforts ont échoué devant les explications éloquentes et lumineuses de M. le préfet Poubelle, devant l'autorité de M. le professeur Proust... et, à la Chambre aussi bien qu'au Sénat, une énorme majorité en a sanctionné toutes les dispositions.

Promulguée le 10 juillet 1894, cette dernière loi vise expressément les nouvelles extensions de l'émissaire, l'ouverture des nouveaux champs d'épuration, etc.; et, dans un article spécial, elle impose à la Ville de Paris l'obligation de cesser avant cinq ans — avant le 10 juillet 1899 — le déversement des eaux d'égout en Seine.

La Ville de Paris, par l'organe de ses représentants, a solennellement déclaré accepter cette obligation; elle ne faillira pas à sa parole; ce qu'elle a su accomplir déjà dans le passé est un sûr garant de l'avenir.

*
* *

Dès le 7 juillet 1895, on inaugurait l'aqueduc d'Achères et l'eau d'égout parvenait dans le parc agricole. Depuis, les travaux de distribution et de drainage ont été complétés; l'épuration fonctionne aujourd'hui d'une manière normale, et l'année 1897 aura vu traiter 70 millions de mètres cubes d'eau d'égout, — près de la moitié du débit des collecteurs.

Les conséquences de ce nouvel état de choses se sont fait sentir immédiatement; et il y a déjà quelques mois que MM. Lévy et Miquel constataient (fig. 8, 9 et 10), au cours de leurs analyses périodiques régulières, une amélioration sensible de l'état du fleuve — diminution considérable des bactéries, relèvement de la quantité d'oxygène dissous, etc.

Cette amélioration est d'ailleurs appréciable à l'œil, les riverains l'ont constatée eux-mêmes et les personnes les plus prévenues ne peuvent la nier.

D'autre part, l'aspect du parc agricole d'Achères est tel que les répugnances instinctives, les idées préconçues doivent céder devant l'évidence des faits. Les

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

fervescence des esprits s'est calmée; la paix est faite entre la Ville de Paris et les communes voisines; de nombreux visiteurs viennent constater *de visu* et non sans quelque surprise qu'il n'y a rien de commun entre les cultures florissantes, les jardins de produit et d'agrément, les rivières à l'eau appétissante qu'on y rencontre, et le dépotoir tant de fois annoncé dont on avait fait pour toute la région environnante un véritable épouvantail. Un chemin de fer à voie de 0m,60, établi pour la facilité de l'exploitation, permettra d'organiser, à partir

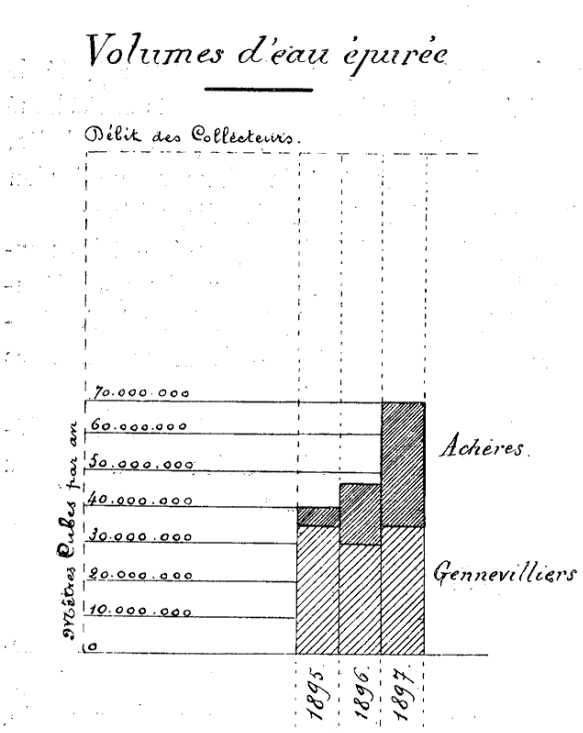


Fig. 8.

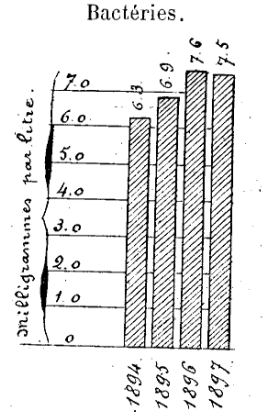


Fig. 9.

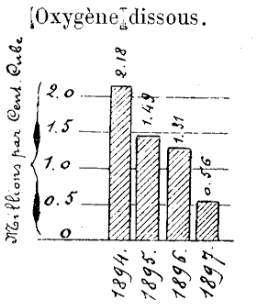


Fig. 10.

de l'an prochain sans doute, des visites estivales, qui sont appelées probablement à un succès au moins égal à celui des visites publiques des égouts de Paris, pour lesquelles on s'arrache encore les cartes d'autorisation, après trente années consécutives.

Les travaux complémentaires, prévus par la loi du 10 juillet 1894, sont (fig. 11) en pleine exécution : les nouvelles machines sont en montage aux usines de Clichy et de Colombes, l'aqueduc est attaqué en divers points, le percement du long souterrain de l'Hautie se poursuit depuis plusieurs mois et l'on vient de commencer celui du siphon sous la rivière d'Oise; la canalisation générale et les

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

appareils de distribution ont été l'objet d'une adjudication récente ; on s'occupe de l'aménagement des champs d'épuration de Méry et des Grésillons, et déjà les cultivateurs de la région s'inscrivent à l'envi pour être admis à bénéficier du précieux élément de fertilité qui va y préparer la transformation de la culture.

A la date fixée, dans le cours de l'été de l'année 1899, le service municipal sera en mesure de fermer les débouchés de ses collecteurs, le déversement des eaux d'égout de Paris dans la Seine aura pris fin ! Alors il suffira d'une crue un peu prolongée pour réaliser le nettoyage définitif du fleuve. Et cette contami-

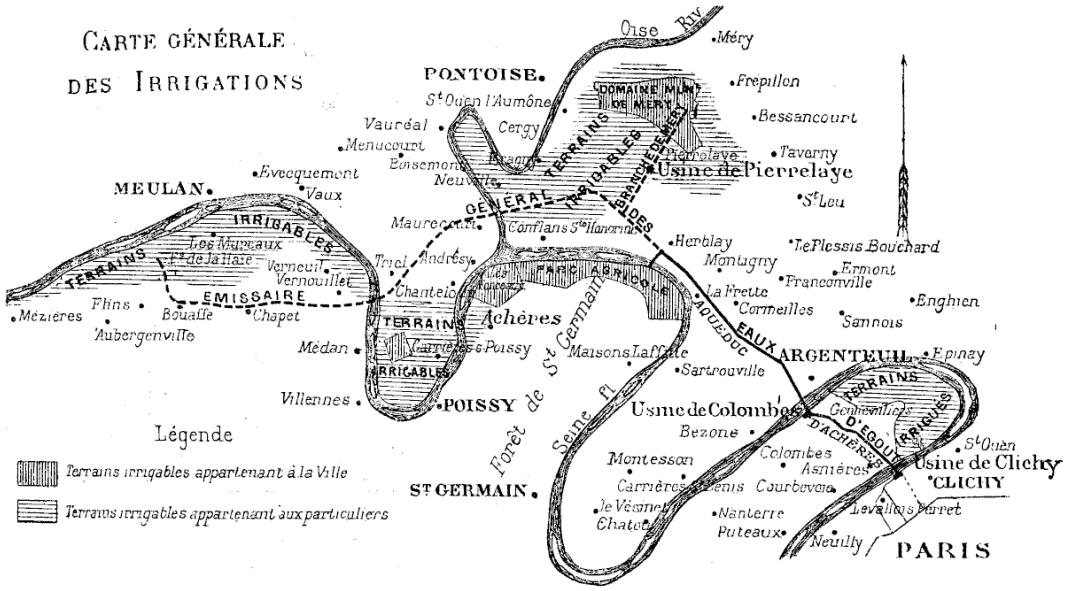


Fig. 11.

nation de la Seine, qui est depuis quelques années le cauchemar des populations riveraines, passera bientôt à l'état de souvenir.

L'œuvre de salubrité qui s'achève fera incontestablement honneur à la volonté persévérante, à l'esprit de suite du Conseil municipal de Paris, aux efforts méritoires du Préfet qui a su en assurer le succès et en préparer la réalisation complète ; elle consacrera le nom des deux ingénieurs qui lui ont voué leur vie presque entière, qui en ont été les initiateurs convaincus, Mille et Alfred Durand-Claye.

*
* *

A leurs continuateurs est échu le rôle plus modeste de l'exécution des travaux.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Du moins ont-ils trouvé dans la construction d'ouvrages fort importants, de nature spéciale, sans précédents comparables en France ni même à l'étranger, et représentant une dépense globale de 45 millions de francs — dont 20 ont été dépensés et 15 autres sont d'ores et déjà engagés — l'occasion de résoudre des problèmes techniques variés, parfois délicats, de rechercher des solutions

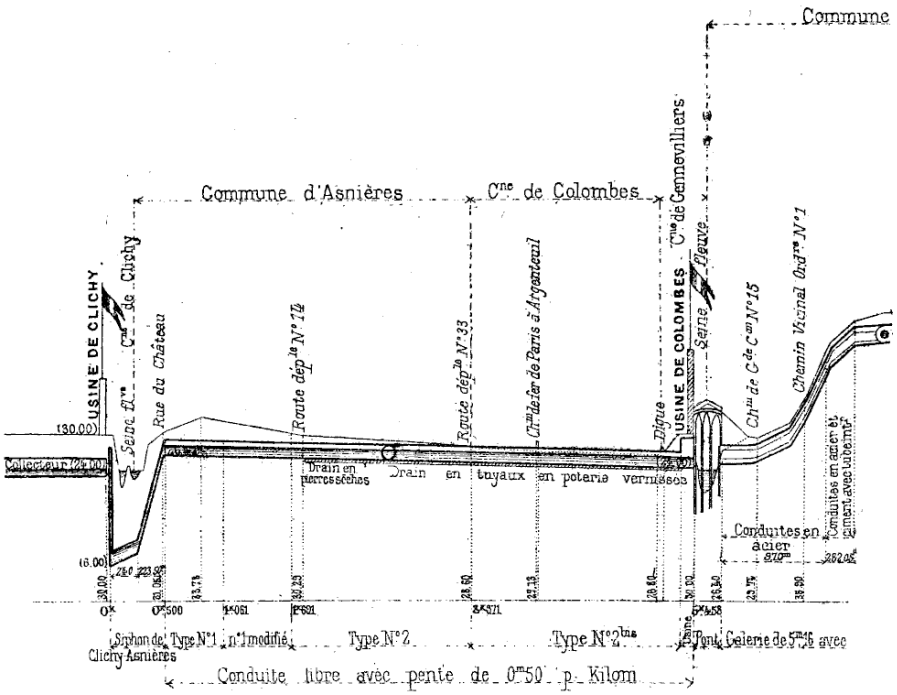


Fig. 12.

nouvelles susceptibles d'autres applications et qui méritent peut-être de fixer quelques instants votre attention.

*
* *

Le tracé de l'émissaire général, part (fig. 12) de l'*usine de Clichy*, où aboutissent les collecteurs parisiens — sauf le collecteur haut, dont une dérivation, dite de Saint-Ouen, prend les eaux à la porte de la Chapelle pour les conduire, par l'effet de la gravité seule et sans l'intervention de machines élévatoires, dans la plaine de Gennevilliers.

Dans cette usine sont installées des pompes à vapeur qui refoulent une partie des eaux vers les terrains de Gennevilliers par des conduites spéciales qui

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

passent sur le pont de Clichy, et une autre partie, la plus importante, vers l'*usine de Colombes*, en franchissant la Seine dans un *siphon* et traversant la boucle de Gennevilliers en conduite libre.

Les pompes de Colombes relèvent une seconde fois les eaux et les refoulent dans des conduites forcées, portées d'abord par un *pont-aqueduc*, puis enfer-

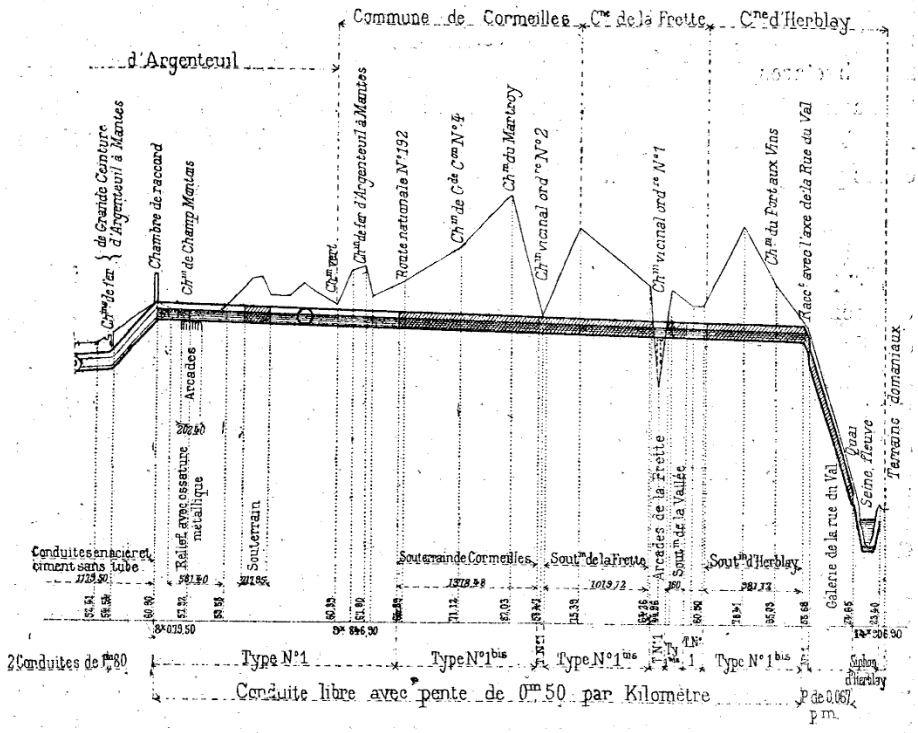


Fig. 12.

mées dans une longue *galerie* dite d'Argenteuil, jusqu'au point haut où reprend un *aqueduc* libre, qui se développe sur la rive droite de la Seine et s'arrête provisoirement à Herblay, mais que les travaux en cours vont conduire prochainement jusqu'à Triel, après avoir passé en siphon sous la rivière d'Oise, non loin du confluent, puis en long souterrain sous les hauteurs de l'Hautie, et qui doit se prolonger ultérieurement sur la rive gauche du fleuve, après l'avoir franchi près de Triel, jusque vers les plaines d'alluvion des Mureaux et d'Épône.

Sur ce parcours, qui mesure près de 40 kilomètres, l'émissaire se trouve dominer près de 10 000 hectares de terres irrigables. A Herblay, s'en détache une première *branche*, qui traverse la Seine en siphon pour gagner le parc agricole d'Achères. Un peu plus loin, une autre branche conduit les eaux destinées au plateau de Méry jusqu'aux abords du village de Pierrelaye, où une troisième

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

usine, en voie d'achèvement, en relèvera une fraction pour assurer le service des parties hautes du *domaine municipal de Méry*. Dans la boucle de Carrières-sous-Poissy, une troisième branche commandera la distribution et dirigera notamment les eaux d'égout vers un autre *domaine municipal* dit *des Grésillons*.

Avec les 800 hectares irrigués à Gennevilliers, les 1 000 hectares d'Achères, les deux domaines de Méry et des Grésillons portent la surface disponible à 2 400 hectares, auxquels vont venir s'ajouter prochainement quelque 2 000 hectares, dont les propriétaires se sont déjà inscrits pour recevoir les eaux, tant aux abords de Pierrelaye que dans la boucle de Carrières. C'est plus qu'il n'en faut pour assurer l'épuration totale à la dose autorisée de 40 000 mètres cubes par hectare et par an.

*
* *

Le profil en long de l'émissaire général entre Clichy et Herblay, c'est-à-dire du premier tronçon dit *aqueduc d'Achères*, montre bien (fig. 12) le rôle respectif des deux usines de Clichy et de Colombes, la première relevant seulement les eaux au niveau de la plaine de Gennevilliers, la seconde les refoulant jusqu'à l'altitude de 60 mètres au-dessus du niveau de la mer, de manière à pouvoir être distribuées, et sur le plateau environnant Pierrelaye et dans la vallée de la Seine, jusqu'aux abords de Mantes au besoin, sans nouvelle élévation.

L'aqueduc passe sous la Seine à grande profondeur au sortir de l'usine de Clichy; il est en tranchée dans la traversée de la boucle de Gennevilliers et y prend la forme circulaire avec revêtement maçonné et 3 mètres de diamètre intérieur. Il est constitué au départ de l'usine de Colombes par quatre conduites en acier de 1 mètre de diamètre, avec joints Gibault au caoutchouc posées entre les arcs métalliques du pont-aqueduc; puis, dans la galerie d'Argenteuil, ces quatre conduites, réunies deux par deux, sont prolongées par deux autres conduites de $1^{m},80$ de diamètre, l'une entièrement en acier, l'autre partie en acier, partie en ciment armé. Du point haut, près d'Argenteuil, à Herblay, l'aqueduc reprend la section circulaire de 3 mètres, avec revêtement maçonné et se trouve presque sur tout le parcours en tranchée ou en souterrain. En deux points, il émerge du sol, d'abord sur quelques mètres de hauteur seulement, et alors le ciment armé remplace la maçonnerie sous une enveloppe de terre gazonnée, puis, à une hauteur plus grande, à la traversée du ravin de la Frette, où il est porté par des *arcades* en maçonnerie.

*
* *

Quelques-uns des ouvrages d'art de l'aqueduc d'Achères me paraissant présenter un intérêt spécial d'actualité; j'en donnerai rapidement une description sommaire.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

D'abord les deux grandes usines élévatoires de Clichy et de Colombes.

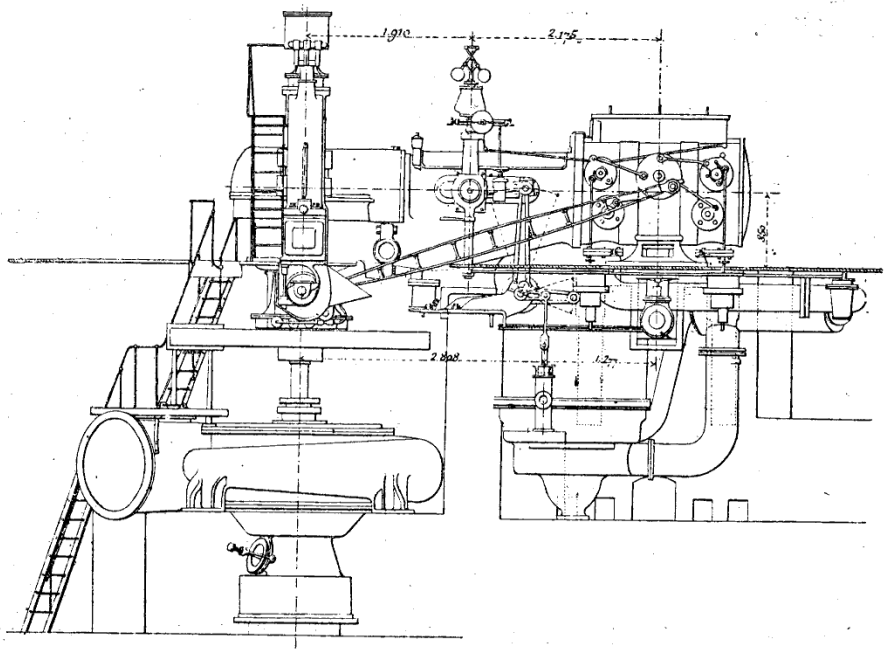


Fig. 13.

La première, destinée à recevoir huit machines, en présente depuis 1895 quatre semblables en fonctionnement dans une salle unique. Ces quatre machines, composées chacune (fig. 13) d'un moteur à vapeur horizontal à un seul cylindre actionnant une pompe centrifuge Farcot à axe vertical, du type déjà établi avec succès par le même constructeur à l'usine du Katatbeh (Égypte) pour le relèvement des eaux du Nil dans le Delta, peuvent élever ensemble jusqu'à 6 000 litres par seconde. Une vue photographique (fig. 14) en montre la disposition symétrique et originale, suivant deux

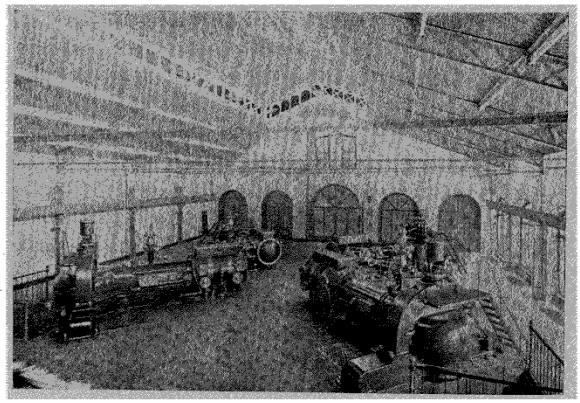


Fig. 14.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

diagonales, qui s'est trouvée commandée par la forme de la salle où elles ont remplacé deux anciennes machines qui assuraient auparavant le seul service de Gennevilliers.

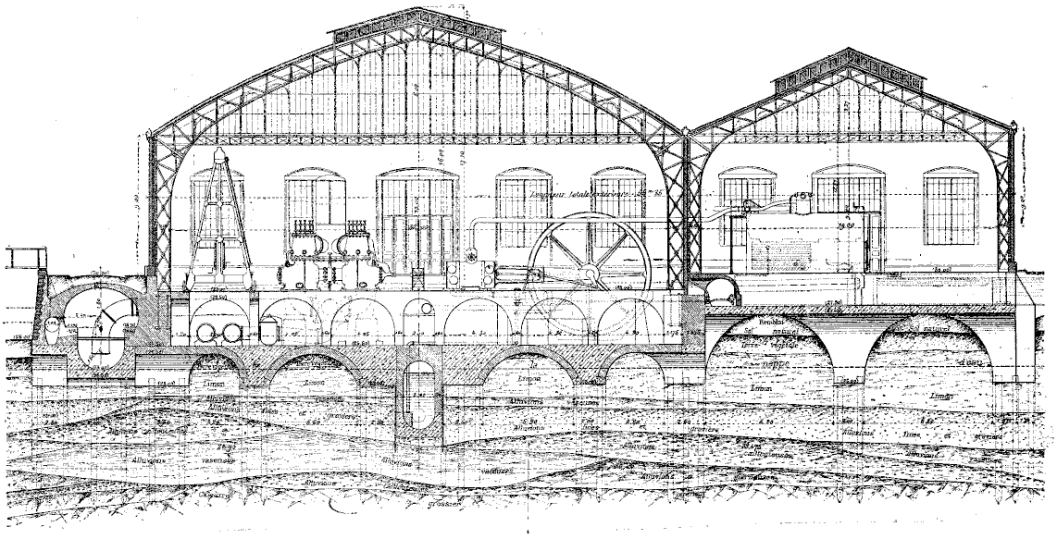


Fig. 15.

Une coupe (fig. 15) et deux vues photographiques (fig. 16 et 17) donnent un aperçu de la salle des machines de l'usine de Colombes, avec son vaste comble en acier de 34 mètres de largeur, qui vient d'être prolongé sur une longueur de 106 mètres, et où quatre machines fonctionnent depuis deux ans, en attendant que huit autres, disposées sur la même ligne, viennent compléter le groupe qui se trouvera dès lors en état de refouler 6 800 litres par seconde à plus de 40 mètres de hauteur. Les moteurs, encore monocylindriques, à longue détente et fermeture brusque de l'admission de vapeur, commandent directement des pompes doubles horizontales du type Girard, à piston plongeur et clapets multiples guidés par des ressorts extérieurs.

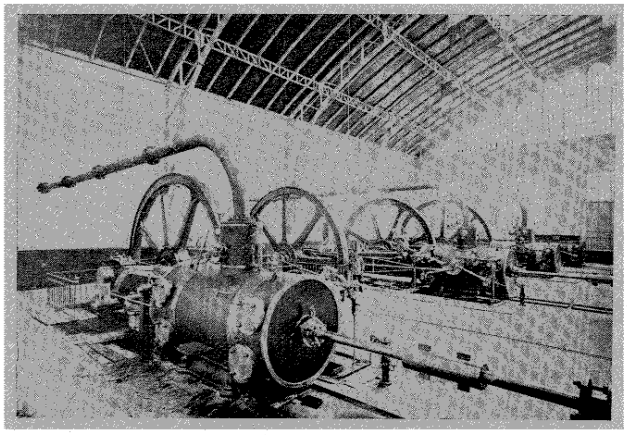


Fig. 16.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*
* *

Viennent ensuite les trois traversées de la Seine, réalisées au moyen des siphons de Clichy et d'Herblay, et du pont-aqueduc d'Argenteuil.

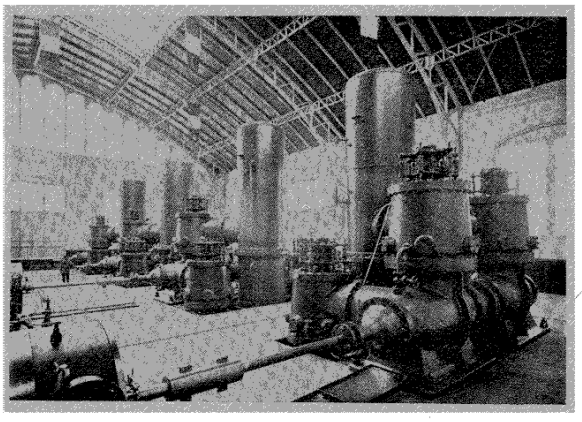


Fig. 17.

Siphon de Clichy. — Le premier de ces ouvrages, le siphon de Clichy, est un souterrain circulaire, de 2m,30 de diamètre intérieur, percé à grande profondeur sous le lit du fleuve par la *méthode du bouclier*, dont M. Berlier a fait là une première application en France. Ce souterrain, de 463 mètres de longueur, a (fig. 18) son origine à la base d'un puits vertical de plus de 24 mètres de profondeur, creusé dans l'enceinte même de l'usine de Clichy; il

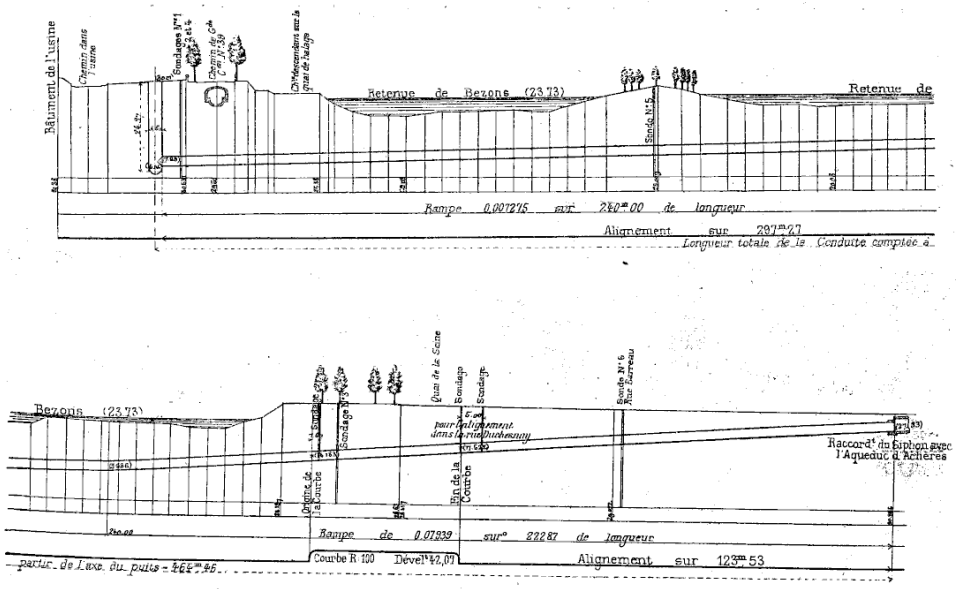


Fig. 18.

présente d'abord une partie presque horizontale établie sous les trois bras et les

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

deux îles de la Seine, puis une longue rampe par laquelle il regagne, sur l'autre rive, le niveau du sol. Il a été construit entièrement à l'*air comprimé*.

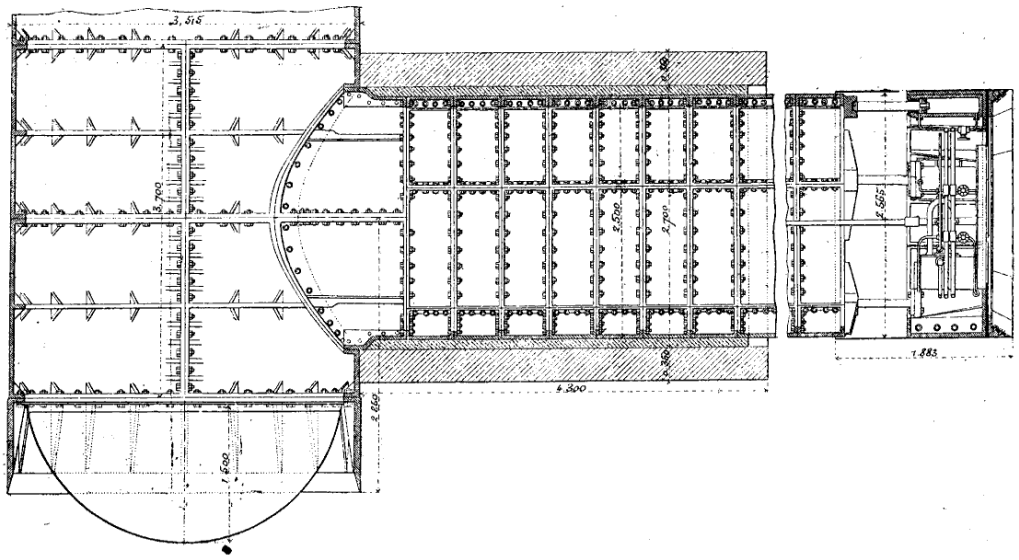


Fig. 19.

Le *bouclier*, du type Greathead, déjà employé sous la Tamise à Londres, modi-

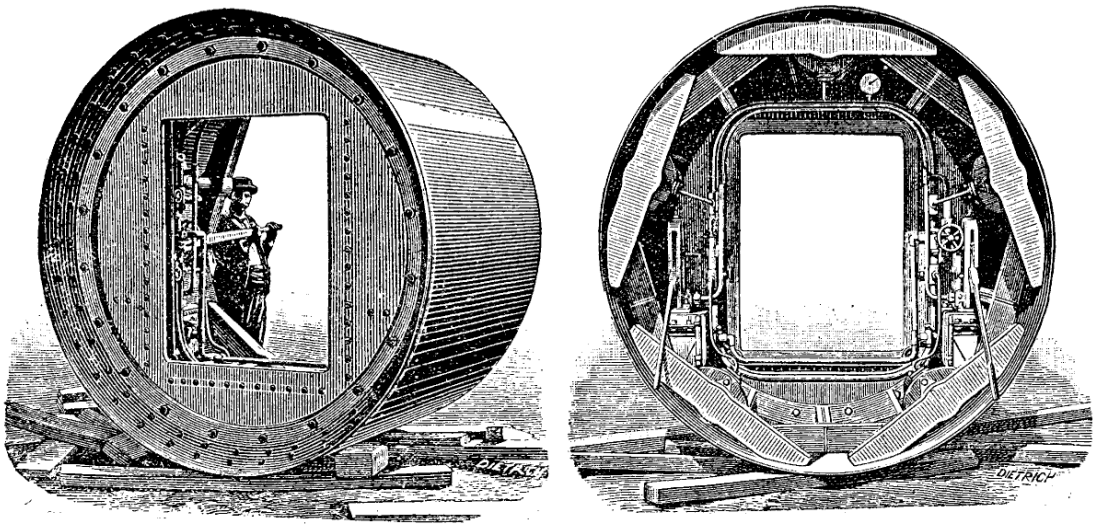


Fig. 20.

fication du type primitif de Brunel, consiste (fig. 19 et 20) en une sorte de chambre de travail soutenant le terrain pendant la fouille et progressant dans le sens lon-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

gitudinal sous l'action de puissants vérins hydrauliques qui prennent en arrière leurs points d'appui sur le revêtement métallique, constitué lui-même, au fur et à mesure de l'avancement, par la pose, à l'abri du bouclier, d'anneaux en fonte de 0m,50 de longueur et composés de plaques à serrures boulonnées entre elles et avec celles des anneaux contigus.

Le succès de ce beau travail, exécuté (fig. 21) avec une parfaite régularité et sans le moindre accident en 1893-94, a provoqué immédiatement d'autres applications de la méthode : un autre siphon, de moindre diamètre, a été établi en 1895-96, près du pont de la Concorde, pour le service des égouts de Paris, où il va former une nouvelle liaison entre les collecteurs des deux rives et doubler le siphon de l'Alma, devenu insuffisant ; un troisième vient d'être entrepris sous la rivière d'Oise, près de Maurecourt, pour constituer le passage de l'émissaire général en ce point.

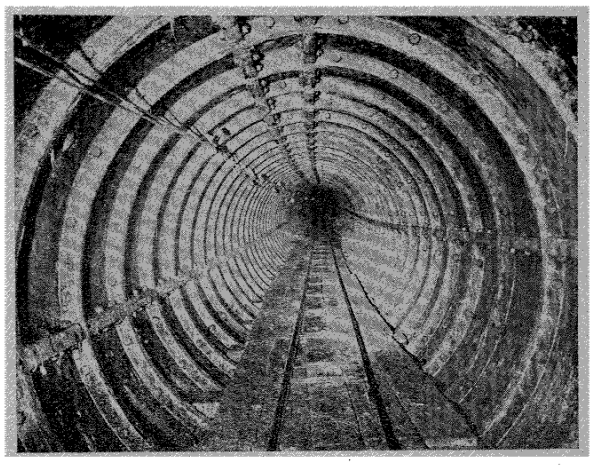


Fig. 21.

Le siphon de Clichy a été, en outre, le point de départ d'une *nouvelle méthode de percement des souterrains*, qui reçoit déjà en ce moment, et va recevoir encore très prochainement, de remarquables applications. Il a suffi, en effet, d'étendre par d'ingénieuses modifications l'emploi du bouclier à des sections plus grandes et de formes variées, de substituer au revêtement métallique trop coûteux une paroi en maçonnerie, de remplacer le travail à l'air comprimé, indispensable sous la Seine ou l'Oise, par le travail à l'air libre avec épuisement, acceptable dans des terrains moyennement aquifères, pour donner au procédé un caractère de souplesse et d'économie qui en a permis la généralisation immédiate.

Dès 1895-96, M. Chagnaud exécutait de la sorte, sur plus de 1 700 mètres de longueur, et sous une voie publique très fréquentée, parcourue par de lourds véhicules et par une ligne de tramways à vapeur, à une profondeur si faible que l'épaisseur maintenue au-dessus de la voûte s'est abaissée jusqu'à 0m,45 seulement, le *collecteur général de Clichy*, qui a pour objet de doubler les collecteurs de Belgrand, dont la section ne répond plus aux besoins actuels, et qui présente une ouverture intérieure de 6 mètres. En 1896, M. Fougerolle entreprenait la continuation de ce même ouvrage, sur 2 500 mètres de longueur, avec un outil-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

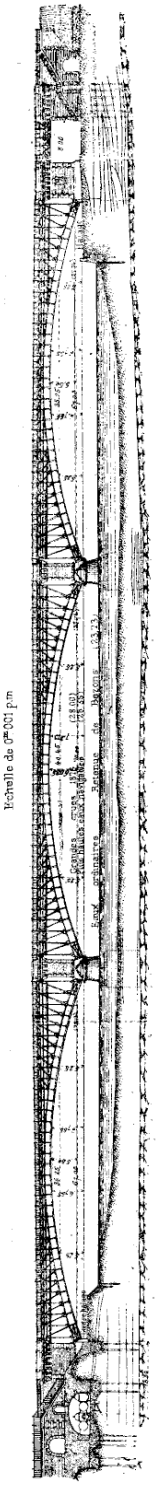


Fig. 22.

lage analogue. Et c'est d'après ces exemples, par la même méthode, que doivent s'exécuter les travaux souterrains auxquels donne lieu le transfert de la gare d'Orléans. C'est ce type même de souterrain qui a servi de base au projet du nouveau réseau de lignes métropolitaines en ce moment soumis à l'examen des pouvoirs publics.

Pont-aqueduc d'Argenteuil. — La seconde traversée de la Seine a été obtenue par la construction du *pont-aqueduc d'Argenteuil*, jeté (fig. 22-24) sur le fleuve à côté de l'usine de Colombes, immédiatement en amont de l'île Marante.

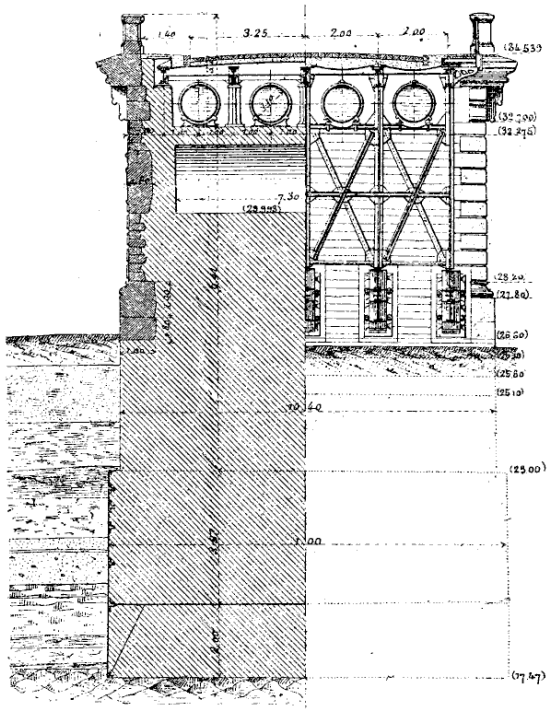


Fig. 23.

Ce pont, placé à égale distance des ponts-routes d'Argenteuil et de Bezons, fournira une communication nouvelle et très utile aux populations des deux rives : aussi a-t-il reçu les dispositions nécessaires pour servir au passage d'une voie publique, avec une chaussée de 6^{m},50 de largeur, bordée de trottoirs de 1^{m},50, en même temps qu'il devait servir de support aux quatre conduites où les machines de Colombes refoulent les eaux d'égout.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Il n'a pas moins de 250 mètres de longueur et comporte, sur le fleuve, trois travées en arc : une travée médiane de 70 mètres d'ouverture et deux travées latérales de 67 mètres, plus sur un chemin latéral (rive droite) une travée droite de 8 mètres d'ouverture.

Les piles et les culées en ont été fondées à l'air comprimé.

Chacune des travées métalliques est composée de cinq fermes ou poutres en acier, laissant entre elles quatre intervalles où sont venues se placer les conduites. Les arcs des grandes travées sont à double articulation aux naissances.

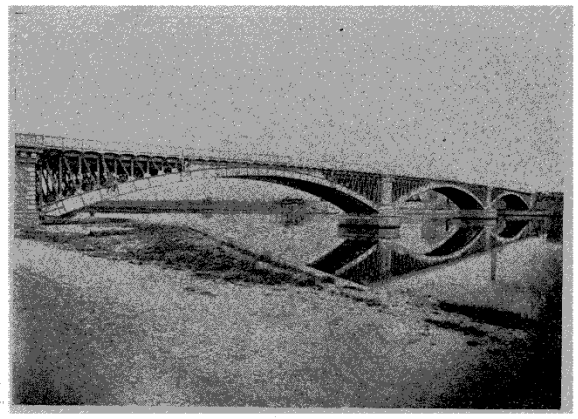


Fig. 24.

Siphon d'Herblay. — Le *siphon d'Herblay*, qui constitue la troisième traversée du fleuve, est du type employé par Belgrand au siphon de l'Alma. Il se compose, comme ce dernier, de deux conduites en tôle rivée de 1 mètre de diamètre intérieur. Ces deux conduites ont été d'ailleurs jumelées pour former un ensemble destiné à être descendu d'un seul coup au fond du lit, dans une rigole draguée d'avance pour les recevoir, et où on les a enveloppées ensuite de béton.

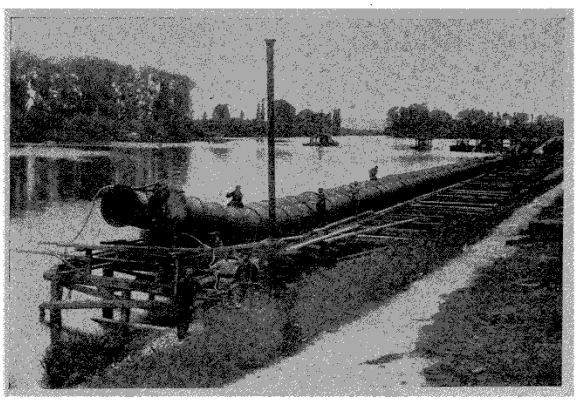


Fig. 25.

Trois jours seulement, dont un dimanche, avaient été accordés par le service de la navigation pour cette opération délicate, durant laquelle le fleuve devait être barré sur toute sa largeur; et, grâce aux dispositions prises, ce délai a pu être rigoureusement respecté. A cet effet, le siphon a été (fig. 25) monté sur la rive droite à quelque distance en amont, et sur un plancher mobile à charnière qu'on a simplement fait basculer pour effectuer le lancement. Le siphon a été alors amené

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

flottant jusqu'aux palées provisoires en charpente, destinées à le retenir en travers du courant, à l'emplacement même où il devait être coulé; puis, au moyen d'une surcharge de rails régulièrement répartie sur la longueur, parfaitement guidé par des cadres montés sur les palées, il a été amené lentement jusqu'au fond de la rigole, sur des tasseaux en béton préparés pour lui servir de point d'appui. Deux vues photographiques (fig. 25 et 26) donnent une idée exacte du chantier de construction sur la rive et du dispositif pour la descente.

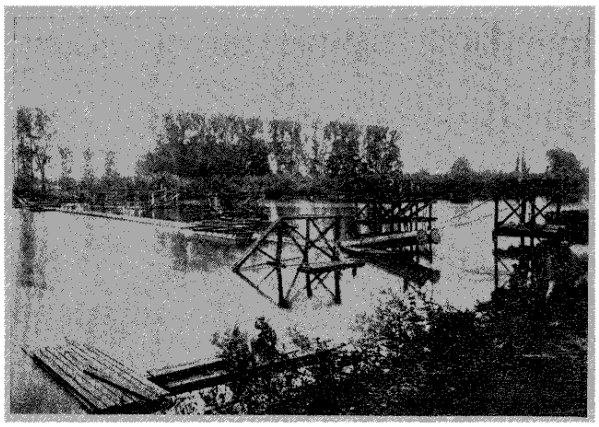


Fig. 26.

***

L'aqueduc, proprement dit, presque entièrement en tranchée ou en souterrain, n'apparaît guère au-dessus du sol qu'à la traversée du ravin de la Frette.

L'ouvrage jeté au-dessus de ce ravin a été traité (fig. 27) avec une certaine élégance et constitue à peu près le seul luxe qu'on se soit permis dans tout l'ensemble de l'opération.

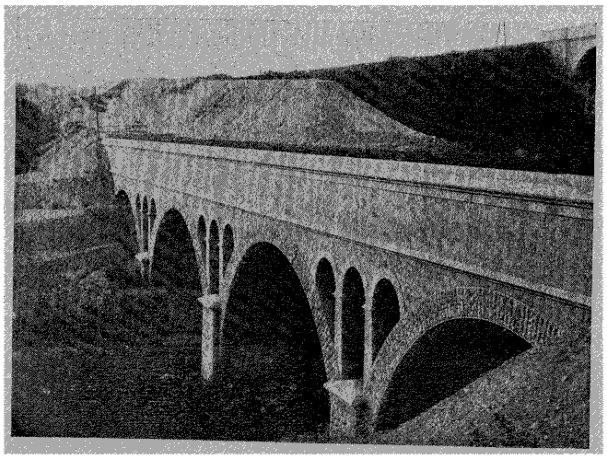


Fig. 27.

Il se compose de quatre *arcades*, entièrement en maçonnerie de moellons, avec parements soignés en pierre de Souppes, qui supportent, par l'intermédiaire de tympans élégis, la cunette de l'aqueduc, rendue parfaitement étanche par un revêtement intérieur spécial, et dont la voûte est recouverte d'une couche de terre gazonnée.

***

Les divers travaux *en ciment armé* ont mis en relief les propriétés intéressantes de ce nouveau mode de construction, dont l'utilisation, sur une échelle

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

aussi considérable et dans des conditions aussi variées, n'avait pas été tentée encore.

On s'en est servi d'abord pour l'établissement de la galerie elliptique de 2 500 mètres de longueur et de 5m,16 d'ouverture (fig. 28), où sont logées les deux conduites de 1m,80 de diamètre, qui, du pont-aqueduc d'Argenteuil, vont gagner le point haut à l'origine de la seconde partie de l'aqueduc principal en maçonnerie, puis aussi (fig. 29) pour une portion de cet aqueduc qui se trouvait en léger relief sur une longueur de 560 mètres. Dans le premier cas, la paroi se compose d'un treillis métallique à mailles

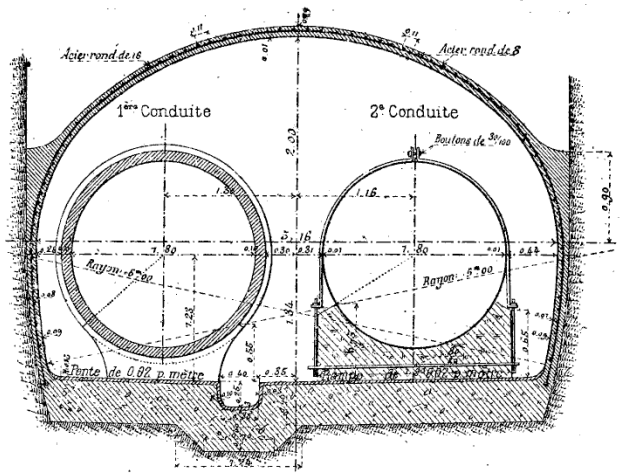


Fig. 28.

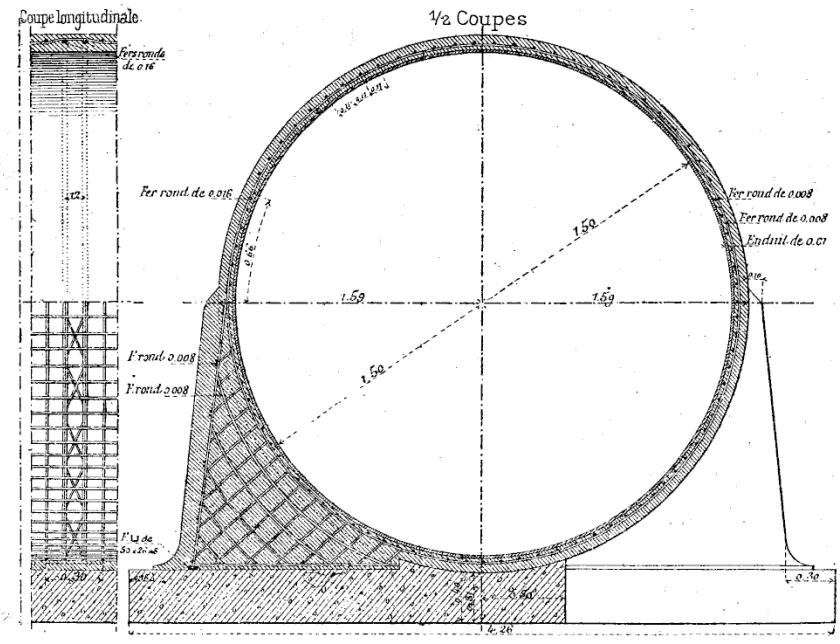


Fig. 29.

carrées de 0m,11 de côté, résultant du croisement de directrices et de géné-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ratrices formées par des barres d'acier rond de 0m,016 et 0m,008 de diamètre, avec attaches en fil de fer recuit de deux en deux mailles, le tout noyé dans une couche de mortier de ciment de 0m,08 d'épaisseur. Dans le second cas, toutes les barres du treillis ont reçu 0m,008 de diamètre et l'épaisseur de la couche de mortier a été portée à 0m,09, enduit compris. L'entrepreneur, M. Edmond Coignet, a constitué de la sorte des ouvrages remarquablement légers, relativement économiques, et qui présentent des garanties de résistance exceptionnelles. La construction s'est faite dans la tranchée même et d'une manière continue sans joints ni reprises : deux vues photographiques de la galerie (fig. 30 et 31) pendant l'exécution du travail, prises l'une à l'extérieur, l'autre à l'intérieur, donnent une idée assez exacte de l'organisation du chantier.

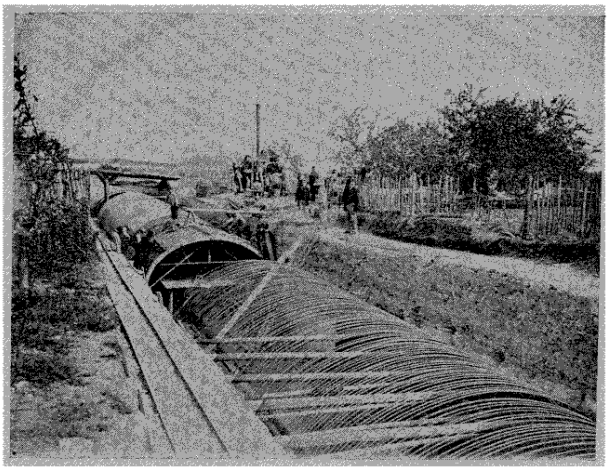


Fig. 30.

L'une des deux conduites de refoulement de 1m,80 de de diamètre, que renferme la galerie de 5m,16, a été aussi exécutée en ciment armé sur plus de la moitié de sa longueur, bien qu'elle dût supporter dans le parcours correspondant des pressions intérieures atteignant jusqu'à 22 mètres d'eau. L'ossature de cette conduite, du système Bonna, est composée (fig. 32) de directrices circulaires et de génératrices formées de barres d'acier en croix de sections constantes (0m,040 et 0m,020 de hauteur) mais dont les espacements varient avec les pressions ; en outre, pour les pressions supérieures à 13m,60, il y a été ajouté une chemise intérieure en tôle d'acier rivée de 0m,0035 à 0m,0045

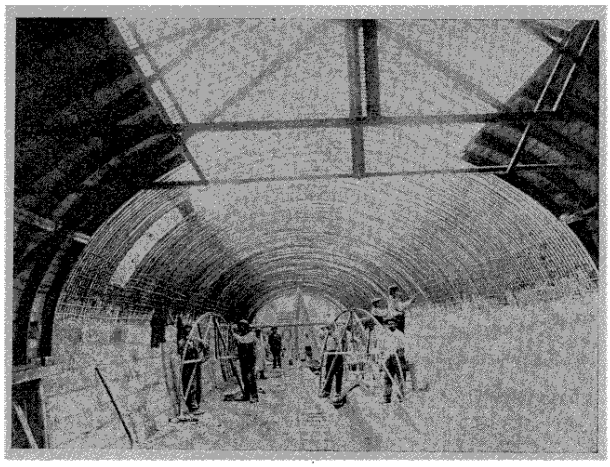


Fig. 31.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

d'épaisseur. La conduite est d'ailleurs constituée par des tuyaux de 2m,50 de longueur, fabriqués d'avance et reliés entre eux par des joints à bagues. La confection de ces tuyaux a donné lieu à une curieuse installation de chantier, dont nos deux vues photographiques fournissent (fig. 33 et 34) une idée assez exacte, et où un ate-

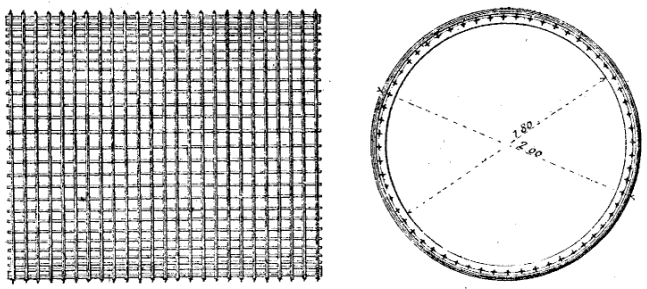


Fig. 32.

lier mobile monté sur un chariot roulant jouait le principal rôle : on y préparait le coulis de mortier destiné au moulage successif de chaque tuyau, et qui était déversé dans le vide ménagé entre le noyau intérieur et les coquilles extérieures d'un moule métallique vertical, dans lequel on avait préalablement disposé l'ossature; après démoulage, les tuyaux durcissaient sur place durant quelques jours, puis ils étaient descendus dans la galerie au moyen d'un truc roulant, sur lequel on les chargeait par l'intermédiaire d'une grue; il ne reste plus qu'à les placer sur leurs supports en maçonnerie et à exécuter les joints.

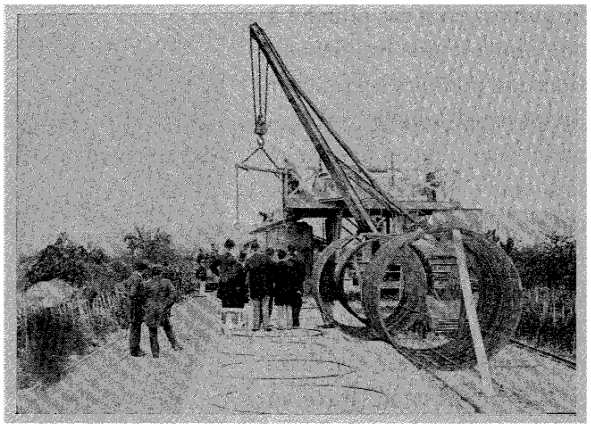


Fig. 33.

Enfin, toute la canalisation destinée à distribuer les eaux d'égout dans le parc agricole d'Achères, sous une pression pouvant atteindre 40 mètres, et qui a un développement d'environ 35 kilomètres, a été également constituée par des tuyaux en ciment armé du système Bonna, avec chemise intérieure en tôle mince plombée et double treillis en barres d'acier à section en forme de croix, fabriqués d'avance par moulage vertical au moyen d'ateliers mobiles sur voies ferrées en tout semblables aux précé-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dents : ces tuyaux ont été assemblés dans les tranchées et reliés entre eux par deux joints superposés, le premier en amiante s'appliquant sur la tôle plombée, le second à bague en ossature métallique et ciment recouvrant le premier et fixé par un coulis de ciment.

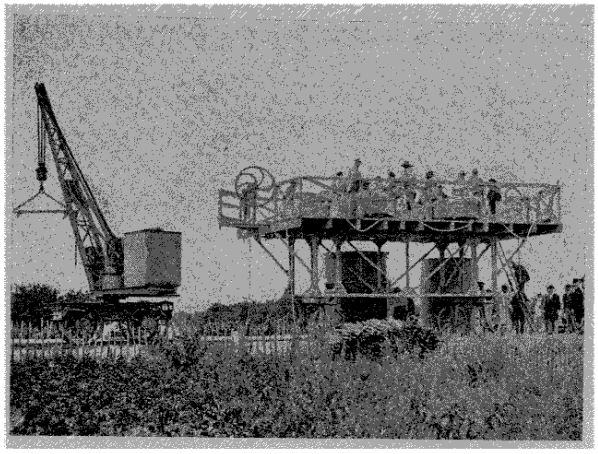


Fig. 34.

*
* *

L'organisation de l'irrigation à l'eau d'égout et des cultures sur une étendue de 1 000 hectares d'un seul tenant a motivé des travaux variés qui méritent aussi une mention rapide.

A l'instigation de M. le préfet Poubelle, à qui est due la dénomination de *parc agricole*, et qui a marqué par là son très vif désir de donner à l'ensemble un aspect agréable, contrastant nettement avec les idées préconçues et les préventions injustes répandues dans le public, on s'est attaché à combiner toutes les dispositions, de manière à y réaliser l'apparence d'une promenade. A cet effet on a ménagé lors des défrichements un rideau d'arbres pour masquer le mur séparatif de la forêt de Saint-Germain ; un jardin anglais, avec pelouses, bouquets d'arbres, massifs de fleurs, a été tracé au voisinage du siphon d'Herblay, c'est-à-dire vers le point où l'accès est le plus commode et où se présenteront le plus souvent les visiteurs ; non loin de là, un jardin-modèle, une pépinière, un verger, fournissent des spécimens des cultures les plus variées ; tous les chemins mis en excellent état de viabilité sont bordés d'arbres fruitiers ; enfin les drains, établis de distance en distance, sont constitués par des fossés profonds

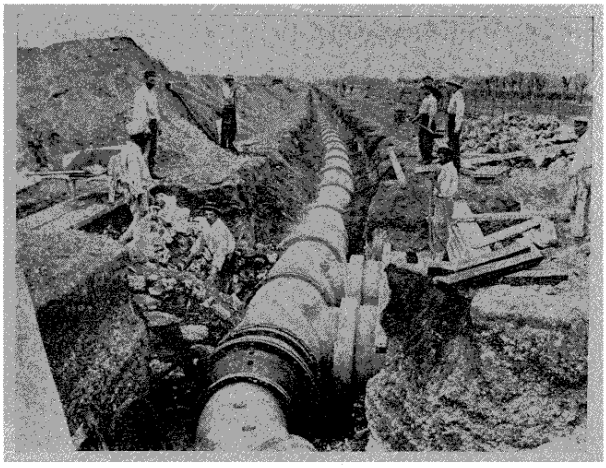


Fig. 35.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

affectant l'aspect de rivières anglaises, avec des lacs, des îles, des rocailles, des plantations diverses, et font bien ressortir l'admirable limpidité de l'eau épurée.

Le réseau des canalisations a été (fig. 36) divisé en quatre *secteurs*, pouvant être

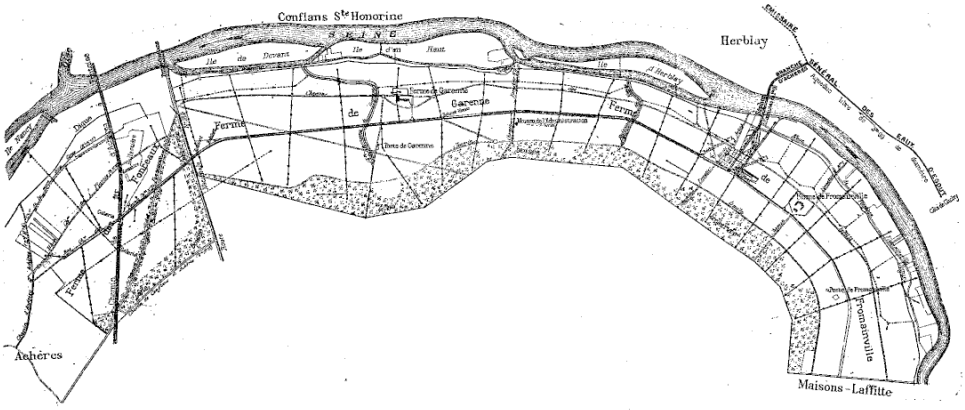


Fig. 36.

irrigués isolément, de manière à se prêter à toutes les combinaisons dont la nécessité de l'intermittence déterminera l'adoption dans la pratique. Dans chaque secteur le réseau se compose d'une conduite maîtresse longitudinale (fig. 35), sur laquelle se branchent de part et d'autre les conduites secondaires transversales, espacées d'environ 400 mètres.

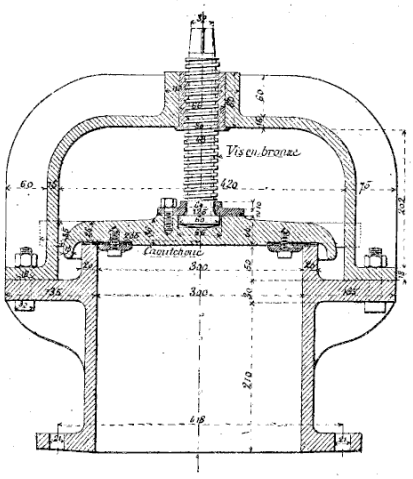


Fig. 37.

C'est sur ces dernières conduites que sont placées, à des intervalles de 75 mètres environ, les *bouches de distribution*, fermées (fig. 37) par des clapets à vis qu'on manœuvre à la main, et disposées au centre de petites cuvettes en maçonnerie, d'où l'eau est dirigée par des orifices munis de vannettes vers les rigoles en terre, qui réalisent, sur toute la surface du domaine, l'*irrigation par infiltration*, imbibant la couche arable et les racines des plantes sans mettre l'eau en contact avec les tiges et les feuilles. Un certain nombre de ces bouches présentent une disposition différente; maintenues (fig. 38) sur leurs sièges par des contrepoids convenablement réglés, elles s'ouvrent automatiquement en cas de surpression et constituent ainsi une sorte de soupape de sûreté.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Quelques conduits ou tuyaux à joints ouverts complètent le *drainage*, en amenant jusqu'aux rivières anglaises mentionnées plus haut, une partie des eaux de la nappe souterraine; d'autres conduits, commandés par des vannes mobiles, mettent ces rivières en communication avec la Seine. De la sorte, se trouve assuré l'écoulement des eaux épurées, qui, après avoir traversé le sol et y avoir subi le filtrage et la nitrification, après s'y être débarrassées des matières nuisibles, tendraient à grossir la nappe et à en relever le niveau, si des facilités plus grandes ne lui étaient offertes pour le passage des eaux surabondantes à travers le bourrelet limoneux et peu perméable qui constitue la rive du fleuve.

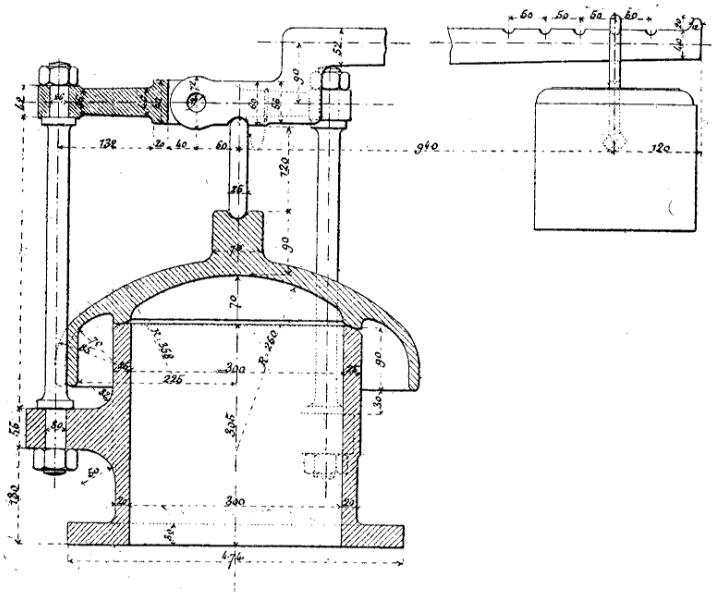


Fig. 38.

Sur l'un des accotements de la route centrale, qui traverse le parc d'une extrémité à l'autre, entre deux lignes d'arbres, se trouve installée la voie ferrée de $0^m,60$, qui est destinée tout d'abord aux transports agricoles, et qui, se reliant à la gare d'Achères (ligne de Paris au Havre), pourra aussi, quand on le voudra, se prêter au transport des visiteurs quelle qu'en soit l'affluence.

Les terres sont exploitées par fermage et ont donné, dès le début, des résultats satisfaisants pour la culture comme pour l'épuration. Au lieu des plantes maraîchères qui ont si bien réussi à Gennevilliers, c'est à la grande culture qu'il a fallu s'adresser pour Achères : les prairies artificielles, la betterave y dominent.

La Commission de contrôle, instituée par la loi du 4 avril 1889, et dont la composition garantit la haute impartialité, n'a pas manqué de rendre justice aux efforts du service municipal : ses rapports, publiés semestriellement au *Journal*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

officiel, constatent qu'il s'est scrupuleusement conformé à toutes les conditions que la loi lui avait imposées pour la sauvegarde de la santé publique.

***

Tout cela témoigne pour le moins de la bonne volonté apportée par la ville de Paris à la réalisation complète et définitive de l'œuvre de salubrité qu'elle a spontanément entreprise il y a quarante ans, et opiniâtrément poursuivie à travers toutes les difficultés et tous les obstacles, de son désir de faire grand et de faire bien, d'arriver par les moyens les plus perfectionnés au résultat le plus satisfaisant.

Ses représentants pourront montrer avec une légitime fierté à nos hôtes de 1900, après tant d'efforts et de sacrifices, les champs d'épuration en plein fonctionnement et la Seine assainie.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS CHIMIQUES

COMPTE RENDU DES PROGRÈS RÉALISÉS DANS L'INDUSTRIE DES HUILES ESSENTIELLES ET DES PARFUMS, PAR **M. A. Haller,** *correspondant de l'Institut.*

Depuis la publication, dans le 2e supplément du Dictionnaire de Wurtz, de l'article *essence*, fait en collaboration avec M. A. Held, et de notre dernière revue (1), les huiles essentielles et les parfums, en général, ont été l'objet d'études diverses, tant au point de vue technique qu'au point de vue purement scientifique. Négligée pendant longtemps, bien que plusieurs de nos savants s'en occupent activement et avec succès depuis de longues années, cette branche du savoir est presque devenue une question d'actualité. C'est qu'elle intéresse au plus haut point une partie de notre Industrie nationale. Aussi est-ce à ce titre que nous croyons devoir donner un aperçu succinct des différents exposés auxquels elle a donné lieu.

Sous la rubrique : *l'Examen chimique et l'estimation des huiles essentielles.* MM. J. Dupont et Charabot ont publié, dans l'Agenda du chimiste de 1897, les principales méthodes, en usage dans la technique, pour doser les constituants principaux des essences. Comme nous l'avons fait dans notre dernière Revue, les auteurs appellent l'attention des producteurs d'essences, sur le rôle que la chimie joue dans l'Industrie des parfums et sur la nécessité qui s'impose de tenir compte des indications que fournit la science. « Il est temps que les distillateurs du Midi de la France s'inspirent des méthodes que leur apporte la chimie, s'ils ne veulent pas voir diminuer la suprématie due à son heureuse situation géographique. L'analyse chimique des huiles essentielles a donné des résultats que l'expérience a trouvé être en parfaite concordance avec ceux de l'examen olfactif. Ils sont plus certains, n'étant pas soumis aux variations de sensibilité d'un organe délicat ; c'est en faisant marcher de pair les deux méthodes que le distillateur et le parfumeur pourront se renseigner sur la valeur de leurs produits, et chercher, avec chance de succès, les moyens de les améliorer. » . . . . .

. . . . . .

Après cette introduction, les auteurs, dans le but d'apporter quelque méthode dans leur travail, essaient de donner une classification des essences, en faisant

(1) *Bulletin de la Société d'Encouragement*, nos de janvier et de mars 1897. 3e série, t. II, p. 14 et 256.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

entrer dans le même groupe celles dont le constituant intéressant appartient à la même fonction chimique. Ils voient, dans cette façon de procéder, l'avantage que les mêmes considérations analytiques s'appliquent à toutes les essences d'un même groupe. Cette tentative est sans doute louable, nous l'avons faite nous-même, il y a environ 20 ans, à l'occasion de leçons faites à l'École supérieure de Pharmacie de Nancy, mais y avons bientôt renoncé. Lorsqu'il s'agit d'essences comme celles de cannelle, d'amandes amères, de menthe, de géranium, etc., il n'y a pas de difficultés à se conformer aux règles qui président au classement proposé. Il n'en est plus de même quand on a affaire à des huiles essentielles qui renferment à la fois des alcools, des éthers, des aldéhydes et même des phénols. A quel principe donnera-t-on la prédominance dans ces conditions?

Quoi qu'il en soit de cette légère critique, le mode de groupement mérite d'être signalé.

Les auteurs envisagent environ 90 essences, qu'ils divisent en 9 groupes d'après la fonction chimique de ce qu'ils considèrent l'élément dominant :

Le premier groupe comprend les essences contenant des alcools terpéniques et leurs éthers.

Le deuxième groupe comprend les essences contenant des aldéhydes.

Le troisième groupe comprend les essences contenant des cétones.

Le quatrième groupe comprend les essences contenant des phénols et des dérivés phénoliques.

Le cinquième groupe comprend les essences contenant du cinéol (eucalyptol) et du camphre.

Le sixième groupe comprend les essences contenant des terpènes et des sesquiterpènes.

Le septième groupe comprend les essences contenant des éthers d'alcools de la série grasse.

Le huitième groupe comprend les essences contenant des composés sulfurés.

Le neuvième groupe comprend les essences contenant des corps de constitution inconnue.

Après avoir donné cet essai de classification, les auteurs exposent très succinctement, mais d'une façon très précise, les différentes méthodes préconisées pour reconnaître la pureté des essences et pour doser les éléments constituants lui donnant de la valeur.

Ces méthodes ayant été exposées par nous dans notre dernière revue, nous y renvoyons le lecteur.

Dans une conférence faite à l'Association française pour l'avancement des sciences, M. Jacques Passy (1) traite de l'*Industrie des parfums* et en par-

(1) *Revue scientifique*, 1897 [4], t. VII, p. 567 et p. 613.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ticulier des matières premières qui servent aux parfumeurs proprement dits.

La première partie de cet intéressant travail est consacrée aux parfums naturels, en particulier à ceux qui proviennent des plantes aromatiques. L'auteur passe en revue les différents procédés qui nous servent à saisir, à isoler l'arome que dégagent les divers organes de la plante : distillation, macération, enfleurage, etc. Il indique, en passant, un moyen fort élégant de soustraire aux fleurs leur bouquet, sans passer par les opérations quelque peu brutales de la distillation. Ce procédé, très simple, consiste à tremper les fleurs dans de l'eau, pendant un temps plus ou moins long, et d'épuiser ensuite le liquide avec de l'éther ou avec tout autre véhicule.

Dans la seconde partie de sa conférence, M. Passy s'attache surtout aux parfums artificiels, à ceux qui sont obtenus par voie chimique, qu'ils soient une reproduction de produits naturels (vanilline, héliotropine, etc.) ou qu'ils soient de véritables créations du laboratoire (ionone, musc artificiel, etc.). Il termine enfin son exposé, en passant en revue les travaux qui ont été faits sur les principes constituants des essences, et insiste sur les difficultés qui restent à résoudre quant aux essences complexes.

Très élégant de forme et de pensée, ce travail donne une image résumée et fidèle de cette grande Industrie nationale des parfums.

L'esprit dans lequel est faite la remarquable étude de M. J. Rouché est à peu près le même (1). On y trouve cependant plus de détails techniques et, dans son ensemble, le travail a plus d'envergure, l'auteur n'étant pas limité par le programme forcément restreint de la conférence. Le texte est en outre rendu plus attrayant par une série de figures fort bien rendues.

M. J. Rouché a divisé son travail en trois parties : Après avoir fait un court historique sur l'origine de la parfumerie en France, l'auteur donne une description détaillée de toutes les opérations auxquelles donne lieu la fabrication des matières premières de la parfumerie : cueillette et triage des fleurs, pulvérisation, infusion et expression (fabrication de l'essence de bergamote), distillation en plein air ou dans des usines ; distillation à la vapeur, dans le vide, etc., macération, enfleurage, procédé pneumatique Piver pour charger la graisse du parfum tout en évitant le contact direct du corps gras avec la matière odoriférante, dissolution, etc. Cette première partie se termine par une critique fort judicieuse de tous les procédés.

Dans la seconde partie, l'auteur passe en revue les principaux parfums, à composition définie, obtenus par synthèse ou extraits de produits naturels. Nous n'insisterons pas sur ce chapitre, la question ayant été traitée par nous-même dans notre dernière revue.

(1) *Revue générale des sciences pures et appliquées*, 1897, t. VIII, p. 571, 624 et 653.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La dernière partie du travail de M. Rouché a trait à la mise en œuvre des produits d'extraction et des produits artificiels [préparation des savons de toilette, de pommades, de cosmétiques, de poudres, etc.], au commerce des matières premières naturelles (importations, exportations) avec de nombreux graphiques et diagrammes, et elle se termine par deux chapitres intitulés « conditions économiques de l'Industrie des parfums » et « sur le rôle de la science dans l'Industrie des Parfums ».

Dans le premier de ces chapitres, l'auteur se montre à juste titre préoccupé de l'avenir de l'Industrie française des parfums, et constate avec regret la diminution de nos exportations. Il attribue la crise qui sévit sur elle aux droits exorbitants dont sont frappées les préparations françaises à leur entrée dans les différents pays, et cherche des remèdes à cet état de choses. Il ne nous appartient pas de les apprécier dans cette revue d'un ordre purement scientifique, mais il nous semble cependant, qu'à l'instar de ce que font les fabricants allemands et anglais, la seule et unique solution qui se présente à l'esprit, c'est de fonder des usines et des dépôts à l'étranger. La maison Schimmel et C^ie^ de Leipzig ne possède-t-elle pas deux succursales dont l'une est à New-York et l'autre à Prague? N'avons-nous pas, en France même, *sept ou huit succursales de fabriques de matières colorantes artificielles* dont les maisons mères sont en Allemagne et en Suisse? La finesse, la suavité des produits de fabrication française, la réputation et le bon renom dont jouissent nos Industriels, sont autant de garanties du succès de pareilles entreprises.

Quant au rôle que la science joue dans l'industrie des parfums, tout en reconnaissant les services qu'elle a rendus, c'est avec regret que M. Rouché voit s'immiscer la chimie dans cette Industrie. Nous comprenons ce sentiment; cette intrusion de la science dans la parfumerie trouble la quiétude de nos industriels, assurés qu'ils étaient, depuis de longues années, d'un véritable monopole.

Nous le répétons, nous nous plaisons à reconnaître, nous proclamons même hautement la supériorité incontestable des parfums d'origine française, mais nous ne pouvons nous empêcher de douter, qu'au nom d'une esthétique organoleptique, nos producteurs réussissent à enrayer l'évolution de la science, à paralyser la concurrence qui s'appuie sur elle, et à retenir une certaine clientèle qui se contente de produits d'une finesse relative, quand leur prix s'écarte notablement de leurs similaires de qualité supérieure.

Pour des raisons d'esthétique locale, et en guise de protestation contre l'envahissement des plus beaux paysages par des cheminées d'usines, de perspective peu agréable, un Ruskin peut, en prêchant l'emploi unique de forces naturelles, et en exaltant des produits qui, par leur imperfection même et leur cherté, témoignent des efforts personnels de l'ouvrier, arrêter momentanément le cours du progrès industriel dans un petit coin de région et créer un engouement en

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

faveur du *Langdale linen* et du drap de *Saint-George's Guild*. Mais ce retour aux mœurs primitives, cette mode dureront ce que durent les modes en général ; la science n'en évoluera pas moins et finira par entraîner, dans sa marche lente et progressive, même cet heureux pays voué pendant quelque temps aux joies pures et saines de la vie patriarcale.

Pour nous résumer, au lieu de considérer le chimiste « comme un aide superflu », que nos producteurs se l'associent, qu'avec sa collaboration ils épient les découvertes qui peuvent féconder leur domaine, qu'ils les suscitent même et l'industrie de la parfumerie, dans ce qu'elle a de plus fin, de plus suave et de plus délicat pourra rester *française*, tout en prospérant.

Le distingué directeur de la *Revue des sciences*, M. L. Olivier, n'a pu s'empêcher, lui aussi, de faire suivre le beau travail de M. Rouché, de remarques conçues dans le même esprit que celles formulées par nous. « Il est bien naturel que la parfumerie françoise, dotée par la nature d'une sorte de monopole, craigne de s'en voir dépouiller du fait même des progrès de la chimie. Mais cette évolution est, si je ne me trompe, une loi de l'humanité. A mesure qu'elle pénètre dans la société, la science, chose internationale, tend à détruire au profit de la multitude, des privilèges de quelques-uns ; c'est à la foule des consommateurs que s'étendent ses bienfaits ; grâce à elle, un plus grand nombre d'êtres humains sont admis à la jouissance ; elle abaisse de plus en plus les prix de vente.

Qu'on s'en réjouisse ou qu'on s'en afflige, c'est là la loi. Dès lors, faut-il, en vue de retarder la fin d'un privilège, tourner le dos à cette science en qui nos concurrents étrangers voient leur salut et qui leur permettra de se passer de nos produits ? Pour ne pas suivre une évolution inéluctable, la Parfumerie française irait au-devant d'une révolution qui lui serait fatale. Au lieu de laisser Allemands, Anglais, Américains, créer des produits artificiels, de médiocre valeur peut-être, mais de grand débit, et prendre ainsi, au détriment de la France, possession du marché international, ne vaut-il pas mieux se mettre à la tête du progrès, le diriger et s'assurer, indépendamment des débouchés actuels, l'acquisition de débouchés nouveaux ?

Un laboratoire de chimie et de bons chimistes représente sans conteste, une sérieuse dépense, d'autant plus lourde à supporter que la recherche scientifique risque toujours de n'être pas immédiatement féconde. Mais, en industrie, il y a des sacrifices nécessaires : il faut savoir préparer l'avenir. Si la parfumerie française veut avoir la vie trop bonne, elle s'expose presque sûrement à l'avoir courte. »

Si l'intervention de la science dans l'industrie des parfums paraît, dans une certaine mesure, intempestive à M. Rouché, M. Charabot (1), licencié ès sciences,

(1) *Les Actualités chimiques*, t. II, p. 282, 1897.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ancien chimiste de la maison Chiris à Grasse, l'appelle de tous ses vœux au secours de cette industrie. « Jusqu'à ces dernières années, écrit l'auteur, l'évaluation des huiles essentielles reposait uniquement sur leur examen organoleptique. On conçoit aisément l'aléa que comportait une semblable méthode basée sur les appréciations personnelles souvent les plus discordantes. Aussi, la fraude, impunément pratiquée, rendait-elle inquiétant l'avenir de l'industrie dont le sud-est de la France doit le monopole à un climat exceptionnel. Seule, la chimie pouvait donner les moyens de prévenir les effets désastreux de la sophistication. Et cependant, les méthodes scientifiques qui semblaient répondre aux desiderata de notre industrie en venant remplacer les essais trompeurs maintenus en honneur par la routine, ont été froidement accueillies.

La valeur d'un grand nombre d'essences dépendant de la proportion d'un ou de deux éléments qu'elles renferment, il était tout indiqué de baser l'évaluation de ces produits sur le dosage de leurs constituants principaux en tenant compte, cependant, de la finesse, de la suavité du parfum, facteur qu'il faudrait bien se garder de négliger, mais auquel, en raison des variations de sensibilité de notre organe olfactif, il serait dangereux de donner une importance exagérée... »

Après ce préambule, l'auteur entre dans le cœur du sujet et traite des alcools terpéniques et de leur rôle dans les huiles essentielles. Ce sujet ayant été développé dans notre dernière revue, nous nous bornons à citer l'intéressant exposé de M. Charabot. Nous y reviendrons d'ailleurs, plus loin, à propos d'observations personnelles faites par l'auteur sur les essences de lavande.

Enfin, au moment de mettre la dernière main à ce travail, nous recevons un mémoire de M. Gerber intitulé : *Récentes études sur les essences et parfums naturels et artificiels* (1). Ce savant joint sa note aux doléances que nous avons énumérées. Comme nous l'avons déjà exposé nous-même, pour M. Gerber, l'industrie naissante des parfums suit la même évolution que celle des matières colorantes artificielles. Non seulement la chimie s'efforcera de reproduire synthétiquement les parfums naturels, mais elle en créera encore de toutes pièces, et parmi ces derniers, il y aura, comme pour les colorants artificiels, beaucoup d'appelés et peu d'élus. « L'extension des goûts de luxe, dans toutes les *classes de la société*, oblige à fabriquer à bon marché, et bientôt le parfumeur ne pourra pas plus se passer des parfums artificiels que le teinturier ne peut se dispenser des couleurs artificielles.

(1) Dans notre dernière revue nous écrivions : « 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! » Depuis que ces lignes ont été écrites, la question a fait un pas de plus et la lutte est définitivement engagée entre l'indigo artificiel et le produit naturel. La *Badische Amilin und Soda Fabrik* fournit de l'indigotine synthétique pure ou en pâte qui, à prix égal, donne en teinture des résultats aussi bons sinon plus avantageux que le produit naturel.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les progrès de cette nouvelle branche de l'industrie chimique doivent être suivis de près, aussi bien par le parfumeur qui emploie les essences que par le distillateur qui les obtient ou le fabricant d'extraits parfumés, dont les produits peuvent d'un moment à l'autre être supplantés par des substituts plus ou moins heureux. »

En résumé, à part M. Rouché qui ne montre guère de tendresse pour la chimie et ses représentants, tout en reconnaissant les services qu'ils ont rendus à la parfumerie, tous les auteurs qui, dans le courant de cette année, se sont occupés de la question parfum, associent leurs avertissements aux nôtres et montrent à nos industriels la voie dans laquelle ils doivent s'engager, s'ils ne veulent pas être dépossédés de leur monopole.

On pourrait, non sans quelque raison, nous objecter que, chimistes eux-mêmes, les auteurs cités sont, dans la circonstance, un peu orfèvres et qu'ils défendent leur sainte. Cette observation serait sans doute fondée, si l'exemple des matières colorantes ne venait pas à l'appui de la thèse que nous développons, et si d'autre part certaines maisons étrangères, par une heureuse conception de la science et par une entente remarquable des affaires n'étaient pas arrivées à acquérir une notoriété pour ainsi dire universelle.

Dans un voyage d'étude que nous avons fait cette année en Allemagne, nous avons eu l'occasion de visiter l'exposition régionale de Leipzig, où la section des produits chimiques et en particulier le compartiment des essences et des parfums, ont attiré notre attention. Sur environ 19 fabriques d'essences qui existent en Saxe et en Thuringe (1), six ont été représentées à l'exposition. Plusieurs d'entre elles ont montré des produits remarquables par leur beauté et leur pureté.

Tous les parfums, soit naturels, soit artificiels, ont figuré dans les vitrines dont quelques-unes étaient aménagées avec autant de goût que de simplicité.

Il nous a également été donné de visiter l'établissement Schimmel et Cie dont les possesseurs actuels MM. Fritsche frères nous ont fait les honneurs avec beaucoup de bonne grâce. A Miltiz, situé dans les environs de Leipzig, nous avons même assisté à la cueillette des roses ainsi qu'à leur distillation dans les vastes appareils que M. Rouché a reproduits dans son article. Nous ne pouvons donc que confirmer ce que nous avons dit, dans notre dernière revue, sur l'organisation bien entendue de cette importante maison et sur l'esprit scientifique qui y règne.

Notre compte rendu comprendra cette année, outre les progrès réalisés dans l'industrie des huiles essentielles et des parfums, une reproduction des tableaux

(1) On sait d'ailleurs que la Saxe et la Thuringe sont des centres de production d'un grand nombre d'essences à parfum et d'essences médicinales. Voir, à ce sujet, un mémoire de M. Trchirsch, *Arch. der Pharm.*, où l'auteur fait l'énumération des plantes médicinales et à essences, cultivées dans la région.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

que la maison Schimmel a publiés, dans son *Bulletin* français du mois d'octobre 1896, et dans les éditions allemande et anglaise du mois d'avril dernier. Dès l'année 1896, MM. Fritsche nous ont gracieusement autorisé à faire cette reproduction, mais sachant qu'ils devaient reviser les tableaux pour le numéro suivant de leur recueil, nous avons remis la publication de façon à présenter une liste aussi complète que possible de ces produits. Nous y avons même ajouté les essences qui ont été l'objet de recherches récentes, et avons, en outre, mis en regard des noms français, les noms allemands et anglais correspondants (1).

Comme la précédente (2), cette revue a pour objet de compléter et de rectifier s'il y a lieu, l'article *essence* que nous avons publié avec M. Held dans le supplément du Dictionnaire de Wurtz dont il a été question au commencement de ce travail. Elle ne comporte par conséquent que les faits nouveaux qui ont paru dans les différents recueils scientifiques et dans les bulletins de Schimmel depuis un an.

Essence d'écorces d'angusture. — Cette essence a déjà fait l'objet d'une étude de la part de MM. Beckurts et P. Nehring qui ont trouvé dans les portions distillant vers 20°, sous 40 millimètres de pression, un composé auquel ils attribuèrent la formule $C^{12}H^{18}$. Dans le liquide qui distille à 230-240° ils ont même constaté la présence d'un produit cristallin (3).

MM. Beckurts et J. Troeger (4) ont examiné l'essence retirée des écorces de *Cusparia trifoliata* (rutacies) qui croît en Colombie. Cette huile se présente sous la forme d'un liquide jaunâtre, d'une odeur et d'une saveur aromatiques et dont la densité = 0,924 à 20°. Elle fournit à la rectification un sesquiterpène $C^{15}H^{24}$ auquel les auteurs donnent le nom de *galipène* et un alcool sesquiterpénique, l'alcool galipénique $C^{15}H^{26}O$. Ce dernier corps constitue un liquide mobile, huileux et possède une odeur aromatique spéciale. Chauffé avec de l'anhydride acétique il se scinde nettement en sesquiterpène et eau.

Dans cette essence, comme dans celle étudiée jadis par MM. Beckurts et P. Nehring, les auteurs n'ont trouvé ni phénols, ni aldéhydes, ni cétones.

Essence d'absinthe. — MM. Schimmel ont fait de nouvelles recherches sur cette essence, dans leur laboratoire de Garfield, près de New-York. L'huile analysée était d'un vert foncé et possédait la densité 0,932. Elle a été traitée par une solution concentrée de bisulfite de soude pour éliminer la thuyone, puis saponifiée avec de la soude alcoolique. Après avoir enlevé l'alcool par distillation, on

(1) Ces tableaux paraîtront dans le numéro de mars.
(2) *Bulletin* de la Société d'Encouragement. Fascicules des mois de janvier et mars 1897.
(3) *Archiv der Pharm.* t. 229, p. 612. Dictionnaire de Wurtz, 2e suppl. t. III, p. 491.
(4) *Arch. der Pharm.* 1897, t. 235, p. 518.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

traita l'huile saponifiée par un courant de vapeur d'eau. Le résidu, en partie soluble dans l'éther, abandonna à l'eau des sels de soude d'où l'on a pu retirer les acides *palmitique*, *isovalérianique* et *acétique*.

Quant à la fraction de l'essence distillée à la vapeur d'eau, on la soumit à plusieurs rectifications dans le vide, puis sous la pression atmosphérique, et on put ainsi isoler une très petite quantité d'un liquide distillant entre 158°-168° dans lequel on reconnut la présence du *phellandrène*. Le pinène n'a pu être caractérisé avec certitude.

Dans la fraction passant de 200 à 205°, on a isolé de la thuyone qui avait échappé à l'action du bisulfite, et dans celle distillant de 210 à 215° on a réussi à caractériser un alcool éthérifiable au moyen de l'acide acétique. Régénéré de son éther et soumis à l'oxydation, il donna naissance à de la thuyone; on se trouvait donc en présence d'*alcool thuyilique* ou *tanacétylique*.

Dans une autre fraction, assez abondante et passant entre 260 et 280°, on put constater la présence du cadinène, caractérisé par son chlorhydrate fondant à 117°-118°. Enfin en déterminant le coefficient de saponification de l'essence primitive et de l'essence acétylée, les auteurs ont établi la teneur de cette essence en alcool thuyilique et en éther acétique correspondant; ils ont ainsi trouvé 17,6 p. 100 d'acétate de thuyile correspondant à 13,9 p. 100 d'alcool thuyilique éthérifié, et au total 24,2 p. 100 d'alcool tanacétylique, tant à l'état libre qu'à l'état combiné.

Une addition d'essence de térébenthine peut se reconnaître en distillant 10 p. 100 de l'essence et déterminant la solubilité de cette portion dans l'alcool à 80°. Deux parties de cet alcool doivent donner une solution limpide avec une partie de la portion distillée.

Essence d'aneth allemande. — Cette essence possède, d'après nos connaissances actuelles, une composition analogue à celle de l'essence de Carvi. Or, MM. Ciamician et Silber (1) ayant trouvé dans l'essence d'aneth des Indes orientales un apiol isomérique avec l'apiol ordinaire, MM. Schimmel (2) ont cherché à isoler le même corps dans l'essence d'aneth allemande. Ils ont distillé cette essence mais n'ont pu recueillir aucun produit passant au-dessus du carvol. L'apiol d'aneth passant à une température supérieure à celle à laquelle distille ce dernier corps, il en résulte que l'essence en question n'en renferme pas. Les auteurs ont recueilli dans le rectificateur une petite quantité d'un produit brun cristallisant dans l'éther de pétrole en feuillets incolores, fondant à 64°, et qui semble être une paraffine, étant donné son indifférence vis-à-vis de l'acide sulfurique concentré.

Essence d'anis. — MM. Schimmel ont observé que l'essence d'anis est falsifiée

(1) Voir notre dernière *Revue : Bulletin de la Société d'Encouragement*, 1897, p. 23.
(2) *Bulletin Schimmel*, avril 1897, p. 6.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sur une grande échelle avec le stéaroptène de l'essence de fenouil. D'après un ensemble d'observations, l'essence d'anis pure possède un faible pouvoir rotatoire à gauche (— 1° 50′ environ), tandis que l'essence de fenouil est dextrogyre. Or on sait que cette dernière essence renferme, outre de l'anéthol, de la fénone $C^{10} H^{16} O$ qui est dextrogyre et qu'il est difficile de séparer du stéaroptène. Il en résulte qu'en mélangeant de l'essence d'anis avec de l'anéthol d'essence de fenouil, souillé de fénone, son pouvoir rotatoire diminuera ou pourra passer de gauche à droite suivant la quantité de stéraoptène d'essence de fenouil qu'on y aura introduite. Pour les essences d'anis de première qualité, on recommande d'exiger, cette année, le point de solidification + 17°.

Essence d'anis étoilé, de badiane. — Il paraît se confirmer que la qualité de l'essence de badiane provenant du Tonkin est supérieure à celle qui nous vient de Chine où elle serait souvent sujette à de la fraude. Comme le font remarquer MM. Schimmel (*Bulletin*, avril 1897, p. 8) ils n'y ont cependant jamais trouvé de pétrole. Deux lots d'essence de Hong-Kong, tout en possédant une densité normale 0,980 à 0,990 à 15°, ne se solidifiaient qu'à 10°,25 et 10°. Des recherches effectuées pour y déceler la présence du pétrole ont abouti à des résultats négatifs. Les auteurs en concluent que c'est probablement à une teneur relativement plus élevée en méthylchavicol qu'il faut attribuer l'abaissement du point de solidification. L'essence provenant du Tonkin possède cette année le point de solidification + 18° et paraît être très estimée, si nous nous en rapportons au Bulletin de la maison Schimmel du mois d'octobre 1897 où nous lisons la phrase suivante : « Nous ne doutons pas un instant que, si les exportateurs continuent à livrer un produit d'aussi bonne qualité, la colonie fournira bientôt la majeure partie de l'essence de badiane, surtout si à Hong-Kong on ne veille pas à la qualité de cet article. »

Dans le même bulletin, nous trouvons relaté un rapport qui contient des renseignements très détaillés sur la distillation de la badiane en Chine (1).

« L'anis étoilé récolté à Lungchow (situé sur la frontière chinoise de la province de Kwangsi) donne plus d'essence que celui originaire du district de Po-sé. Les arbres, jadis sauvages mais maintenant pour la plupart cultivés, qui croissent sur le penchant des collines, sont très sensibles à la fumée. Puisqu'il est d'usage, dans ces régions, de brûler les herbes pour en débarrasser les champs, on évite de planter ces arbres dans le voisinage des habitations, et on enlève l'herbe sèche près de ces arbres afin d'y prévenir la propagation du feu.

Ce n'est qu'au bout de 10 ans que les arbres à badiane produisent des fruits marchands, et il y en a qui, au bout de cent ans, portent encore des fruits. L'époque de la floraison tombe au commencement de février, et la récolte a lieu en août et septembre. Les anis frais coûtent ordinairement 5 $. 50 le picul, et

(1) *Decennial Reports* (1882-91) *of the trade, navigation*, etc. *of the parts open the foreign commerce in China and Corea. Published by order of the Inspector general of Customs.* Shangai, 1893.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ce poids de fruits frais fournit 20 à 25 catties (1) de produit sec. La distillation des fruits verts se fait de la façon suivante :

Sur un foyer est posé un alambic plat surmonté d'un cylindre en bois percé de trous. Ce cylindre est destiné à recevoir la matière à distillation. Le sommet du cylindre est surmonté d'un pot en pierre dans lequel se condensent les vapeurs. La réfrigération est produite par de l'eau froide, qui découle sur le pot par l'intermédiaire d'un récipient en fer, ajusté à la partie supérieure de l'appareil. Les produits de la distillation, eau et essence, sont conduits, moyennant un tube, du pot en pierre dans une caisse en étain à deux compartiments. L'huile surnageante s'écoule, par un trou pratiqué dans la séparation, du premier compartiment dans le second.

Une distillation dure plusieurs jours. Un picul de fruits bien frais donne trois catties d'essence. La valeur d'un picul était à l'époque de $ 180 à 190. Pour le transport à Hong-Kong, on l'introduit dans des estagnons de 32 à 35 catties. »

Essence de basilique. — Cette essence a fait l'objet d'une étude simultanée de la part de MM. Dupont et Guerlain (2) et de MM. Bertram et Wahlbaum (3). Les savants français ont opéré sur une essence qu'ils ont obtenue en distillant des feuilles fraîches de l'*ocymum basilicum* (rendement 0,04 p. 100) et des feuilles sèches de la même plante (rendement 1,5 p. 100). L'essence obtenue était jaunâtre et possédait une odeur caractéristique spéciale. Poids spécifique à 15° = 0,9154, pouvoir rotatoire $\alpha_0 = -7°,40$.

La distillation fractionnée a permis aux auteurs d'isoler de cette essence du méthylchavicol (extragol) :

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

qu'ils ont caractérisé par sa transformation en anéthol, suivant la méthode de M. Grimaux, et par la formation d'acide anisique par oxydation.

Ils ont en outre démontré que l'essence française renferme des quantités considérables (60 p. 100) de linalool gauche α_D — 14°,03′.

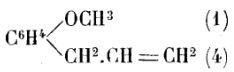
De la lessive alcaline provenant de la saponification, ils ont enfin pu isoler un acide sirupeux, non saturé et possédant une odeur spéciale.

MM. Bertram et Wahlbaum ont étudié une essence provenant de la Réunion. $D_{15} = 0,954$; $\alpha_D = +10°,12'$ (l = 100 mm.) Ils ont saponifié l'essence et l'ont ensuite soumise à la rectification. Dans les produits passant de 75° à 140°, ils ont trouvé : 1° du pinène droit, qu'ils ont caractérisé par sa transformation en pinènenitrolbenzylamine fondant à 123°; 2° du camphre droit caractérisé par

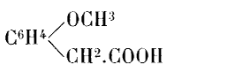
(1) 1 picul = 60kg,500 1 catty chinois = 1282 grammes.
(2) *Comptes rendus*, **124** (1897), 309.
(3) *Archiv der Pharm.*, 253, 176. — *Bulletin Schimmel*, avril 1897, p. 10.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

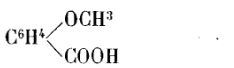
son oxime fondant à 118°; 3° du cinéol, reconnu par la réaction qu'il donne avec l'iodol (Hirschsohn) et par sa combinaison avec l'acide bromhydrique; 4° enfin, 60 p. 100 environ de méthylchavicol, dosé par la méthode de Zeisel, et caractérisé par les produits d'oxydation obtenus au moyen du permanganate de potasse.



Méthylchavicol.



Acide homoanisique.



Acide anisique.

et par sa transformation en anéthol sous l'influence de l'alcoolate de soude.

Les auteurs n'ont pu trouver, dans cette essence, le camphre de basilique décri par Bonastre et pensent qu'elle renferme du linalool, comme l'essence française.

Ils ont en outre étudié l'essence allemande obtenue par distillation de feuilles fraîches de basilique provenant de leur champ d'expérience de Miltitz. Cette essence, qui, au point de vue odeur, diffère beaucoup de celle de la Réunion, renferme également du cinéol, du méthylchavicol [mais seulement 25 p. 100], un corps de nature alcoolique non déterminé, faute de substance. On n'y a pas décelé de camphre. La densité de cette essence $D_{15} = 0{,}909$; $\alpha_D = -21°,15'$.

Essence de Cananga. — MM. Schimmel (1) ont eu l'occasion d'analyser une essence de Cananga, venant de Java, qui contenait jusqu'à 25 p. 100 de beurre de coco. Ils ont comparé un certain nombre de constantes de cette huile avec celles d'un produit pur. Nous les donnons dans le tableau suivant :

	Essence de cananga brute et pure.	Essence de cananga pure distillée.	Essence falsifiée avec du beurre de cacao.	La même rectifiée.
Poids spécifique	0,916	0,915	0,919	0,908
Pouvoir rotatoire.	— 21°.27′	— 20°.48′	— 17°.1′	— 21°.50′
Indice de saponification. . .	17,8	16	83,7	14,4
Solubilité dans l'alcool à 95°.	Soluble dans 1/2-2 vol.	Soluble dans 1/2-2 vol.	Insoluble avec dépôt de gouttelettes huileuses.	Soluble dans 1/2-2 vol.
Manière de se comporter dans un mélange réfrigérant. .	Ne se solidifie pas.	Ne se solidifie pas.	Se prend en une masse butyreuse.	Ne se solidifie pas.

Comme le montre ce tableau, la densité et le pouvoir rotatoire d'une essence, falsifiée dans ces conditions, ne sont guère modifiés. Il n'y a d'écart important que dans l'indice de saponification. Mais en s'en tenant exclusivement à cet indice, on risque également d'être induit en erreur. D'après ce que l'on sait sur l'origine de cette essence, elle serait fournie par la même plante que celle dont on tire l'essence d'Ylang-Ylang; seulement on emploierait pour la préparation de la première de ces essences des matériaux de moindre qualité. Il en résulte qu'elle

(1) *Bericht*, octobre 1897.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

est moins riche en éthers composés que celle d'Ylang-Ylang. Mais il se pourrait qu'on fût un jour en présence d'une essence de cananga de bonne qualité, riche en éther et alors l'indice de saponification serait supérieur à celui indiqué plus haut. Dans ce cas il faut en référer à la solubilité du produit dans l'alcool à 95°. Une essence pure donne avec 1/2 à 2 vol. de cet alcool une solution, en général claire, mais qui, d'ordinaire, se trouble par une addition ultérieure d'alcool en donnant une liqueur opaline. Quand l'essence n'est pas adultérée par de l'huile de coco cette solution ne laisse pas déposer de gouttelettes huileuses.

De petites quantités de corps gras ne peuvent se reconnaître qu'en distillant l'huile dans un courant de vapeur d'eau, pesant et analysant le résidu qui ne doit pas dépasser 5 p. 100, quand l'essence est pure.

Essence de cardamomes du Bengale. — Suivant M. E. M. Holmes, les cardamomes de Bengale proviennent de l'*Amomum aromaticum* Roxb. et non de l'*Amomum subulatum* Roxb., comme l'indique par erreur Fluckiger, dans sa Pharmacographia. MM. Schimmel les ont distillées et ont obtenu une essence jaune clair, à odeur forte de cinéol, de densité 0,920 à 15° et de pouvoir rotatoire —12° 41′. Ils ont caractérisé le cinéol en le transformant en sa combinaison bromhydrique et le régénérant à l'état pur.

Essence de cardamomes de Malabar. Fruits de l'*Eletteria cardamomum*, Matton, ont donné à la distillation 2,14 p. 100 d'une essence d'un jaune clair qui diffère à peine comme odeur de celle fournie par la cardamome de Ceylan, qui se trouve dans le commerce. $D = 0.943$; $\alpha_D = + 34$. Elle se dissout dans 4 vol. et plus d'alcool à 70°. Son indice de saponification est 131°. On y a constaté la présence d'acide acétique libre, de cinéol, de terpinéol droit de pouvoir rotatoire + 83°,31, mais il a été impossible d'y caractériser la présence de terpinène. On sait que Weber a trouvé ce carbure dans l'essence de Ceylan.

Essence de cardamomes de *Cameron*. — Les fruits, qui ont fourni cette essence, sont identiques avec ceux de Madagascar (1), provenant de l'*Amomum Danielli* Hook = *Amomum angustifolium* Sonnerat. Le rendement est de 2,33 p. 100, la densité 0,907 et le pouvoir rotatoire — 20°,34′. L'essence se dissout dans 7 à 8 parties d'alcool à 80° et possède une forte odeur de cinéol qu'on a caractérisée au moyen de la réaction de Hirschsohn.

En raison de son odeur spéciale, cette essence ne peut servir de succédané à l'essence de Ceylan.

Essence de cardamome de Siam. — Obtenue avec un fruit de l'*Amomum Cardamomum* L. qui apparaît de temps à autre sur le marché de Londres où on lui donne le nom de « Camphor seeds » à cause de son odeur de camphre.

Le rendement à la distillation fut de 2,4 p. 100. Le produit à moitié solide,

(1) Daniel Hanbury, *The Madagascar cardamom of Longouze. Pharm. J. and. Trans.*, III, 2, 1872, 642.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

à la température ordinaire, possédait une odeur de camphre et de bornéol. A 42°, température nécessaire pour amener l'essence à l'état liquide, elle avait pour densité 0.905 et le pouvoir rotatoire + 38°.4′. L'indice de saponification = 18°,8 et après acétylation 77,2, correspondant à 22,5 p. 100 de bornéol dans l'essence primitive. L'essence se dissout dans 1.2 d'alcool à 80 p. 100.

On y a caractérisé la présence du bornéol par sa transformation en éther benzoïque. Son pouvoir rotatoire = 42°,55 (1) à 20°.

On a enfin trouvé du camphre droit $(\alpha)_D = + 45° 17°$ qui a été transformé en son oxime, fondant à 118° (2).

Essence de bois de cèdre. — Cette essence est généralement obtenue par distillation des chutes et des copeaux provenant de la fabrication des crayons. L'étude de ce produit a été faite, il y a longtemps, par Walter (*Ann. de Ph. et de Ch.*, 3e série, t. I, p. 498). Elle a été reprise d'abord par MM. Schimmel et Cie (*Bulletin* Schimmel, avril 1894 et avril 1895, p. 19), puis tout récemment par M. L. Rousset (*Bull. Soc. Chim.* [3], t. XVII, p. 485). Ce savant en la soumettant à la distillation fractionnée a constaté qu'elle renfermait 4/5 d'un carbure bouillant à 125°-130°, sous une pression de 9 millimètres, et un produit solide distillant de 149° à 155°, sous une pression de 8 millimètres.

Rectifié sur du sodium, le carbure *cédrène*, constitue un liquide légèrement visqueux, incolore, bouillant entre 131°-132°, sous 10 millimètres, et répondant à la formule $C^{15} H^{24}$, ce qui en fait un sesquiterpène. Traité par du brome, ou par des acides chlorhydriqne ou bromhydrique, il donne lieu à des combinaisons instables et peu définies. Oxydé par de l'acide chromique en solution acétique, il fournit une cétone $C^{15} H^{24} O$ appelée *cédrone* par l'auteur. Ce composé se présente sous la forme d'un liquide peu coloré, ne se combinant pas au bisulfite, mais donnant de l'iodoforme, quand on le traite par de l'hypobromite de sodium et de l'iodure de potassium. Il fournit une oxime bouillant à 175°-180° sous 8 millimètres, laquelle donne un acétate, distillant à 185°-190° sous 9 millimètres.

Réduite en solution éthérée au moyen du sodium, la cédrone donne de l'*isocédrol*, alcool bouillant à 148°-151° sous 7 millimètres. Son éther benzoïque $C^{15} H^{25} O\ COC^6 H^5$ bout à 221°-223° sous 6 millimètres.

Si l'on oxyde le cédrène par des mélanges chromo-sulfuriques dégageant plus d'oxygène que dans l'oxydation précédente, on obtient un acide visqueux $C^{12} H^{18} O^3$, bouillant entre 220°-230°, sous 9 millimètres, et dont le sel d'argent répond à la formule $C^{12}H^{17}O^3Ag$. Dans cette oxydation, on observe en même temps la forma-

(1) Ce pouvoir rotatoire nous paraît bien considérable, car jamais nous n'avons pu trouver un bornéol ayant cette déviation. (*Note du rédacteur.*)

(2) Fluckiger a signalé du camphre dans l'essence de cardamome de Ceylan, mais il est probable que cette huile n'était autre chose que de l'essence de Siam « Pharmacographia ». II Édition, p. 647.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tion de diméthylcétone. Le cédrène ne s'hydrate pas par l'action de l'acide sulfurique et de l'acide acétique cristallisable.

Le composé solide, que Walter regarde comme un produit analogue au camphre, et auquel il attribue la formule $C^{32}H^{28}O$ est un alcool, le *cédrol*, dont la composition répond à $C^{15}H^{26}O$. Par des cristallisations répétées dans l'alcool méthylique, il se présente sous la forme de belles aiguilles blanches fusibles à 84° et non à 74° (Walter). MM. Schimmel, après avoir donné comme point de fusion 78°-83° (*Bericht*, avril 1895) donnent maintenant 85°-86° (*Ber.*, octobre 1897).

Chauffé à 100° en tubes scellés avec de l'anhydride acétique, le cédrol fournit un éther acétique et un carbure $C^{15}H^{24}$. Cet alcool ne s'éthérifie pas avec le chlorure de benzoyle qui le déshydrate en $C^{15}H^{24}$. Soumis à l'oxydation par l'acide chromique en solution acétique, le cédrol fournit un carbure bouillant de 115° à 117° sous $6^{mm},5$ et qui est encore un sesquiterpène.

Les constantes physiques du cédrol, sa facile déshydratation et le fait que l'oxydation ne conduit ni à une aldéhyde, ni à une cétone de même condensation en carbone, semblent prouver que ce composé est un alcool tertiaire.

Étant donné les constantes physiques du sesquiterpène auquel il donne naissance, constantes qui sont, à peu de chose près, les mêmes que celles du cédrène (eu égard, bien entendu, à la différence des pressions observées dans la distillation), il est probable que ce carbure est identique avec le cédrène (Schimmel).

Suivant Schimmel, la déshydratation du cédrol s'effectue très nettement quand on traite cet alcool, à froid, par de l'acide formique concentré. Le carbure obtenu bout à 262°-263° et se montre lévogyre (— 80° pour $l = 100$ millimètres).

Essence de semences de céleri. — L'essence de céleri du commerce est principalement composée de terpènes avec de petites quantités de substances qui lui communiquent leur odeur caractéristique. Pour arriver à connaître la nature de ces substances, MM. Ciamician et Silber (1) ont entrepris l'étude des queues et des résidus de distillation de cette essence, produits qui leur ont été fournis par la maison Schimmel et Cie de Leipzig.

Ces deux portions renferment les mêmes principes; toutefois les queues de distillation contiennent en outre des corps terpéniques. Suivant une communication privée, faite aux auteurs par la maison que nous venons de citer, la composition de ces portions passant à toute température, varie et il est même arrivé que certains lots de semences ne fournissent pas de queues de distillation. Ces différences tiennent sans doute à la variété des semences employées et aussi aux conditions de sol et de climat dans lesquelles la plante s'est développée.

Quoi qu'il en soit, les auteurs ont trouvé, dans les parties distillant à une haute température, les composés suivants :

(1) *Ber. deut. che. Ges.*, XXX, p. 492, 501. *Gazetta chim. ital.*, XXVI, 2e partie, p. 293.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

1° Un composé terpénique, probablement de la formule $C^{15}H^{24}$.

2° De l'acide palmitique et des substances phénoliques, dont une a formule $C^{16}H^{20}O^{3}$.

3° Un corps lactonique de la formule $C^{12}H^{18}O^{2}$.

4° Un acide $C^{12}H^{18}O^{3}$.

Il est difficile de dire si ces substances existent toutes formées dans la semence, ou si elles prennent seulement naissance dans le cours de la distillation. Des recherches spéciales sont nécessaires pour élucider cette question. Ce qui est toutefois certain, c'est que la lactone $C^{12}H^{18}O^{2}$, qui constitue un des composés caractéristiques de l'essence de céleri, préexiste dans la plante, car celle-ci possède à un plus haut point, l'odeur de la lactone. L'acide $C^{12}H^{18}O^{3}$ n'existe pas tel quel dans l'huile étudiée, car on ne peut l'en extraire par traitement au carbonate de soude, mais seulement par saponification, au moyen de la potasse. L'acide palmitique et les phénols n'existent qu'en petites quantités dans l'huile. Quant aux terpènes, on les trouve surtout dans les queues de distillation et moins dans les résidus.

Traitement du résidu de distillation. — Masse sirupeuse, épaisse, de couleur brun foncé entourant des fragments de semences, et dont l'odeur de céleri était modifiée par une autre très désagréable.

Cette masse fut épuisée par de l'éther qui laissa un résidu verdâtre et visqueux. La liqueur éthérée très chargée de produit abandonna, par addition d'une nouvelle quantité de dissolvant, une masse floconneuse d'aspect résineux, pour ainsi dire insoluble dans l'éther. La liqueur filtrée fut évaporée et le résidu brun et huileux soumis à la rectification dans le vide de 20 millimètres. On recueillit tout ce qui passe jusqu'à 230° et on obtint environ 80-85 p. 100 d'un liquide jaune et épais qui, abandonné à lui-même, laissa déposer des houppes cristallines et blanches.

Ce liquide ajouté *aux queues de distillation* fut traité de la façon suivante :

Additionné de 3 fois son poids de potasse alcoolique à 2 1/2 p. 100, il fut, après une longue agitation, traité par de l'éther. On décanta, et la *solution éthérée* fut lavée avec une nouvelle quantité de potasse. Les liqueurs alcalines, de couleur brune, séparées de l'huile insoluble, furent ensuite sursaturées par un acide et agitées avec de l'éther. La solution éthérée fournit par évaporation un résidu dont la majeure partie se mit à cristalliser. Un traitement au carbonate de soude permit de séparer de l'acide palmitique fondant à 62-63°. Quant au produit insoluble, il possédait une odeur phénolique, et fournit un liquide ayant une odeur de gayacol et dont la solution alcoolique se colore en violet noir au moyen du perchlorure de fer; une autre portion de ce produit fournit au sein de l'éther de pétrole des aiguilles blanches fondant à 66-67° et ayant la composition

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

$C^{16}H^{20}O^3$. Ces cristaux se dissolvent en jaune dans la potasse, et l'acide carbonique détermine un trouble laiteux dans la dissolution.

La portion de l'huile, insoluble dans les alcalis à froid, se dissout en majeure partie dans la potasse à chaud, en laissant comme résidu des corps terpéniques, bouillant entre 262 et 269°, et qui répondent à la formule $C^{15}H^{24}$. Ces composés, dissous dans l'éther et traités par de l'acide chlorhydrique sec ne fournissent point de combinaisons cristallisées.

La liqueur alcaline débarrassée des dernières traces de corps terpéniques au moyen de l'éther, fournit un corps huileux quand on l'acidule avec de l'acide sulfurique étendu. On sépare cette huile au moyen de l'éther, et la liqueur éthérée abandonne par évaporation un produit qu'on agite avec une solution de carbonate de soude qui dissout l'acide *sédanolique*, tandis que la *sédanolide*, lactone de l'acide sédanolique, reste insoluble. On enlève cette dernière avec de l'éther, et après évaporation du dissolvant, on la soumet à une rectification dans le vide de 17 millimètres. La majeure partie passe de 183 à 185°.

Pour transformer la lactone en acide *sédanolique*, il suffit de la faire dissoudre dans la potasse à 25 p. 100, d'étendre la liqueur d'eau, de filtrer, de refroidir à 0° et d'y ajouter la quantité théorique d'acide sulfurique. On agite avec de l'éther, on dessèche sur du chlorure de calcium et on réduit le liquide dans le vide. Le produit toujours maintenu à 0° est ensuite traité par un excès d'éther de pétrole. Il se forme un précipité huileux au sein duquel nage une masse cristalline. Une dernière purification consiste à dissoudre les cristaux dans le benzène ou l'éther et à précipiter par de l'éther de pétrole.

L'acide sédanolique $C^{12}H^{20}O^3$, cristallise en aiguilles blanches, fondant à 88-89°, insolubles dans l'eau, et qui se déshydratent facilement en se transformant en *sédanolide* bouillant à 185° sous une pression de 17 millimètres.

Cette lactone possède au plus haut degré l'odeur caractéristique de céleri, surtout quand elle est étendue. Elle constitue donc le principe odorant de la plante et y préexiste.

L'acide *sédanonique* est la partie de l'huile saponifiée qui se dissout dans du carbonate de soude. Isolé de son sel alcalin et purifié, il se dépose de sa solution benzénique en cristaux blancs et durs qui fondent à 113°. Il est insoluble dans l'eau, se dissout facilement dans l'alcool et l'acide acétique cristallisable et fournit un sel d'argent $C^{12}H^{17}O^3Ag$ incristallisable.

L'acide *sédanonique* est une combinaison cétonique non saturée. Il donne naissance à une phénylhydrazone instable fondant à 130-131°; à une oxime $C^{12}H^{18}O^2$ (AzOH) très stable, qui cristallise en aiguilles blanches d'un aspect onctueux fondant à 128°. Chauffée avec de l'acide sulfurique concentré, elle subit la réaction de Beckmann et donne un composé isomère, fondant à 171°, qui

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

n'est autre chose qu'une amide. Celle-ci fournit par hydrolyse, au moyen de l'acide sulfurique étendu, à une température de 120°, de la butylamine normale et un acide bibasique $C^8H^{10}O^4$.

$$C^4H^9C(=HOAz)-C^6H^8.COOH \;=\; CO(-C^4H^9AzH)-C^6H^8.COOH \;=\; COOH-C^6H^8.COOH + C^4H^9AzH^2$$

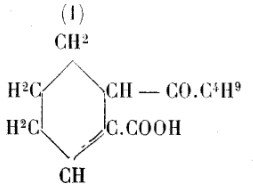
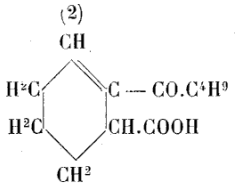
Acide sédanonoximique. — Amide. — Acide $C^8H^{10}O^4$ — Butylamine.

L'acide $C^8H^{10}O^4$ s'est montré identique avec l'acide Δ^2 tétrahydrophtalique de M. Bæyer. Il a d'ailleurs été transformé en acide hexahydrophtalique, dont les propriétés se confondent avec la variété *fumaroïde* de cet acide étudié par le savant allemand. Les acides sédanolique et sédanonique sont en relation très étroite l'un avec l'autre ; tous deux traités en solution alcoolique par du sodium, fournissent le même acide alcool saturé $C^{12}H^{22}O^3$, l'acide *o. oxyamyl hexahydrobenzoïque* fondant à 131°, et dont la lactone, l'hexahydrobutylphtalide possède une odeur caractéristique de céleri.

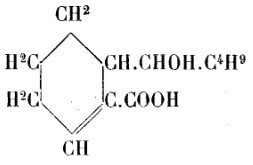
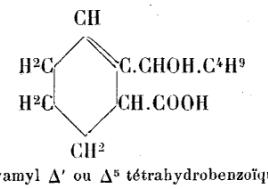
Soumis à l'action oxydante du permanganate de potasse, l'acide sédanonique donne naissance à de l'acide valérianique normal, de l'acide glutarique, et de l'acide oxalique.

Oxydé à froid dans les mêmes conditions au moyen d'une solution de permanganate à 2 p. 100, l'acide sédanolique se convertit en acide ortho-oxyamylbenzoïque, dont la lactone, la butylphtalide normale, possède une odeur de céleri ; indépendamment de cet acide oxyamylbenzoïque, il se forme encore de l'acide valérianique normal, des acides glutarique, succinique et oxalique ; d'autre part, quand on soumet l'acide oxyamylbenzoïque à l'oxydation, à la température du bain-marie, on le transforme en acides phényl-glyoxylcarbonique $COOH\,C^6H^4\,CO.CO.OH$ et phtalique.

Se basant sur l'ensemble de ces réactions, les auteurs attribuent aux acides sédanonique et sédanolique les formules de constitution suivantes :

(1)  ou (2) 

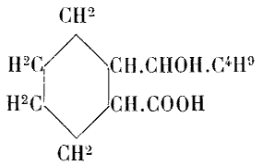
Acide sédanonique ou Acide o. valéryl Δ^1 ou Δ^5 tétrahydrobenzoïque.

 ou 

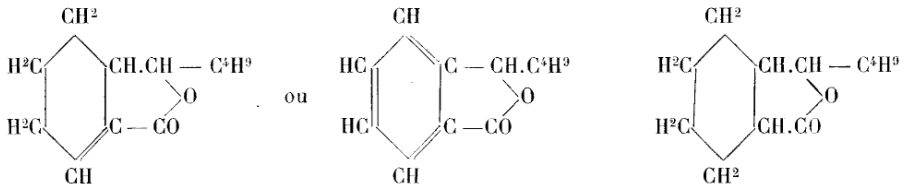
Acide sédanolique ou Acide o. oxyamyl Δ' ou Δ^5 tétrahydrobenzoïque.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

formules qui expriment clairement les relations d'acide cétonique à acide alcool. Elles montrent en outre que les deux acides doivent pouvoir donner par réduction le même acide o. oxyamylhexahydrobenzoïque.

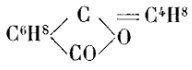


Elles font enfin voir que les acides sédanolique, o. oxyamylbenzoïque et o. oxyamylhexahydrobenzoïque sont des oxyacides γ, faciles à transformer en leurs lactones correspondantes, sédanolide, butylphtalide et hexahydrobutylphtalide.



Sédanolide. Butylphtalide. Hexahydrobutylphtalide.

Toutes ces lactones ont, d'une façon plus ou moins prononcée, l'odeur caractéristique de céleri, et comme l'essence doit son arome à la sédanolide et à une sorte d'anhydride de l'acide sédanonique, auquel on peut attribuer une formule de constitution se rapprochant de



MM. Ciamician et Silber ont préparé le phtalyisopropylidène, autrefois obtenu par M. Roser (1), ainsi que son produit de réduction,

dans le but de comparer leur odeur avec celle du céleri, et ils ont constaté que l'isopropylphtalide possède en réalité uue odeur rappelant celle du céleri.

Essence de citron. — Il résulte de recherches, effectuées par MM. Schimmel et

(1) *Bericht deut. Chem. Ges.* t. XVII, 2776.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Cie sur 50 kilogrammes d'essence de citron, dont ils ont recueilli à la distillation les premières portions (1 kilogramme), que cette essence ne renferme définitivement point de pinène. Ce kilog. de liquide fut soumis à une série de rectifications et il a été impossible d'isoler un produit passant au-dessous de 165°.

Dans ce liquide, ils ne purent de même déceler ni cymène ni pseudocumène, composés que MM. Bouchardat et Lafont (1) ont isolés des produits de l'action de l'acide sulfurique sur le « citrène » et qu'ils croyaient préexister dans l'essence de citron. Enfin les auteurs ont réussi à caractériser dans ces premières portions qui distillent, des petites quantités de *phellandrène*.

A propos de la recherche des falsifications de l'essence de citron, MM. Soldaini et Berté (Sull'analysi dell'essenza di Limone, *Boll. chim. farm.* 1897, fasc. 6, p. 3 proposent d'opérer de la façon suivante : ils distillent dans le vide 20 centimètres cubes d'essence de citron, recueillent la moitié du produit, déterminent son pouvoir rotatoire ainsi que celui du résidu resté dans le ballon. Ils mesurent également celui de l'essence primitive. Lorsque l'essence est pure, la portion distillée a un pouvoir rotatoire plus fort, et la portion résiduaire une déviation moins forte que celle de l'huile primitive. Si, au contraire, l'essence est falsifiée avec de l'essence d'écorce d'oranges, le produit distillé dévie moins fortement, et le résidu davantage que l'essence primitive. Exemple : 1° Essence de citron pure.

Déviation de l'essence.	+ 62° 20′
— de la portion distillée.	+ 64° 00
— du résidu.	+ 61° 16′

2° Mélange d'essence de citron et de 2 p. 100 d'essence de térébenthine française.

Déviation du mélange.	+ 61° 20′
— de la portion distillée.	+ 59° 04′
— du résidu	+ 63° 12′

3° Mélange de 70 p. 100 d'essence de citron, 20 p. 100 d'essence d'écorces d'oranges et 10 p. 100 d'essence de térébenthine.

Déviation de l'essence mélangée.	+ 59° 20′
— du produit distillée	+ 53° 30′
— du résidu.	+ 63° 30′

Les auteurs ont aussi essayé de doser le citral en ajoutant à l'essence un volume déterminé de bisulfite et mesurant la diminution de volume éprouvée par

(1) *Journal de Chim. et Pharm.* (5), 27, 50.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'huile. Ils avouent que leur méthode, qui avait d'ailleurs déjà été essayée par MM. Schimmel, ne donne que des résultats approchés.

Essence de culilavan. — L'écorce de *Cinnamomum, culilavan* Nees, a donné à la distillation environ 4 p. 100 d'une essence dont l'odeur rappelle fortement l'eugénol, et qui a pour densité 1,051.

Agitée avec de la potasse, elle se dissout en partie; la solution acidulée a donné de l'*eugénol* qu'on a caractérisé au moyen de son dérivé benzoylé qui fond à 70-71°. La portion, non soluble dans l'alcali, distille sous 10 millimètres, entre 100 et 130°. La fraction principale passe entre 125 et 130° et est constituée par du méthyleugénol caractérisé par son dérivé tribromé fondant à 77°, et par sa transformation en acide vératrique sous l'influence du permanganate de potasse.

En résumé, l'essence de culilavan renferme de l'*eugénol*, du *méthyleugénol* et une petite quantité de produits plus légers que l'eau.

En soumettant 50 kilogrammes d'essence de citron à la distillation fractionnée, MM. Schimmel n'ont pu réussir à isoler une portion passant au-dessous de 165° pour y caractériser le pinène. Ils n'ont de même pu y déceler la présence de cymène et de pseudocumène, mais dans leur laboratoire de New-York on a trouvé, dans l'essence, du phellandrène (*Bulletin*, octobre 1897, p. 28).

Essence de fenouil amer. — M. Tardy (1) a étudié une essence de fenouil amer distillée à Grasse avec des fruits cultivés dans le midi de la France.

C'est un liquide mobile, de couleur ambrée, d'odeur térébenthinée, de saveur anisée. La densité à 0° a été trouvée égale à 1,007; la déviation polarimétrique $\alpha_D = +18° 20'$. La réfrigération par le chlorure de méthyle n'amène pas de solidification.

Un traitement à la potasse a fourni de l'acide anisique. Le bisulfite de soude enlève d'autre part au liquide, une huile d'où l'on a retiré par distillation fractionnée, un composé $C^{13}H^{14}O^2$ cristallisé en paillettes blanches et fondant à 213°, de l'aldéhyde anisique et de l'acétone anisique :

$$C^6H^4 \begin{cases} OCH^3 \\ CH^2.COCH^3 \end{cases}$$

Après le traitement bisulfitique de l'essence, la portion huileuse qui ne s'était pas combinée a été séparée par la presse des cristaux formés, puis soumise à la distillation fractionnée. L'auteur a ainsi pu isoler un carbure monovalent (térébenthène ou pinène) dextrogyre; un carbure inactif, le cymène; un carbure bivalent (phellandrène) dextrogyre; de la fenone (fenchone de Wallach, camphre

(1) *Bull. Soc. chim.* 1897 [3], t. XVII, p. 660

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

anisique de Landolph), dextrogyre; de l'estragol (paraméthoxyallylbenzène); de l'anéthol et de l'aldéhyde anisique échappée à l'action du bisulfite. Les résidus de distillation renferment encore de l'acide anisique.

Étant donnés le poids spécifique et le pouvoir rotatoire de cette essence, MM. Schimmel (1) croient que l'auteur a eu entre les mains de l'essence de fenouil doux plutôt que celle de fenouil amer.

Essence de géranium. — M. Charabot (2) s'est proposé de rechercher si certaines essences de géranium renferment des éthers actifs semblables à ceux qui existent dans les essences de roses étudiées par MM. Dupont et Guerlain. Comme le montre le tableau ci-dessous, le pouvoir rotatoire de quelques-unes de ces essences diminue après un traitement par la potasse alcoolique bouillante, ce qui prouverait qu'elles renferment des éthers optiquement actifs.

Origine de l'essence.	Teneur en tiglate de géranyle.	Alcool libre calculé en $C^{10}H^{18}O$.	Alcool total.	Poids spécifique à 15°.	Pouvoir rotatoire l = 100 mm.	Pouvoir rotatoire après saponification.	Abaissement du pouvoir rotatoire.
1 Algérie 1895. .	25,31	46,22	62,74	0,896	— 9°.50′	— 5°.46′	4°.4′
2 Algérie 1895. .	22,11	50,80	65,23	0,899	— 9°.20′	— 4°.24′	4°.55′
3 Algérie 1896. .	23,32	60,30	75,52	0,898	— 9°.48′	— 5°,46′	4°.2′
4 Algérie 1896. .	25,66	42,80	58,55	0,895	— 10°.4′	— 5°	5°.4′
5 Algérie 1896. .	24,86	55,41	71,62	0,894	— 9°.10′	— 5°.8′	4°.2′
6 Géranium Bourbon	32,16	6,12	67,11	0,8915	— 9°.20′	— 7°.40′	1°.40′
	Teneur calculée en acétate de géranyle.						
7 Palmarosa . . .	13,5	76,7	87,3	0,890	+ 0°.24′	+ 0°.28′	
8 Palmarosa. . .	10,84	79,8	88,3	0,887	+ 0°.10′	+ 0°.16′	

Il est à remarquer que l'essence de géranium de Bourbon subit par saponification un abaissement de pouvoir rotatoire moindre que l'essence d'Algérie.

Quant à l'essence de palmarosa, on voit qu'elle ne renferme pas d'éther lévogyre, ou s'il s'en trouve, il est compensé par du droit et que dans tous les cas son pouvoir rotatoire n'est pas sensiblement modifié par la saponification.

Dans un mémoire très étendu, M. H. Erdmann publie des recherches effectuées sur les parties constituantes de l'essence de rose et de diverses essences contenant du géraniol et du citronnellol. Nous nous proposons d'en référer aux articles géraniol et citronnellol.

Essence de girofles. — En soumettant l'essence de girofles à une nouvelle étude, MM. Schimmel (4) y ont constaté la présence de *furfurol* qu'ils ont carac-

(1) *Bulletin Schimmel*, octobre 1897, p. 30.
(2) *Bull. Soc. chim.* [3], 1897, t. XVII, p. 489.
(3) *Journal f. pract. Chim.* [2], 1897, t. LVI, p. 1.
(4) *Bulletin* du mois d'avril 1897, p. 30.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

térisé en le transformant en sa phénylhydrazone et en le convertissant en alcool furfurylique et acide pyromucique. La présence de cette aldéhyde dans l'essence a été confirmée récemment par M. H. Erdmann (1) qui trouve que la naphtylamine β en solution dans l'acide acétique cristallisable constitue un réactif encore plus sensible que l'aniline et l'acide acétique, pour déceler le furfurol. Avec la naphtylamine il se produit une coloration bleu rouge avec 1/100 000 de l'aldéhyde.

MM. Schimmel ont en outre trouvé, dans les portions qui distillent entre 150° et 155°, un composé $C^7H^{14}O$ bouillant à 115-152° et qui est constitué par de la *méthylamylcétone normale* (heptanone 2). Cette cétone n'existe d'ailleurs dans l'essence de girofles qu'en quantité extrêmement faible — moins de 1 p. 100 — et, malgré cela, elle lui communique une odeur de fruit.

En soumettant la portion de l'essence de girofles, insoluble dans une lessive froide ou chaude de potasse, à un traitement à la potasse alcoolique, M. H. Erdmann a constaté qu'il y avait saponification du produit avec formation d'une nouvelle quantité d'eugénol et d'acétate de potasse. L'auteur a même pu isoler de l'*acétyleugénol* en distillant cette portion insoluble dans un courant de vapeur d'eau et en faisant cristalliser le produit distillé. L'acétyleugénol cristallise en tables rhombiques fondant à 26°. Il possède une odeur aromatique pure mais peu intense.

On n'a pu déceler la présence d'acétyleugénol dans l'essence de tiges de girofles.

Le produit résultant de l'action de la potasse alcoolique sur la partie de l'essence de girofle insoluble dans la potasse aqueuse, fournit quand il est concentré et agité avec de l'éther, un sesquiterpène $C^{15}H^{24}$, le *caryophyllène* qui bout entre 119-120° sous une pression de 9 millimètres et 258-250° sous la pression de 752 millimètres.

Enfin M. Erdmann a encore trouvé parmi les produits de la saponification, de l'acide salicylique dont la présence, signalée par Scheuch (2) d'abord, a été contestée plus tard par Wassermann (3). L'auteur présume que cet acide existe dans l'essence sous la forme d'acide acétylsalicylique combiné à l'eugénol.

L'auteur fait encore observer que le procédé Thoms préconisé pour le dosage de l'eugénol dans l'essence de girofles ne donne que l'eugénol libre et non celui combiné à l'acide acétique. On sait que ce procédé consiste à transformer l'eugénol en benzoyleugénol et à le déterminer quantitativement comme tel. Il faudra donc opérer sur l'essence saponifiée avec de la potasse alcoolique, pour avoir la totalité de l'eugénol. Comme MM. Schimmel, M. Erdmann pense qu'il existe

(1) *Journ. f. pract. Chem.*, 1897, t. LVI, 143.
(2) *Ann. der Chem.*, 125, 14.
(3) *Ann. der Chem.*, 179, 369.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

encore d'autres phénols dans les portions de l'essence saponifiée qui passent de 249 à 255°.

Essence de racine d'iris. Beurre de violettes. — Nous trouvons dans le *Bulletin* de MM. Schimmel et C^ie^ (octobre 1897) une relation sur la culture et la récolte de la racine d'iris, que nous croyons devoir reproduire, étant donné qu'il n'existe, pour ainsi dire, rien d'authentique dans la littérature sur la culture de la racine d'iris.

La récolte de la racine d'iris (*Giaggiolo*) a donné de très bons résultats dans la province de Florence. Le centre de la culture se trouve dans les communes de Greve, Dicomano, Pelago, Regello, Bagno a Ripoli, Pontassieve, Galluzo, S. Casciano in Val de Pesa, Montespertoli; la meilleure qualité provient de S. Polo et Castellina, localités dépendant de la commune de Greve.

La province de Florence n'est pas la seule qui produise cette racine, les provinces avoisinantes en cultivent également et elle ne le cède en rien, comme qualité, à celle fournie par le premier État. Il en est ainsi d'Arezzo, de Castelfranco di Sopra et de Lore Ciuffenna, qui font partie de la province d'Arezzo; de Grosseto, de la province du même nom; de Faënza, dans la province de Ravenne, de Terni dans la province de Pérouse.

Cette année, la récolte totale des districts de la Toscane, que nous venons de citer, est évaluée à 1 250 000 kilos, contre

Environ 1 000 000 kilos en 1896,
— 800 000 — 1895.

Notablement inférieure à la racine de Florence, la racine d'iris de Vérone n'est pas, pour cette raison, employée chez nous à la préparation de l'essence. Le centre de la production est situé dans les communes de Tregnago, Cazzano, Illasi et Monteforte de la province de Vérone. Récemment on a également cultivé la soi-disant « qualité de Vérone » dans la province de Vicence.

On estime à environ 150 000 à 200 000 kilos la production totale de cette dernière racine, dans les années normales.

Le bruit qui s'est répandu, dans ces dernières années, qu'on avait entrepris de grandes cultures de racine d'iris dans les environs de Reggio en Calabre, ne s'est pas confirmé. Nous avons appris de source authentique qu'aucune plantation de racine n'avait été faite dans un but commercial, en Calabre. La plante (*Iris florentina* L.) croît, il est vrai, à l'état sauvage dans les environs de Reggio et Gerace, mais n'a pas, jusqu'à présent, été cueillie.

Cette culture est pratiquée en Italie depuis plus de deux cents ans. Bien que dans le commerce cet article soit considéré, à juste titre, comme une spécialité italienne, et qu'il constitue une matière de premier ordre pour la parfumerie, sa culture, sa production, les transactions auxquelles il donne lieu, n'ont fait, jusqu'à présent, l'objet d'aucun travail ou statistique.

La culture se fait sur des collines, sur le penchant des coteaux, — jamais dans les vallées, — et principalement dans les clairières des forêts bien exposées au soleil, ou en lisière entre les vignobles. Il est rare qu'on l'exploite en rase campagne. Une terre sèche et pierreuse lui est le plus favorable. La plante, une fois enterrée, est aban-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

donnée à elle-même pendant deux ou trois années, sans autre soin. Mais au bout de ce temps, la récolte de la racine, son nettoyage, et sa préparation pour la vente demandent des soins pénibles. Cette récolte se fait généralement après trois ans, toutefois, quand le prix en est élevé, on coupe souvent la racine au bout de deux ans. Quand, au contraire, la marchandise est à bon marché, il est préférable d'attendre une année de plus, la racine étant plus savoureuse, plus grasse, et présente un meilleur aspect que celle de deux ans. Mais il faut ajouter que 100 kilos de racines vertes de deux ans fournissent au producteur 40 kilos de racines sèches, tandis que la coupe de trois ans, ne donne qu'un rendement de 30 à 35 p. 100 de racines sèches. Comme nous avons pu nous en convaincre par des exemplaires de plantes qui nous ont été envoyées, l'âge de la racine se reconnaît facilement à sa segmentation en deux ou trois partiese Le dernier prolongement reste par moitié à la plante, car celle-ci est destinée à êtrmise en terre, soit immédiatement après la récolte, soit quinze jours après. Les plantations se font alors dans une terre reposée. Il convient en effet que les champs à iris se reposent un an, ou bien servent à d'autres cultures.

Essence de lavande. — Dans notre dernière revue (1), à propos des critiques que soulève l'introduction dans la pratique commerciale des méthodes servant à doser les éléments actifs contenus dans les essences, nous disions : « 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 unique et défini. La plante qui le 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 en 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. 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.

Il est juste de reconnaître que les chimistes de la maison Schimmel et C^ie^

(1) *Bulletin de la Société d'Encouragement* [5], t. II, p. 19, 1897.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

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 (*Geruchs probe*). »

Ces lignes ont été invoquées dans une polémique qui s'est élevée entre un producteur français et une maison étrangère.

Sans vouloir prendre parti dans le débat, nous ne pouvons que déclarer une fois de plus, et en cela nous sommes maintenant d'accord non seulement avec les chimistes que nous avons cités dans notre Revue, mais encore avec un certain nombre de nos collègues français (1), dont les déclarations à cet égard sont aussi nettes que précises : *Une essence quelconque ne pourra être considérée comme loyale et marchande que lorsque les résultats fournis par la détermination de ses constantes physiques et par le dosage des éléments actifs, constituants de cette essence, sont corroborés par ses propriétés organoleptiques, et en particulier par la finesse et la suavité de son parfum.*

De la lavande, ou toute autre plante aromatique, distillée sans soin, pourra par exemple fournir une essence qui possède une odeur d'empyreume tout en ayant la teneur normale en éthers. Un produit semblable sera forcément considéré comme étant de qualité inférieure, malgré sa richesse en éthers. On pourra lui préférer une essence moins chargée d'éthers.

Dans la discussion dont il est fait mention, l'une des parties a invoqué le témoignage relatif à l'essence de lavande anglaise, dont nous avons fait mention. Nous devons à la vérité de reconnaître, qu'invité par la partie adverse à nous prononcer sur les qualités de finesse de deux essences de lavande, l'une française à 40 p. 100 d'éther, l'autre anglaise, dont nous ne connaissions naturellement pas l'origine, nous n'avons pas hésité à trouver que le produit du Midi est incontestablement supérieur comme finesse, comme suavité au produit anglais. Ce dernier possède plus de montant, a une odeur qu'on dirait renforcée par de la menthe, tandis que l'essence française est d'un parfum plus éthéré et plus délicat.

Cette différence entre ces deux huiles n'a rien qui puisse étonner; elles ne sont pas plus comparables entre elles qu'un vin d'Espagne n'est comparable avec un vin de Bordeaux, et cependant l'un et l'autre sont des vins.

Ne sont assimilables entre elles, que les essences qui sont extraites des mêmes plantes, cultivées dans les mêmes régions et soumises aux mêmes variations climatériques. Pour les essences de lavande du Midi, il semble qu'il est maintenant prouvé que, toutes choses égales d'ailleurs, la qualité est fonction de la teneur en éthers.

(1) Voir le commencement de cette revue. *Bull. Soc. d'Encouragement*, 189 [5], t. II.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Dans cet ordre d'idées, l'essence de menthe anglaise et les essences de menthe d'Amérique, du Japon, d'Allemagne, etc., sont encore des exemples plus frappants de ces différences qui existent entre des produits extraits d'une même plante croissant sous des latitudes différentes.

De récentes recherches effectuées par M. Charabot (1) sur une essence d'origine espagnole viennent encore à l'appui de cette manière de voir.

Les analyses faites sur cette essence ont montré qu'elle se distingue essentiellement du produit anglais et du produit français. L'un des échantillons récolté en 1895 possédait les propriétés suivantes :

Poids spécifique à 15°.	0,916
Pouvoir rotatoire (l = 100 mm.).	+ 16°.25′
Éthers calculés en acétate de linalyle	3,15 p. 100
Alcool terpénique libre	44,5 —

Un second échantillon de la récolte de 1896, soumis à la même étude, a donné les nombres suivants :

Poids spécifique à 15°.	0,912
Pouvoir rotatoire (l = 100 mm.).	+ 13°.20′
Teneur en éther	3,4 p. 100
Alcool libre.	50,5 —

L'auteur a, en outre, trouvé dans ces huiles de notables quantités de bornéol.

Ainsi ces deux essences diffèrent nettement du produit français par leur poids spécifique, qui est notablement plus élevé que celui de l'essence du Midi, par la déviation polarimétrique, qui est droite au lieu d'être gauche, et enfin par une plus faible teneur en éthers.

Essence de livèche. — Étudiée récemment par M. Braun (2), qui n'est pas arrivé à déterminer d'une façon rigoureuse les éléments constituants, cette essence a été l'objet d'un nouvel examen de la part de MM. Schimmel (3). Ils l'ont saponifiée avec de la potasse alcoolique, et ont distillé le produit dans la vapeur d'eau. Ils ont obtenu, comme produit principal, un liquide bouillant entre 107° et 115°, sous une pression de 15 mm., d'où ils ont pu isoler du terpineol droit $(\alpha)_D = + 79°18'$ à 22°, qu'ils ont caractérisé en le transformant en iodure fondant à 77° 78°, en terpénylphényluréthane fondant à 112°, et enfin nitrolpiperidide dont le point de fusion est situé entre 151°-152°.

Essence de mélèze (Aiguilles de mélèze). — Les aiguilles donnent à la distillation environ 0,22 p. 100 d'une huile d'une densité 0,878, de pouvoir rota-

(1) Charabot, *Bull. Soc. Chim.* [3], t. XVII, p. 378; 1897.
(2) *Arch. der pharm.*, 1897, p. 235.
(3) *Bulletin*, avril-mai 1897, p. 31.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

toire + 0°22′ à 18° pour l = 100 mm. Cette essence se dissout dans cinq parties et plus d'alcool à 90°.

Son indice de saponification est égal à 23,3; après acétylation, il devient 46.

En admettant que l'éther de cette essence est constitué par de l'acétate de bornéol, comme c'est le cas de presque toutes les essences de conifères, les chiffres précédents accusent dans l'essence primitive 8,1 p. 100 d'acétate de bornyle, et 16,1 p. 100 dans l'essence acétylée. Calculées en alcool, ces quantités correspondent à 6,53 p. 100 de bornéol éthérifié, 6,14 de bornéol libre, et 12,76 de bornéol total soumis à la distillation ou isolé des produits qui passent de 160° à 230° (1).

Essence de menthe crépue. — Selon MM. Kremers et Schreiner (2), cette essence serait souvent falsifiée par les essences de cèdre et de baume de gurjun. Ces deux produits possèdent la même densité et le même pouvoir rotatoire que l'essence de menthe crépue. On peut les ajouter séparément à la dose de 10 à 15 p. 100, et en plus grande quantité encore quand on les emploie simultanément, sans que la fraude puisse être décelée si l'on se borne à la détermination des constantes physiques. La séparation par distillation fractionnée ne pouvant donner des résultats certains, les auteurs proposent de doser la carvone de l'essence de menthe par la méthode qu'ils ont préconisée (3) autrefois.

Mais cette méthode à l'oxime donne également des résultats trop faibles, ce qui provient de ce que, lors de la distillation à la vapeur d'eau, le sesquiterpène entraîne avec lui un peu de carvoxime qu'il retient en dissolution, et qui échappe ainsi au dosage.

On peut d'ailleurs reconnaître qualitativement cette falsification, en mettant à profit la réaction que donnent les sesquiterpènes avec l'acide sulfurique (Wallach).

On opérera sur la fraction passant avant la carvoxime, dans la distillation à la vapeur d'eau, on la dissoudra dans le chloroforme, et on ajoutera à la liqueur quelques gouttes d'acide sulfurique concentré. Il se produit une coloration verte qui peu à peu vire au bleu et, si l'on chauffe, au rouge pourpre. La réaction peut aussi se faire au sein de l'acide acétique cristallisable au lieu de chloroforme.

Essence de myrrhe. — Cette essence a été obtenue par M. W. Tucholka (4), en traitant une solution alcoolique de myrrhe de *Bisabol*, qui provient du pays des Somalis, par de l'éther, décantant et évaporant la liqueur éthérée.

(1) *Bull. Schimmel*, octobre 1897, p. 62.
(2) *Pharm. Review*, 14 (1896), 244.
(3) *Bull. Soc. d'Encouragement* [5] 1897, t. II, p. 33.
(4) *Arch. der pharm.*, t. CCXXXV, p. 289.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le résidu, distillé avec de la vapeur d'eau, fournit une huile d'un jaune clair, mobile, et d'une odeur caractéristique. Desséchée sur du chlorure de calcium, cette huile possède le poids spécifique $d_{24} = 0,8836$, l'indice $n_{D22,3} = 1,4874$, et le pouvoir rotatoire $\alpha_D = -14°20'$ (100 mm.) à 24°. Elle bout entre 220° et 270°. Le rendement est de 7,8 p. 100.

La solution éthérée de l'huile brute donne avec de l'acide chlorhydrique gazeux des cristaux fondant à 79°,3, et qui sont inactifs. Chauffé avec une solution acétique d'acétate de soude, ce chlorhydrate fournit un carbure bouillant entre 259° et 260°,5, possédant le poids spécifique 0,8914 à 17°, et l'indice de réfraction 1,4608. Comme ce carbure n'a pu être identifié avec aucun autre terpène connu jusqu'alors, l'auteur lui a donné le nom de *bisabolène*.

La partie de l'essence qui ne se combine pas à l'acide chlorhydrique aurait, selon l'auteur, la composition $C^{56}H^{96}O$.

Essence de petit grain. — On sait, d'après les travaux de MM. Tiemann et Semmler d'une part, et de MM. Bertram et Walbaum d'autre part, que cette essence contient du limonène, du linalool, de l'acétate de linalyle, et un sesquiterpène. M. Passy (1) y a encore trouvé de notables quantités de géraniol libre et à l'état d'éther acétique. Indépendamment de ces deux composés, il existe néanmoins encore d'autres principes, de nature oxygénée, qui modifient le parfum, et sur la nature desquels on se réserve de faire d'autres recherches.

Essences d'aiguilles de pins et de sapins d'Amérique (2) :

Essence de pin sylvestre (aiguilles) Fir Oil. — Obtenue avec les aiguilles du pin sylvestre L. Poids spécifique 0,884. Déviation $\alpha_D = -24°8$ à 18°.

Soluble avec léger trouble dans 8 fois et plus son volume d'alcool à 90°.

Suivant son indice de saponification, cette essence doit renfermer 12,1 p. 100 de $C^{10}H^{17}OC^2H^3O$, qui est sans doute de l'acétate de bornyle.

Ce qu'il y a de remarquable, c'est la concordance du pouvoir rotatoire à gauche avec celui de l'essence anglaise (3), tandis que l'essence allemande (4), comme la suédoise, sont dextrogyres.

Essence de sapin du Canada (Hemlock Oil). — Extraite des aiguilles de l'*Abies Canadensis* L = *Tsuga Canadensis* Carrière. Poids spécifique, 0,911. Pouvoir rotatoire : — 25° 22′ à 16°. Renferme 38 p. 100 d'acétate de bornyle, et est soluble dans une ou plusieurs fois son volume d'alcool à 90°.

Essence de picea nigra L (ou *picea alba* L. ? Spruce Oil. Poids spécifique 0,913, pouvoir rotatoire : — 23° 50′ à 18°. Teneur en acétate de bornyle, 38,1 p. 100. Se

(1) *Bull. Soc. Chim.* [3], 1897, t. XVII, p. 519.

(2) *Bull. Schimmel*, octobre 1897, p. 50.

(3) *Unmey. Pharm. J.* 55 (1895), 161 et 542.

(4) *Archiv der pharm.*, 231 (1893), 231, 294, 300. — Kremers, *Pharm. Rundschau*, 13 (1895), 134. — Hunckel, *Pharm. Rev.*, 14 (1896), 34.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dissout dans un demi-volume d'alcool à 90°, et donne par addition de 5 volumes du même alcool une solution très opaline.

Ces deux dernières essences renferment les mêmes éléments, et il n'est pas possible de les différencier, soit par l'odeur, soit par aucune autre propriété. Toutes deux contiennent du pinène gauche et de l'acétate de bornyle gauche.

Essence de bois de sapin. — L'essence étudiée par M. P. Klason (1) a été recueillie à la surface des liquides, dans le cours de la cuisson du bois d'une fabrique de pâte à papier. Bien que le point d'ébullition et la densité de cette essence correspondent à ceux du *sylvestrène*, cette huile ne possède point les caractères des terpènes. L'analyse élémentaire conduisit à $C^{10}H^{14}$, ce qui en fait du cymène. D'ailleurs on en prépare l'acide cymensulfonique ainsi que son sel de barium.

Comme l'essence de térébenthine ne fournit point de cymène quand on la fait bouillir avec du bisulfite de soude, et que l'essence de bois en question ne renferme point de terpènes, il faut en conclure, d'après l'auteur, que les cellules du bois produisent du cymène, tandis que les cellules de liber, ou de l'écorce, engendrent le pinène contenu dans la résine de sapin.

Essence de romarin. — Les parties les plus volatiles de l'essence de Romarin renferment du pinène droit ($\alpha_0 = +\ 2°\ 36'$) que les chimistes de la maison Schimmel ont caractérisé en le transformant en pinène nitrobenzylamine fondant entre 122° et 123°. On y a en outre trouvé du camphène qui a été converti en isobornéol fondant entre 211 et 212°. Selon les mêmes, une bonne essence de romarin doit posséder les caractères suivants :

1° Le poids spécifique doit être supérieur à 0,900;

2° L'essence doit dévier la lumière polarisée à droite;

3° Une partie d'essence, dissoute dans une demi-partie et plus d'alcool à 90°, doit donner une solution claire, et doit aussi se dissoudre complètement dans 10 p. 100 d'alcool à 80°;

4° Les 10 p. 100 de liquide, qui passent en premier lieu, quand on distille l'essence dans un appareil à fractionner, doivent dévier la lumière polarisée à droite. On trouve dans le même bulletin un tableau des constantes physiques de 5 échantillons d'essence de romarin distillées par MM. Schimmel.

	Rendement.	Poids spécifique.	Angle de rotation.	Angle de rotation de 10 premiers CC. P. 100.	Solubilité dans l'alcool à 80°.
N° 1 . . .	1,4	0,913	+ 4° 16′	+ 1° 30′	1 : 1,2
— 2 . . .	1,7	0,909	+ 3° 40′	+ 1° 22′	1 : 5,5
— 3 . . .	1,5	0,910	+ 5° 54′	+ 6° 26′	1,5
— 4 . . .	1,73	0,904	+ 6° 54′	+ 7° 49′	1,9
— 5 . . .	1,75	0,906	+ 8° 52′	+ 8° 24′	1,7

(1) *Chem. Zeit.*, 1897, p. 271.
(2) *Bull. Schimmel*, octobre 1897, p. 52.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les deux premières essences renfermaient : la première 5,4 p. 100 d'acétate de bornéol et 16,8 p. 100 de bornéol, la seconde 5,8 p. 100 d'acétate et 18,8 p. 100 de bornéol.

Essence de roses. — Suivant F. Dietze (1), le meilleur moyen de se rendre compte de la falsification de l'essence de rose par l'essence de géranium, consiste à déterminer l'indice de saponification de ces essences.

Dans ce but, l'auteur chauffe pendant une demi-heure un poids déterminé de l'essence avec une liqueur demi-normale de lessive de potasse, et titre l'excédent d'alcali avec une solution demi-normale d'acide sulfurique, en se servant comme réactif indicateur de la phénolphtaléine.

Les indices obtenus sont les suivants :

Essence de rose allemande	8,6
— — bulgare	9,2
— — turque	8,9
— de géranium française	59,1
— — d'Afrique	53,1
— — d'Espagne	75,3
— — des Indes	32,5

L'auteur conclut de ces chiffres qu'une falsification de l'essence de rose par les essences de géranium pourra être décelée quand l'indice de saponification de la première dépasse les nombres indiqués plus haut.

M. F. Dietze, se basant sur l'ensemble des recherches faites par lui sur des essences de roses pures et non sophistiquées, trouve :

1° Que le poids spécifique, pris à 15°, ne doit pas être supérieur à 0,87°;

2° Que le point de solidification ne doit pas être inférieur à 15° ou 20°;

3° Que le pouvoir rotatoire pris dans un tube de 100 mm. ne doit pas être supérieur à — 1°30′ à 20°;

4° Que l'indice de saponification ne doit pas s'élever au-dessus de 9,5 à 10°.

Essence de bois de Santal des Indes Orientales. — Une essence pure doit posséder les caractères suivants (2) :

1° Densité minima à 15°, 0,975;

2° Le pouvoir rotatoire doit être compris entre — 17° à 91° (100 mm.);

3° Solubilité : l'essence doit donner à 20° une solution limpide avec 5 p. 100 d'alcool à 70°;

4° Richesse en santalol : au moins 90 p. 100.

En général on peut juger de la valeur d'une essence de santal en se bornant à faire les trois premiers essais. Cependant, comme dans le commerce on

(1) *Südd. Apth. Zoeitung*, 1897. N° 89. — *Chem. Zeit. Rept.*, 1897, p. 288.
(2) *Bull. Schimmel*, avril 1897, p. 41.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

est en droit d'exiger une teneur en santalol d'au moins 90 p. 100, il convient de pouvoir doser cet alcool dans une essence : 20 grammes d'essence, étendus de leur volume d'anhydride acétique, sont chauffés à une douce ébullition, avec un peu d'acétate de soude fondu, pendant une heure et demie environ. Le produit est ensuite lavé à l'eau et avec une solution de carbonate de soude, puis séché sur du sulfate de soude calciné. On en prélève de 3 à 5 grammes qu'on fait bouillir avec une solution normale de potasse et on détermine par titrage, avec de l'acide sulfurique normal, la quantité de potasse qui a été nécessaire à cette saponification.

La teneur en santalol est alors donnée par la formule

$$P = \frac{a \times 22{,}2}{S - (a{,}0042)}$$

ou

P = la teneur en santalol de l'essence primitive;
a = le nombre de centimètres cubes de potasse réellement utilisée;
S = le poids d'essence acétylée, exprimé en grammes, employé pour la saponification.

Outre ces déterminations, qui seules paraissent permettre de se prononcer sur la valeur d'une essence de santal, on a encore préconisé des réactions colorimétriques pour déceler des falsifications. La dernière en date est celle de M. Conrady qui propose de traiter 2 gouttes d'essence de santal par 7cc.5, d'un mélange d'acide chlorhydrique et d'acide acétique qu'on additionne ou non d'aldéhyde benzoïque, et on observe les colorations obtenues (1).

Pas plus que tous les autres essais colorimétriques proposés, le procédé de l'auteur ne donne des résultats ayant un caractère de certitude.

Essence de sarriette des jardins (Satureja hortensis. L.). — Obtenue par distillation de la sarriette cultivée en Saxe dans le domaine de Miltitz (2). Rendement 0,097 p. 100; densité 0,904; pouvoir rotatoire +0° 4'. L'essence de sarriette ne se dissout pas clairement dans l'alcool à 70 p. 100, mais exige, pour donner une solution limpide, 9 p. 100 d'alcool à 80°. Elle contient 38 p. 100 de carvacrol.

Rappelons qu'étudiée jadis par M. Jahns (3), cette essence renferme encore un autre phénol, du cymène et un terpène non étudié.

Essence de sarriette des montagnes (Satureja montana L.). — Obtenue avec de la plante cultivée à Miltitz (3). Rendement 0,18 p. 100; poids spécifique 0,939 et pouvoir rotatoire —2° 35'. Cette essence se dissout déjà dans 4,5 p. 100 et

(1) *Pharmac. Centralhalle*, 38 (1897), 297.
(2) *Bull. Schimmel*, octobre 1897, 61.
(3) *Ber. deut. chem. Jer.* 15 (1882), 816.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

plus d'alcool à 70°, et dans 1 partie et demie et plus d'alcool à 80° en donnant une solution claire et limpide. La teneur en phénol est de 65 p. 100. L'odeur ne peut être différenciée d'avec celle de l'essence de sarriette des jardins, ce qui s'explique facilement, le produit dominant, dans les deux huiles, le carvacrol, étant le même.

Cette essence fut jadis l'objet d'une étude de la part de M. A. Haller (1) qui y caractérisa le carvacrol et qui trouva qu'elle renferme en outre un second phénol, bouillant à une température plus élevée, et des terpènes.

Essence de Schinus molle (Baies). — Voici ce que nous lisons sur ce produit dans le *Bulletin Schimmel* (2) : « Originaire de l'Amérique du Sud, cet arbre est aussi cultivé dans le sud de l'Europe. On emploie ses baies aromatiques pour préparer un breuvage vineux. Leur goût, d'abord sucré, devient ensuite épicé, puis fortement poivré. En Grèce, on les utilise souvent à la place du poivre. Comme odeur, elles se rapprochent de l'élémi, mais elles rappellent aussi le poivre et le genièvre. »

On en a distillé un lot de provenance mexicaine et on a obtenu 5,2 p. 100 d'une essence très mobile, à odeur de phellandrène. Densité 0,850; pouvoir rotatoire + 46° 4′ (l = 100 millim.). Cette essence donne une solution claire avec 3,3 parties d'alcool à 90° et plus.

Sa solution dans l'éther de pétrole, traitée par le nitrate de soude et l'acide acétique cristallisable, donna en abondance du nitrate de phellandrène caractéristique. En agitant cette essence avec une solution de soude diluée, on isola une petite quantité de substance constituée en majeure partie par un acide gras. On n'y trouva que des traces de phénols.

MM. Gildemeister et Stephan (3) concluent de leurs recherches que l'essence étudiée chez MM. Schimmel, renferme principalement du phellandrène, — mélange de phellandrène droit et de phellandrène gauche, où le premier de ces carbures domine — et du carvacrol en petite quantité. Il se pourrait aussi qu'il y eût des traces de pinène.

Cette essence avait déjà été étudiée en 1884 par M. Spica (4) qui y a trouvé du pinène ainsi qu'un phénol que l'auteur considère comme du thymol.

D'après le *Jahresbericht uber die Fortschritte der Pharmacognosie*, etc., 1897, 25, l'essence de Schinus aurait aussi été préparée par Helbing, qui l'aurait obtenue avec un rendement de 3,357 p. 100, par distillation des baies à la vapeur d'eau.

Essence de solidago du Canada (Solidago canadensis). — Cette essence ren-

(1) *Comptes rendus*, 94 (1882), 132.
(2) *Bull. Schimmel*, avril-mai 1897, p. 47.
(3) *Arch. des Pharm.*, 1897, t. CCXXXV, p. 590.
(4) *Gazetta chim. ital.* 14 (1884), 204.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ferme 85 p. 100 de terpènes, constitués surtout par du pinène avec un peu de phellandrène, du dipentène et peut-être aussi du limonène. Les portions bouillant à une température élevée sont formées de cadinène, de 9,2 p. 100 de bornéol dont 3,4 p. 100 sous la forme d'acétate.

Ce qu'il y a lieu de remarquer, c'est l'étroite analogie qui existe entre la composition de cette essence et celles retirées des aiguilles de différentes espèces de *Pinus* qui appartiennent à une tout autre famille (1).

Essence de Tanaisie balsamique (Balsamite). Tanacetum balsamica L. — Extraite par distillation de la plante cultivée, en fleurs. Rendement 0,064 p. 100; poids spécifique, 0,943; pouvoir rotatoire — 53° 48′ à 16′. Indice de saponification, 21.

Cette essence possède une odeur balsamique agréable, peu caractéristique, rappelant celle de la tanaisie ordinaire. A froid, il se forme à sa surface des petits cristaux ayant l'aspect de paraffine. Elle n'est pas soluble dans l'alcool à 80°, mais donne, avec 1 à 2 volumes d'alcool à 90°, une liqueur qui, par addition ultérieure d'alcool, se trouble et laisse déposer des flocons blancs (paraffine?). A la distillation, elle passe de 207° à 283° (2).

Essence de thé. — D'après Mulder (3), le thé renfermerait de 0,6 à 1 p. 100 d'une essence d'un jaune clair qui se prend en masse quand on la refroidit. D'autres expérimentateurs n'ont pu confirmer les travaux de Mulder. Il est donc possible que le thé, sur lequel ce savant a opéré, aitété parfumé artificiellement par un procédé analogue à l'enfleurage et que l'essence obtenue soit non de l'essence de thé, mais des plantes ayant servi à le parfumer.

Cependant le thé non parfumé, mais distillé immédiatement après fermentation, donnerait une essence, ainsi que cela ressort d'un article publié dans le *Bulletin du Jardin botanique de Buitenzorg* en 1895 (Java), par le Dr van Romburgh (4) et que nous reproduisons :

« En distillant avec de l'eau le thé roulé, qui a été conservé pendant deux ou trois heures dans des caisses à fermentation, on obtient un liquide aqueux, transparent, dont l'odeur rappelle fortement le thé fermenté et d'où l'on peut isoler, par cohobation et redistillation, une couche huileuse nageant à la surface de la partie aqueuse. Outre cette essence, on peut encore isoler, en redistillant l'eau, un liquide bouillant au-dessous de 75°, d'où on a pu retirer, après dessiccation sur du sulfate de cuivre anhydre, de l'alcool méthylique, caractérisé par son point d'ébullition 66°, sa réaction avec la nitrométaphénylènediamine, sa

(1) *Bull. Schimmel,* avril-mai 1897, p. 51.
(2) *Bull. Schimmel,* octobre 1897, p. 61.
(3) *Die Pflanzenstoffe de Huseman-Hilger*, t. II, p. 815: *Pogg. Ann.* LXIII, 133.
(4) *Over die vluthge producten van der versch gefermnteer de thee*, p. 119, et *Bull. Schimmel.* Avril-mai 1897, 42.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

transformation en oxalate de méthyle fondant à 51°, et par la formation d'iodure de méthyle. Le rendement en essence est très faible, environ 1 centimètre cube pour 15 kilogrammes de feuilles de thé (soit 0,006 p. 100).

« On fait actuellement des recherches pour se rendre compte de l'influence de la durée de la fermentation sur le rendement en essence; on peut cependant dire dès maintenant qu'une fermentation prolongée n'est pas favorable. A la place des jeunes feuilles de thé, qui ont une grande valeur, on peut aussi utiliser les feuilles extérieures de l'arbrisseau, qui ne sont pas employées pour la préparation du thé et qui par conséquent n'ont aucune valeur. Ces feuilles, soumises aux mêmes traitements que les feuilles de thé ordinaire, donnent le même rendement en essence.

« On n'a pu observer de différence entre l'essence retirée du thé de Java et celle obtenue avec le thé d'Assam.

« L'huile brute a pour densité à 26°, 0,866 et le pouvoir rotatoire — 0°11′ ($l = 200^{mm}$). Par distillation fractionnée on peut la séparer en deux portions, l'une bouillant au-dessus et l'autre au-dessous de 170°. On retire de cette dernière, par de nouvelles distillations, un liquide passant de 153 à 154° sous une pression de 740^{mm} et qui possède une odeur empyreumatique légèrement piquante, rappelant fortement celle du thé. Son analyse et sa densité de vapeur, conduisent à la formule $C^6 H^{12} O$.

Bouilli peudant deux heures avec une lessive de potasse, le nouveau composé reste inaltéré. L'hydroxylamine est sans action. Le chlorure de benzoyle et la potasse donnent naissance à une combinaison liquide, possédant une faible odeur, d'où l'on régénère facilement le composé primitif et de l'acide benzoïque par saponification. Par ébullition avec l'anhydride acétique on obtient l'éther correspondant qui bout à 160-165°. Chauffé en tube scellé à 100°, avec de l'acide chlorhydrique concentré, il donne un chlorure bouillant à 120°.

Ces réactions établissent nettement la nature alcoolique de ce liquide.

Il fixe facilement le brome. Le produit d'addition, qui en résulte, n'est pas attaqué à froid par les solutions aqueuses de permanganate de potasse, alors que l'alcool primitif est immédiatement oxydé avec dégagement de chaleur. Avec le bichromate de potasse et l'acide sulfurique on obtient un produit rappelant par son odeur l'acide butyrique; il fournit avec le carbonate de chaux un sel renfermant 18,5 p. 100. Le butyrate de calcium en contient 18.6 p. 100. On ne put constater la formation d'un alcool trivalent.

La rapidité, avec laquelle l'essence de thé prend naissance dans la fermentation est étonnante. Il est possible que, sous l'influence d'un composé analogue à la laccase de Bertrand, il y ait d'abord une oxydation et que l'essence se forme alors par l'action d'un ferment sur un glucoside!

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Essence de thym. — MM. E. Kremers et O. Schreiner (1) ont publié une modification au procédé de dosage du thymol et du carvacrol autrefois préconisé par MM. Messinger et Vortmann (2). Elle est basée sur ce fait que le thymol étant précipité, en solution alcaline par l'iode, à l'état de combinaison iodée rouge, on peut titrer ensuite dans le liquide, après l'avoir acidulé, l'excès d'iode par l'hyposulfite de soude.

Chaque molécule de thymol exige pour sa précipitation quatre atomes d'iode.

$$C^{10}H^{14}O + 2\,NaHO + 4\,I = C^{10}H^{12}I^2O + 2\,NaI + 2\,H^2O.$$

On pèse 5 centimètres cubes de l'essence à doser dans une burette graduée à 1/10 de centimètre cube et munie d'un bouchon de verre, et on étend l'essence d'un égal volume d'éther de pétrole. On ajoute ensuite une lessive de soude à 5 p. 100 on agite fortement et on laisse reposer. Quand la séparation des deux couches est complète, on fait passer la lessive dans un ballon jaugé de 100 centimètres cubes et on recommence les épuisements à la soude aussi longtemps qu'on observe une diminution du volume de l'essence employée.

On complète alors la solution alcaline de thymol à 100 centimètres cubes ou même, si cela était nécessaire, à 200 centimètres cubes avec la même solution de soude à 5 p. 100.

On prend 10 centimètres cubes de cette solution, on la met dans un ballon de 500 centimètres cubes et on y ajoute une solution d'iode normale décime en léger excès. Le thymol se précipite aussitôt sous forme d'une combinaison iodée rouge brune. Pour s'assurer que la quantité d'iode employée est suffisante, on prélève quelques gouttes de liquide dans un tube à essai et on ajoute un peu d'acide chlorhydrique. Si l'iode est en excès, le liquide a la couleur brune de l'iode, dans le cas contraire il prend un aspect laiteux provenant du thymol précipité. On acidule alors tout le contenu du ballon avec de l'acide chlorhydrique dilué, et on complète avec de l'eau à 500 centimètres cubes. Dans 100 centimètres cubes du liquide, séparé par filtration du précipité on titre l'iode en excès avec une solution normale décime d'byposulfite de soude.

Pour faire les calculs, on multiplie par 5 le nombre de centimètres cubes d'iode employés, on en défalque le nombre de centimètres cubes d'hyposulfite de soude également employés, et on a ainsi la quantité d'iode entrée en réaction.

Chaque centimètre cube de la solution normale décime correspond à 0,003731 grammes de thymol.

(1) *Pharmaceut. Review*, 14 (1896) 221. *Bull. Schimmel* 1891, avril-mai 44.
(2) *Ber. deut. Chem. Ges.* t. 23 p. 2753.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Connaissant la quantité de thymol qui se trouve dans la solution alcaline, on en déduit facilement la teneur en thymol de l'essence primitive.

Dans le dosage du carvacrol, il faut opérer un peu différemment, car l'iodure de carvacrol se précipite à l'état laiteux. Après l'addition d'iode, il faut agiter énergiquement et filtrer; puis on opère pour le reste exactement comme dans le cas du thymol. Les calculs sont les mêmes. Cette méthode fut employée par MM. Melzner et Kremers (1) pour doser les phénols de l'essence de *Monarda fistulosa* L. Les auteurs y constatèrent sur quatre échantillons une teneur en carvacrol de 64,4 à 72 p. 100. Dans une essence de *monarda punctata*, MM. Schumann et Kremers (2) trouvèrent 61,68 et 61,4 p. 100 de thymol.

Essence de valériane du Mexique. — Suivant *Holmes*, il y aurait au Mexique trois espèces de valériane employées en médecine :

1° *Valériana mexicana* D. C., appelée « Guittpatti » dans son pays d'origine.

Racine verruqueuse débitée en rondelles de 4 centimètres et plus de diamètre. Elle renferme 0,91 p. 100 d'acide valérianique.

2° *Valériana ceratophilla* H. B. K. appelée au Mexique « Raiz del Oso » et « Yicama contra el tifo. » Rhizome ligneux de 20 à 30 centimètres de long avec un périderme parcheminé.

3° *Valériana tolucana* D. C. « Mazatetes ». Renferme de grandes quantités d'acide valérianique. Croît dans le Mexique et le Mechoacan.

MM. Schimmel (3) ont distillé des racines appartenant probablement à la première de ces variétés, et ils ont obtenu un liquide qui au titrage accusait 89 p. 100 en acide valérianique hydraté et inactif $C^5H^{10}O^2 + H^2O$.

Essence de vetiver. — On ne sait encore rien sur la composition chimique de l'essence de vetiver et on est obligé de se borner, pour la caractériser, à la détermination de ses constantes physiques et de les comparer, quand il s'agit d'un produit étranger, aux constantes de l'huile préparée par soi-même. C'est ce qu'ont fait MM. Schimmel (4) qui donnent dans leur bulletin les résultats obtenus avec une essence distillée par eux et un produit venant de la Réunion.

	Essence Schimmel.	Essence étrangère.
Poids spécifique à 15°.	1,019 à 1,027	0,9995
Angle de rotation.	+ 25° à 26°	+ 29°
Indice de saponification.	70 à 80	22,6
Solubilité dans l'alcool à 80°. . . .	1 : 1 1/2 à 2	1 : 1 1/2 à 2

(1) *Pharm. Review*, 14 (1896) 198.
(2) *Pharm. Rev.*, 14 (1806) 223.
(3) *Bulletin* avril-mai 1897, p. 47.
(4) *Bulletin* octobre 1897, p. 59.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les différences qui existent dans ces constantes s'accentuent bien plus quand on soumet le produit à la distillation dans le vide.

Fractions sous une pression de 23 mm.	ESSENCE SCHIMMEL. Quantités p. 100.	Déviation polarim.	Solubilité dans alcool à 80°.	ESSENCE ÉTRANGÈRE. Quantités p. 100.	Déviation polarim.	Solubilité dans alcool à 80°.
1° 144 à 164°	8	— 4° 10′	1 : 45	7	+ 17°	1 : 30
2° 164 à 170°	10	— 3° 20′	1 : 30	8	+ 21°	1 : 1
3° 170 à 180°	24	+ 2° 51	—	20	+ 22° 55′	
4° 180 à 185°	30	+ 31° 40′	—	13	+ 25° 55′	
5° 185 à 200°	20	+ 47° 5′	—	52		
Résidu.	8					
	100			100		

Maintenant ces différences ne permettent pas de se prononcer sur la pureté ou la non-pureté de l'essence de la Réunion, car il peut se faire que ce produit ait été obtenu avec de la plante fraîche, ce qui suffit pour qu'il possède une composition s'écartant de celle de l'essence obtenue par distillation de la plante sèche.

Essence de xanthorrée (de résine). — Quand on distille la résine jaune de xanthorrhée d'Australie (résine d'acaroïde, Vellow gross-tree gum) du *xanthorrhea hastilis* R. Br., on obtient environ 0,37 p. 100 d'une essence jaune, qui possède une odeur de storax. Densité = 0,937; pouvoir rotatoire — 3°,14; indice de saponification 74,3; indice de l'acide libre 4,9; indice d'éther 69,4. L'acide libre et combiné est de l'acide cinnamique fondant à 133°. L'essence saponifiée bout entre 145° et 240°. Par distillation fractionnée on a pu isoler de 145 à 150°, du styrol qui a été caractérisé par son bi-bromure fondant à 74-75°(1).

D'après des recherches récentes de M. K. Hildebrand (2), la résine de Xanthorrhée jaune contient des acides cinnamique et paracoumarique libres et combinés au xanthorésinotannol, de la styracine, de l'aldéhyde paraoxybenzoïque, et probablement de petites quantités de cinnamate de phénylpropyle ainsi que des traces de vanilline.

(1) *Bulletin Schimmel* octobre 1897, p. 61.
(2) *Arch. der Pharm.* 234 (1896), 703.

(*A suivre.*)

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS CHIMIQUES

LA GUTTA-PERCHA, D'APRÈS **M. F.-A. Obach** (1).

La composition chimique de la gutta-percha n'est pas encore rigoureusement définie ; c'est un hydrocarbure ($C_{10}H_{16}$) avec deux composés résineux : l'*albane* ($C_{10}H_{16}O$), cristalline, blanche, soluble dans l'alcool chaud seulement, et la *fluaville* ($C_{40}H_{64}O_3$),

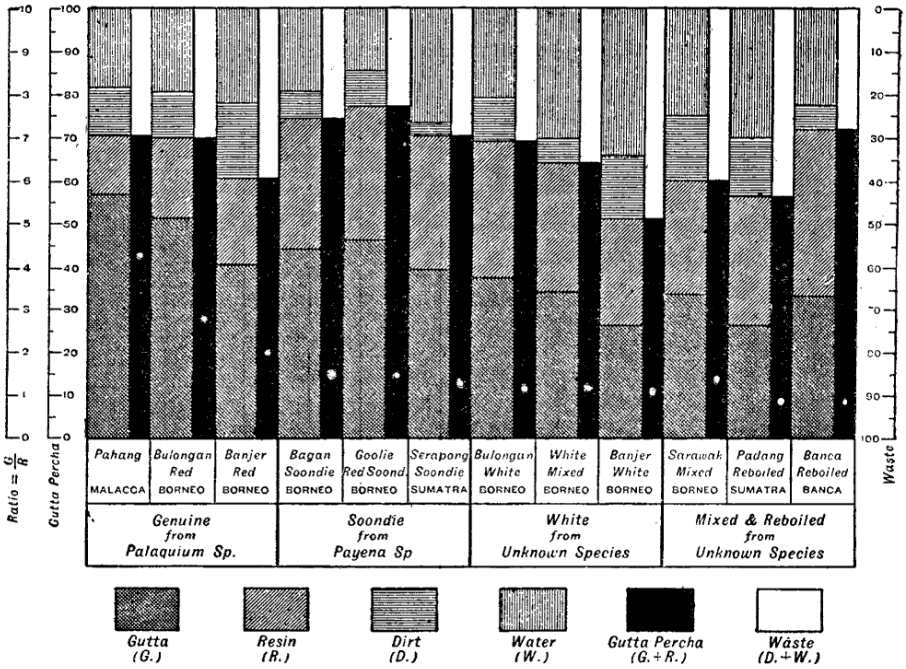


Fig. 1. — Composition de différentes guttas divisées en quatre groupes : gutta pure du *palaquium sp.*; *Soondie* du Payena, *blanche*, d'espèces inconnues, *mélangée et rebouillie*, d'espèces inconnues. On a indiqué, pour chaque gutta, par des teintes différentes et superposées, les proportions p. 100 de gutta, de résine, de poussières et d'eau. Les colonnes noires indiquent la proportion de gutta et de résine, et la hauteur du point blanc le rapport $\frac{G}{R}$ de la gutta à la résine.

amorphe, jaune. La gutta pure est insoluble dans l'essence de pétrole et dans l'éther à froid ; l'albane et la fluaville y sont solubles, et leur prépondérance est nuisible à la qualité de la gutta-percha. Cette dernière renferme en outre de l'eau et des poussières qui en constituent le déchet. On dose l'eau par chauffage à l'air libre puis dans le vide,

(1) *Society of Arts*, 31 déc. 1897, 7 et 14 janvier 1898, *Cantor Lectures*.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

au-dessus d'un corps absorbant l'eau. On évalue les composés résineux en pesant la gutta séchée puis traitée par de l'éther ou de l'essence qui dissolvent ces composés, puis en pesant le résidu abandonné par l'évaporation du dissolvant. On sépare la gutta des

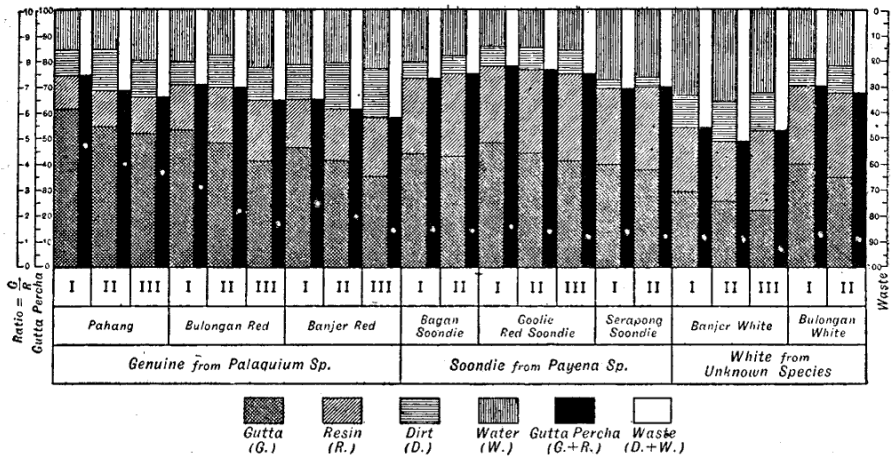


Fig. 2. — Composition et valeur de différentes guttas (Même légende qu'en figure 1).

poussières en la dissolvant dans du chloroforme ou du sulfure de carbone. L'analyse chimique ne suffit pas à caractériser la valeur d'un échantillon, déterminée non seule-

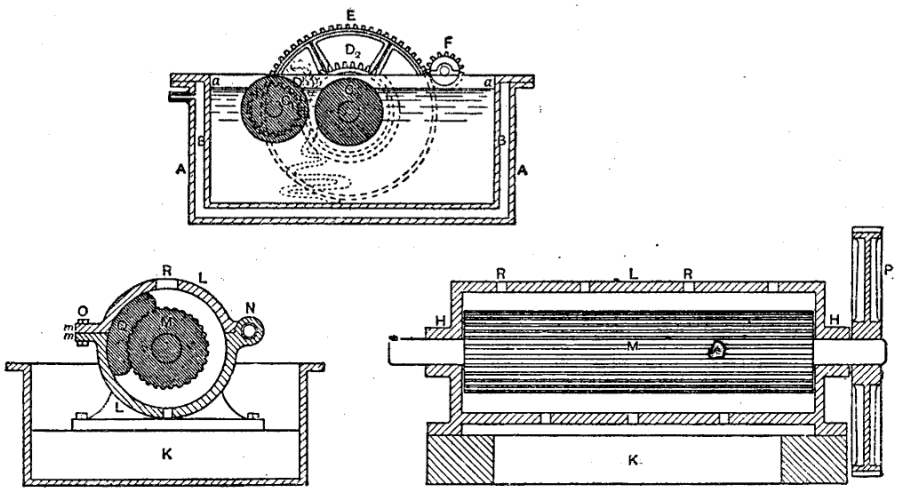


Fig. 3 à 5. — Saveur et malaxeur *Hancock*.

ment par sa teneur en gutta mais aussi par les propriétés physiques de cette gutta. Les graphiques figure 1 et 2 donnent la composition moyenne d'un grand nombre de gutta-percha de différentes provenances; celles du graphique figure 1 sont divisées

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

en quatre groupes, dont les deux premiers se rapportent à des espèces végétales bien définies; celles du graphique figure 2 sont divisées en trois groupes. La hauteur des points blancs indique, pour chaque échantillon, le rapport $\frac{G}{R}$ de la gutta pure à la résine, qui caractérise la valeur chimique de l'échantillon; on voit que ce rapport est beaucoup plus élevé dans le premier groupe que dans les autres. Dans le diagramme figure 2, on a rangé les échantillons de chacun des groupes suivant leur teneur en gutta et aussi d'après leur apparence physique, en général, d'autant meilleure qu'ils renferment moins de poussières, d'eau et de résine.

Préparation mécanique. — La première machine pour le nettoyage mécanique

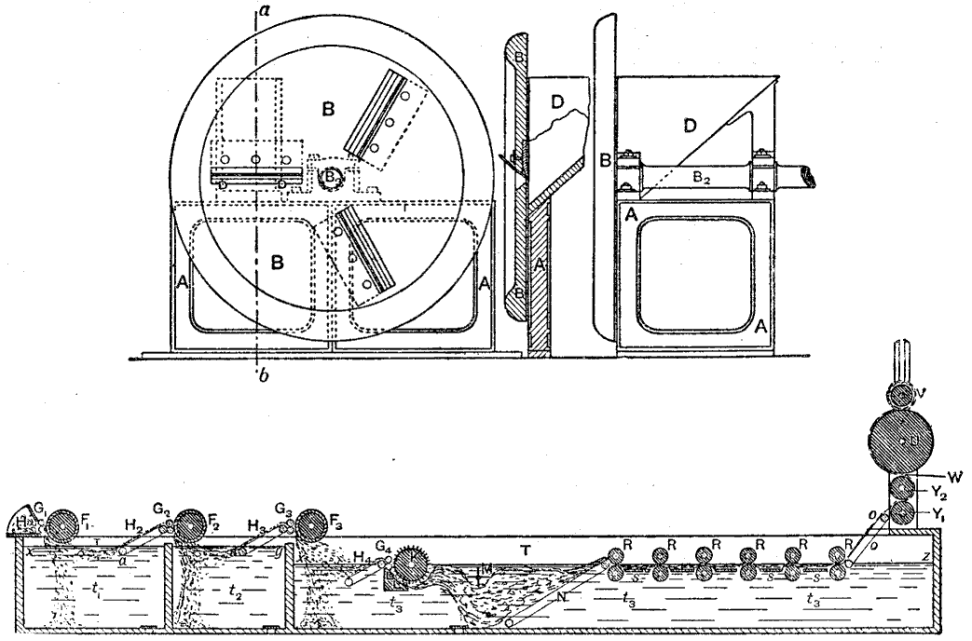


Fig. 6 et 7. — Hacheur et laminoir *Hancock*.

de la gutta-percha, brevetée en 1845, par *Brooman*, mais en réalité inventée par *Hancock*, se composait (fig. 3) de deux cylindres C_1 C_2, tournant, par les pignons D_1 D_2, en sens contraire et à des vitesses inégales, et laminant entre eux la gutta dans un bain d'eau chauffée par une enveloppe de vapeur A B. Dans la fouleuse du même inventeur (fig. 4), la gutta, ainsi amollie, était foulée en Q par un cylindre cannelé M, tournant dans un tambour à charnières N, entouré d'eau chaude. En 1846, Charles Hancock proposa de nettoyer la gutta en la forçant, chaude et plastique, au travers de toiles métalliques, ou en la dissolvant dans de la térébenthine, filtrant puis évaporant la dissolution. Dans la machine Hancock de 1847 (fig. 6) les blocs de gutta étaient amenés par la trémie D, feuilletés par les couteaux du disque B, analogues à ceux des hache-paille, puis ces rognures passaient à la machine (fig. 7). Les feuilles de caoutchouc surnageaient, laissant leurs poussières tomber au fond de l'eau, et passaient,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

amenées par les toiles sans fin H_2 H_3, aux malaxeurs $F_2 F_3$, puis au hacheur à couteaux tournants K, au laveur agitateur M, qui lançait la gutta-percha légère sur la toile N, laquelle l'amenait aux laminoirs R R, d'où elle sortait étirée en feuille. Cette feuille s'enroulait sur le cylindre V, après calandrage entre Y_1 Y_2 et le cylindre en bois U. Cette machine est encore employée dans quelques ateliers. Le *hacheur* actuellement employé ressemble (fig. 8) beaucoup à celui de Hancock, mais ses lames sont

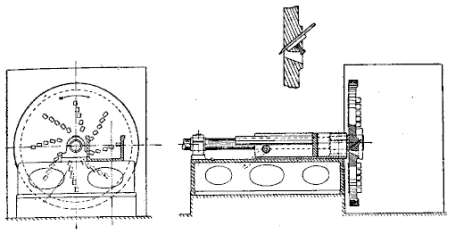


Fig. 8. — Hacheur moderne.

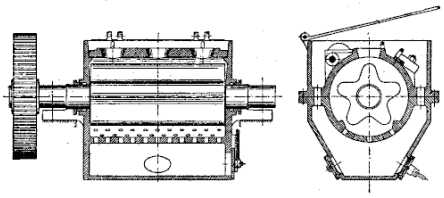


Fig. 9. — Laveuse moderne.

nombreuses et étagées, et le bloc de gutta est poussé contre leur plateau de fonte par un piston avancé par une crémaillère. La *laveuse* est (fig. 9) constituée par un cylindre cannelé tournant dans un tambour plongé dans de l'eau chauffée à la vapeur. De là, la gutta passe, en blocs de 25 kil., au *tamiseur* (fig. 10), constitué par une presse qui la force au travers d'un tamis de toiles métalliques sous une pression d'environ

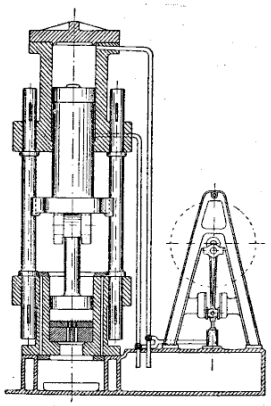


Fig. 10. — Tamiseur.

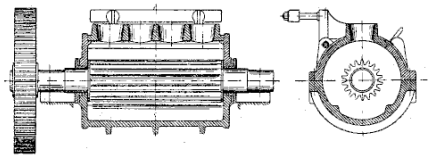


Fig. 11. — Masticateur.

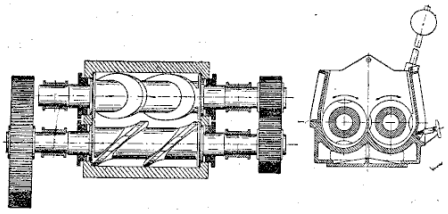


Fig. 12. — Malaxeur *Pfeiderer*.

120 kil. par centimètre carré, puis au *masticateur* à eau chaude (fig. 11) avec cylindre plus petit et plus finement cannelé que celui de la figure 9, et pouvant tenir 50 kil. de gutta. Le *malaxeur* (fig. 12), dont l'emploi dans l'industrie du caoutchouc est dû à M. Pfleiderer, est employé pour constituer des mélanges de différentes sortes de gutta, avec ou sans pigments, etc. On peut en chauffer les cylindres à la vapeur, mais, en général, il faut, au contraire, modérer la chaleur dégagée par le travail seul du malaxage. Du masticateur, le bloc passe au laminoir (fig. 13), qui le débite en feuilles sur une toile sans fin, où il se refroidit et se durcit assez pour être débité en planches.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ainsi qu'on le voit par le diagramme figure 14, un caoutchouc qui renferme à l'origine 21,5 p. 100 d'eau n'en renferme plus que 14,5 p. 100 après sa préparation pour le lavage, puis 13 p. 100 à la fin du lavage, jusqu'au laminage, où cette proportion tombe à 12,5 p. 100. La proportion des poussières tombe de 12,8 p. 100 à 10 p. 100 à l'effilochage, puis à 2,3 p. 100 au premier lavage, et à 1,8 p. 100 au second. Le tableau ci-joint donne le résultat du tamisage de douze charges successives de 25 kil. au travers de trois tamis métalliques superposés, l'un de 30 et les deux suivants de 40 fils au centimètre.

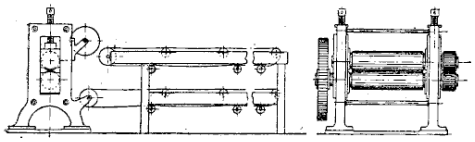


Fig. 13. — Laminoir.

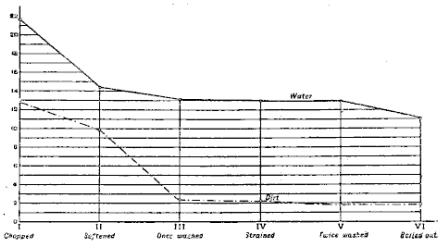


Fig. 14. — Enlèvement de l'eau (*Water*) et des poussières (*Dirt*) par les opérations successives, doucissage ; 1° lavage-tamisage ; 2° lavage-laminages.

Nature des impuretés.	POIDS EN GRAMMES DES IMPURETÉS RETENUES SUR LES TAMIS. 1er tamis de 30 fils au centimètre.	2e tamis de 40 fils au centimètre.	3e tamis de 40 fils au centimètre.	Total.
Fibreuses	0,722	0,425	0,062	1,209
Granulaires	0,433	0,221	0,051	0,705
Magnétiques.	0,170	0,081	0,014	0,265
Totaux.	1,325	0,727	0,127	2,179

Pour 300 kilogr. : impuretés retenues au tamisage.	2gr,179
— — enlevées dans la gutta-percha.	0gr,430
Total.	2gr,609
Gutta-percha retenue par les tamis	160 gr.

Pertes par la préparation mécanique. — La gutta-percha brute y perd jusqu'à 50 p. 100 en poids. Le diagramme figure 17 indique, dans les colonnes B, ces pertes et dans les colonnes A celles minima déterminées par l'épuration au laboratoire, avec, indiquée par le trait mince à gauche des A, la proportion théorique de gutta pure d'après le diagramme figure 1. On voit que B est en général inférieur de 9 p. 100 à A ; mais le rapport de la gutta à la résine, indiqué par les points blancs, est plus élevé en B qu'en A. Quant à la proportion de la perte en poussières et eau, elle a doublé en moyenne depuis 1877, en passant de 20 à 40 p. 100 du poids de la matière brute, augmentation due évidemment à des matières étrangères introduites par fraude et faciles à découvrir aujourd'hui grâce à la transparence de la gutta aux rayons X.

Traitement chimique. — Après lavage à l'eau et laminage, une gutta chargée d'impuretés, expérimentée par M. Obach, renfermait 12,7 p. 100 d'eau et 1,7 p. 100 de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

poussières, tandis, qu'après lavage dans une dissolution de 5 p. 100 de soude, elle ne renfermait que 5,2 p. 100 d'eau et 0,4 p. 100 de poussières; mais ce lavage exige beaucoup de soin pour enlever toute trace de soude qui détruirait rapidement la gutta.

Procédé Obach. — La gutta brute hachée en C (fig. 15), passée au tamis S, puis lentement séchée à la vapeur sur les plates-formes P_1 P_2, passe par h_1 au tambour tournant D, chauffé par un courant d'air chaud, puis au trieur S, qui amène en B les parties fines et en V les grosses. On charge dans le baquet *a*, en fer galvanisé, à fond criblé, un lit de V, un de B, puis un de V. On transporte ces baquets trois par trois dans les digesteurs A B C (fig. 16) reliés en cascade et parcourus méthodiquement par une cir-

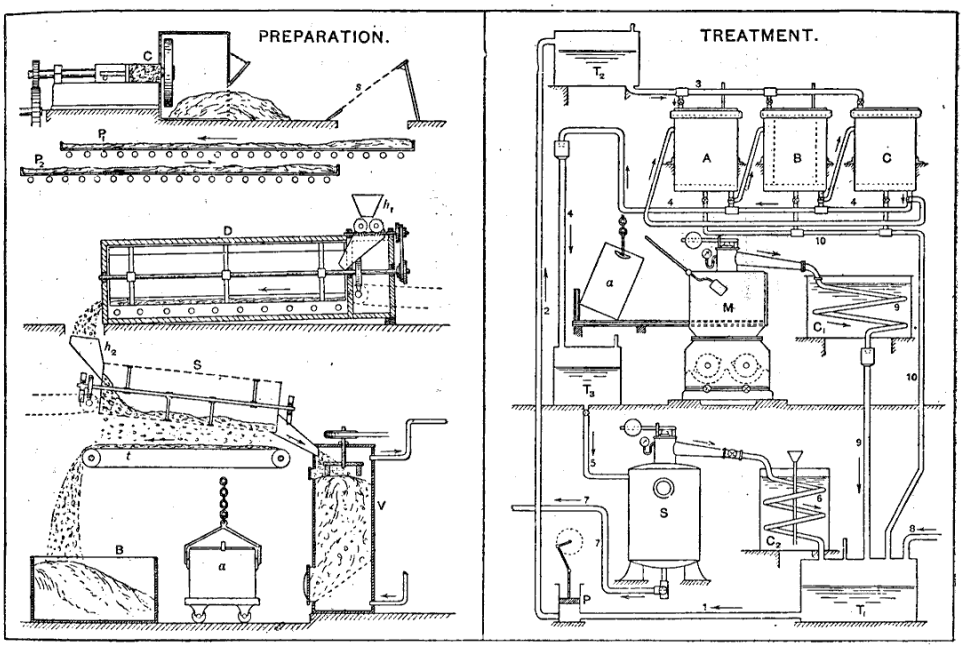


Fig. 15 et 16. — Procédé *Obach*.

culation d'essence de pétrole, de densité 0,65 à 0,67, passant du réservoir T_2 au réservoir T_3, puis au distillateur S, chauffé à la vapeur, où elle abandonne la résine dissoute de la gutta et distille au condenseur C_2 en T_1, pour être ramenée en T_2 par la pompe P_1. L'essence qui sort du premier digesteur A, épuisée de résine, passe par 10 en T_1, et la gutta purifiée, sortie en *a* de A, est passée au masticateur M, chauffé à la vapeur, et qui distille en C_1 T_1 l'essence entraînée par la gutta. Quand la liqueur résineuse de S est suffisamment épuisée, on ferme sa communication avec C_2, et on continue à chauffer S, jusqu'à une pression suffisante pour chasser la liqueur de S dans un autre distillateur à feu nu, dont on extrait la résine pour la vente. Tous ces récipients sont reliés entre eux par une circulation d'air aboutissant au réservoir V, d'où l'air sort, après en avoir traversé le caoutchouc, débarrassé de toute vapeur combustible. Ce procédé donne un caoutchouc propre, ne se ramollissant pas à une température de 50°.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le procécé d'extraction de la gutta par dissolution dans le sulfure de carbone, puis évaporation, donne un produit impur non séparé de la résine, tandis que l'on obtient la gutta presque pure en la précipitant du sulfure de carbone par l'alcool.

Extraction de la gutta des feuilles. — Il y aurait grand intérêt à pouvoir retirer la gutta des feuilles de manière à ménager l'arbre et à diminuer les fraudes. La feuille de gutta (*Palaquium Gutta*) comporte environ vingt-deux arêtes inclinées de 70° à 80° (fig. 18); le latex est contenu dans des pochettes A C D. Un arbre de 3 ans donne environ 7 kil. de feuilles et un arbre de 30 ans 11 kil. De 10 ans à la maturité, qu'il atteint à 40 ans, il donnerait 190 kil. de feuilles, renfermant 9 à 10 p. 100 de

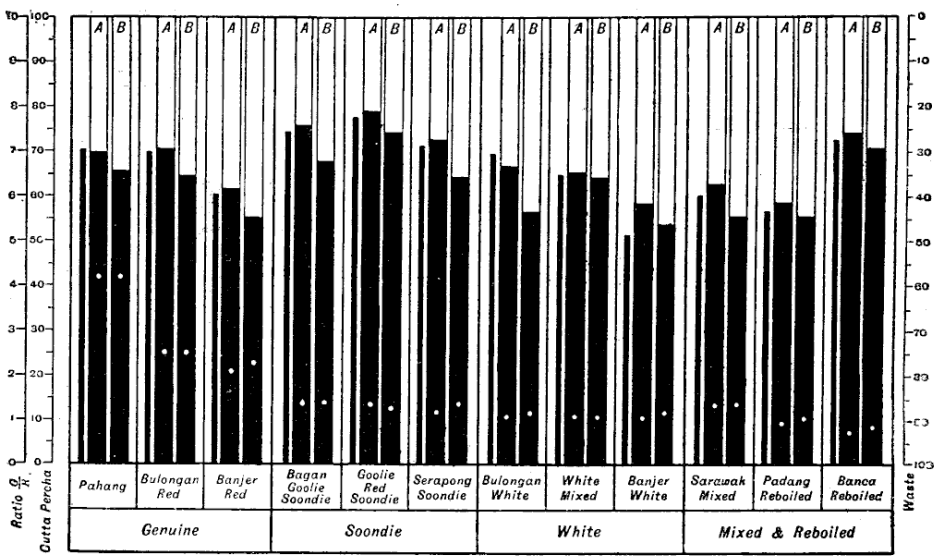


Fig. 17. — Diagramme des pertes subies par les guttas figure 1 à la préparation mécanique. Les points blancs indiquent les rapports $\frac{G}{R}$.

gutta, soit 18 kil., ou plus de vingt fois ce que donne la saignée ordinaire d'un arbre de 3 ans.

En 1892, *M. Dieudonné Rigole* (1) proposa de traiter ces feuilles broyées par le sulfure de carbone chauffé en B (fig. 19) au bain-marie D, et dont les vapeurs, amenées par *a* et condensées en C, traversent les feuilles A et retombent, chargées de gutta, en *a*. Après épuisement des feuilles, la vapeur de la chaudière E chasse le sulfure de carbone des feuilles, qui distille en F, avec la dissolution de B, laissant en B la gutta flottant sur l'eau de la vapeur condensée.

M. Sérullas, également en 1892, proposa comme dissolvant le toluène, chauffé au bain-marie en B (fig. 20), puis versé rapidement, par le siphon *b*, sur les feuilles du digesteur A, à enveloppe A′ et agitateur *a*, d'où il passe, après épuisement des feuilles, à l'alambic D. Actuellement, on sépare la gutta du toluène non par distillation mais par précipitation au moyen de l'acétone; et, récemment, le professeur *Ramsay* a également

(1) Brevet anglais 4252 du 3 mars 1892.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

proposé la précipitation par l'acétone, mais en employant comme dissolvant l'huile de résine au lieu du toluène.

Plus récemment, en 1896, *M. Obach* proposa un procédé fondé sur ce que la gutta, soluble dans l'essence de pétrole à la température de l'ébullition, s'en précipite à la température de 15°. Les feuilles, non pas hachées mais écrasées au laminoir et placées dans un vase perforé, sont (fig. 21) plongées dans l'un ou l'autre des deux digesteurs D_1 et D_3, remplis d'essence par T_1 ou T_3, et chauffés par une enveloppe de vapeur à la température d'ébullition. Après épuisement des feuilles, on amène la dissolution de gutta en T_2, puis on distille en T_4 l'essence retenue par les feuilles que l'on enlève. De T_2, la dissolution de gutta, maintenue chaude, est pompée en T_3, d'où elle passe au second digesteur D_2, à enveloppe refroidie par une circulation d'eau d'où la gutta se précipite. L'essence de D_2 passe en T_3, et l'on chauffe D_2 pour vaporiser l'essence adhérente à la gutta précipitée, les deux digesteurs alternant leurs fonctions.

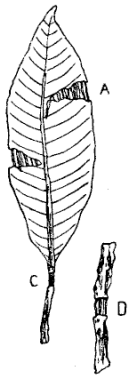


Fig. 18. — Feuille et tige du *Palaquium Gutta*.

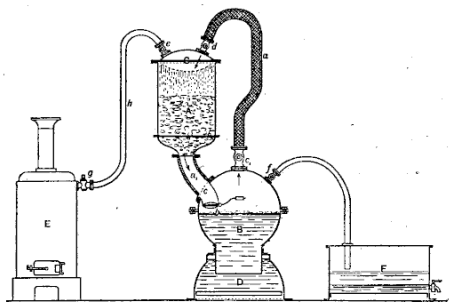


Fig. 19. — Extraction des feuilles procédé *Rigole* (mars 1892).

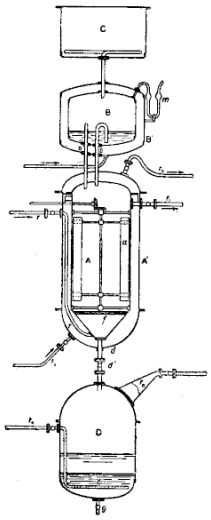


Fig. 20. — Extraction des feuilles procédé *Sérullas* (juin 1892.)

Ces procédés chimiques, malheureusement seuls utilisables pour extraire la gutta des feuilles, ont l'inconvénient de fournir des guttas peu durables.

La Balata. — C'est le seul substitut naturel que l'on ait mis en pratique pour remplacer la gutta. C'est le latex d'un arbre qui atteint 18 à 20 mètres de haut et $1^m,20$ à $1^m,50$ de diamètre, du genre *Sapotacea*, dont les feuilles présentent l'aspect (fig. 22), et qui s'obtient par incision de l'écorce. On le trouve notamment dans la Guyane hollandaise. La gomme du Balata a une densité de 1,0063, elle laisse, après séchage au bain-marie, 60 p. 100 de balata. Elle renferme en moyenne 40 p. 100 de gutta, 35 p. 100 de résine, 10 p. 100 de poussière et 15 p. 100 d'eau. La gutta qu'elle procure est très forte, tenace, d'excellente qualité, mais rare, mélangée à beaucoup de résine, laquelle renferme 2 d'*albana* pour 3 de *fluavile*. Le prix moyen de la balata brute est d'environ 2 fr. 65 le kilogramme; on en a exporté de la Guyane hollandaise 125 tonnes en 1896.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Analyse de la gutta-percha nettoyée. — Cette gutta renferme les mêmes impuretés que la matière brute, sauf que la poussière y est remplacée en grande partie par une matière colorante composée principalement de tan et de bois uniformément disséminés dans la gutta, et qui lui donne sa couleur rougeâtre ou chocolat. L'analyse

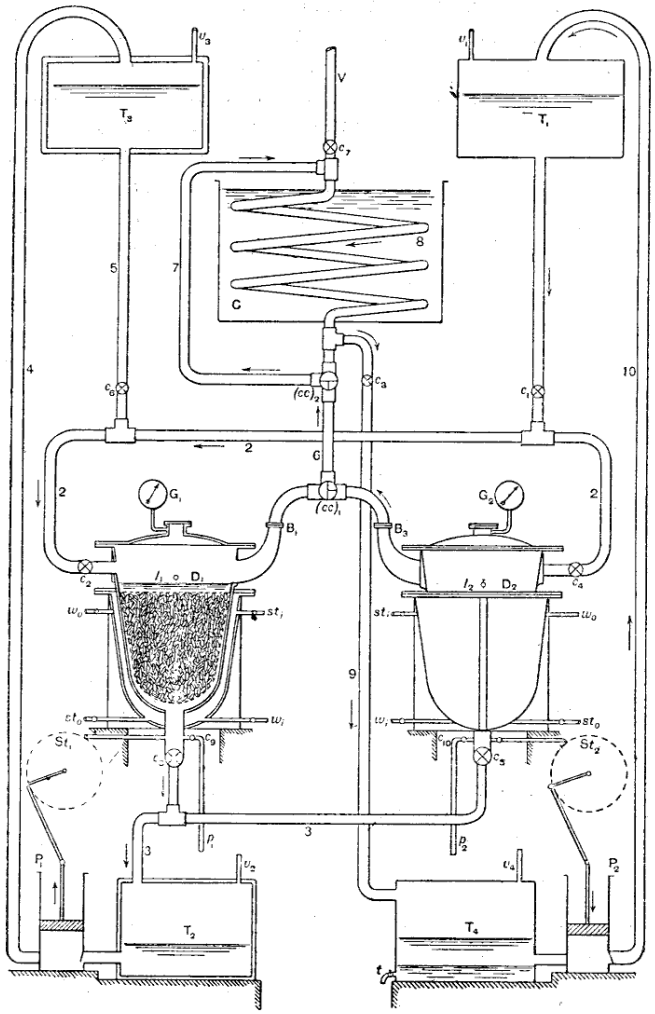


Fig. 21. — Extraction des feuilles, procédé *Obach* (avril 1896).

de cette gutta nettoyée s'opère en découpant la feuille de gutta en morceaux dont on fait deux parts. Dans l'une, on dose l'eau par chauffage dans un courant d'air ou d'hydrogène sec et raréfié, puis absorption dans un tube à acide sulfurique. Dans l'autre partie, on sépare la résine par de l'éther à froid, que l'on distille, et pesant le résidu. Le mélange de gutta et de poussière resté dans l'éther, séché dans le vide et pesé, est traité par le sulfure de carbone ou le chloroforme, dont on sépare la gutta par distillation. On presse ensuite cette gutta en forme de plaques pour en mesurer la résistance

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

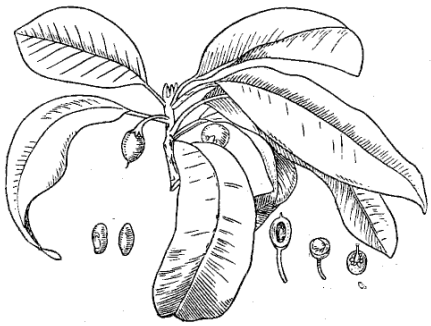


Fig. 22. — Branche et fruits du *Minusops Ballata*.

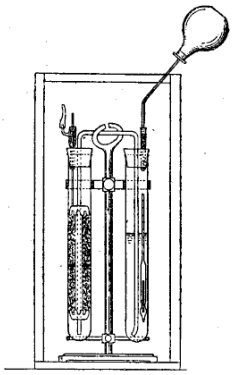


Fig. 23. — Appareil pour l'analyse rapide de la gutta.

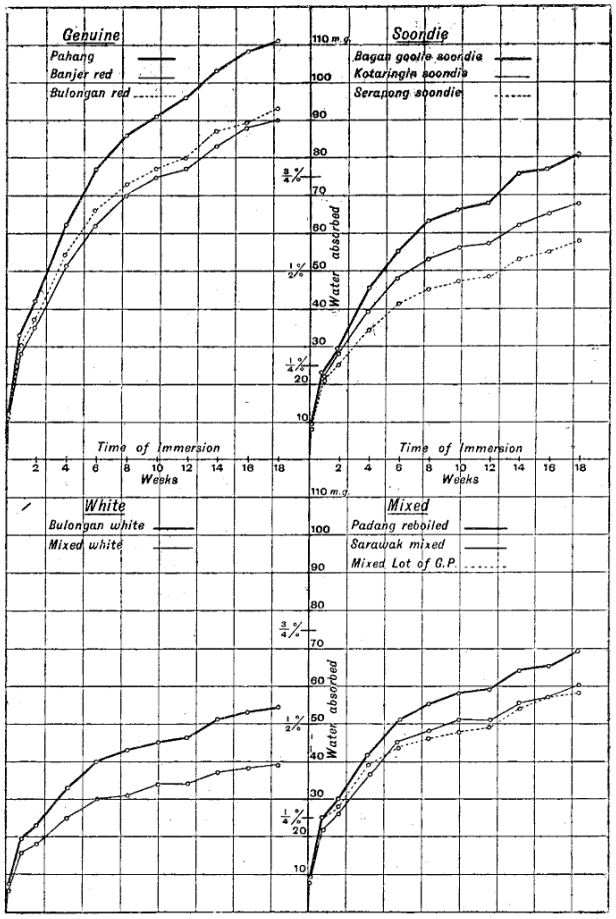


Fig. 24. — Absorption de l'eau (hygrométricité) de différentes guttas. Feuilles épaisses de 2mm,2. Poids 10 grammes. Surface 1 décimètre carré. Les absorptions sont portées sur ordonnées en milligrammes et les durées d'immersion sur abscisses, en semaines.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

et l'élasticité. La poussière est séparée de sa dissolution par turbinage ou par addition soit d'eau soit d'alcool, suivant que l'on a employé comme dissolvant le chloroforme ou le sulfure de carbone.

Lorsqu'on ne veut que déterminer approximativement la proportion de résine, on peut employer l'appareil représenté par la figure 23, qui se compose de deux gros tubes réunis par un siphon. Dans l'un des tubes, on met un poids connu de gutta en petits morceaux et, dans l'autre, un volume connu d'éther, qu'on fait, par la poire en caoutchouc indiquée à droite de la figure, passer dans le tube à gutta. Après un certain temps, on ramène l'éther dans le premier tube et on mesure au densimètre son

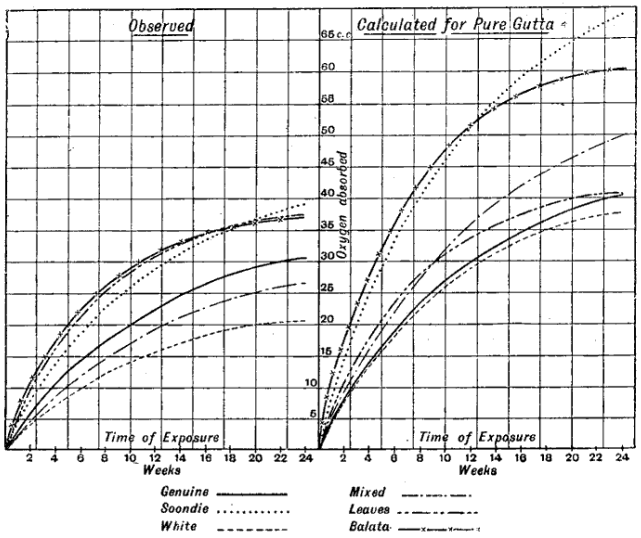


Fig. 25. — Absorptions d'eau par différentes guttas ramenées à celles de la gutta pure.

poids spécifique qui, d'après des tables *ad hoc*, donne immédiatement la proportion de résine correspondante.

Propriétés physiques et mécaniques de la gutta. — Ces propriétés dépendent principalement de la proportion de résine R, ou du rapport $\frac{G}{R}$ (fig. 1). La densité est très voisine de celle de l'eau, même pour des rapports $\frac{G}{R}$ variant de 1,14 à 5,2. Les diagrammes figure 24 donnent les résultats d'essais d'absorption d'eau sur des feuilles de 2 millimètres d'épaisseur et de 1 décimètre carré de surface, pesant environ 10 grammes, l'essai était poursuivi pendant dix-huit semaines par immersion complète.

On voit que l'allure des courbes reste sensiblement la même pour les variétés de gutta d'un même groupe, dont le classement se trouve ainsi justifié sur ce point. On a, à gauche de la figure 25, tracé les courbes d'absorption observées et, à droite, ces mêmes courbes rapportées à la gutta pure, calculées dans l'hypothèse que l'absorption par la résine est pratiquement nulle. Ces dernières courbes montrent que les meilleures guttas

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sont les plus hygrométriques; celle des feuilles est la moins hygrométrique. Le caoutchouc pur de Para est beaucoup plus hygrométrique que la gutta.

Quant à la propriété de se ramollir par l'échauffement, elle s'accentue très vite avec la proportion de résine, — le ramollissement commence de 40° à 50°, — et cette pro-

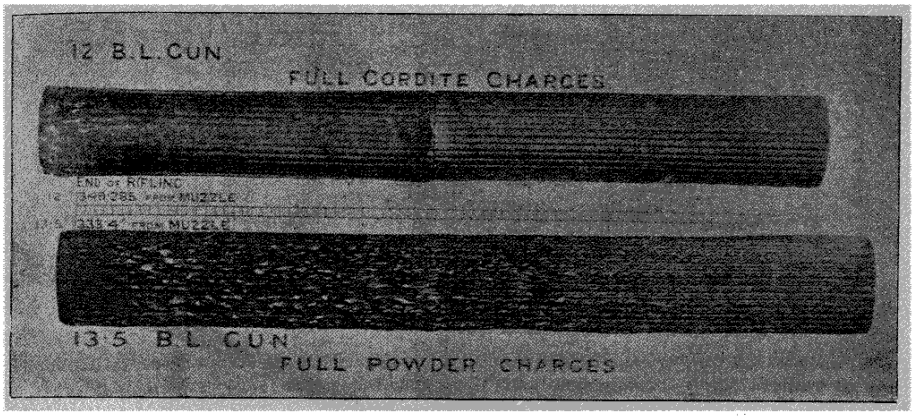


Fig. 26. — Empreintes d'intérieur de canons rayés neufs : après tir de charges à la cordite et 158 charges à la poudre ordinaire.

portion influe aussi beaucoup sur la promptitude avec laquelle la gutta reprend, en se refroidissant, sa dureté primitive.

La résistance à la traction augmente avec la tension de la gutta et diminue avec la

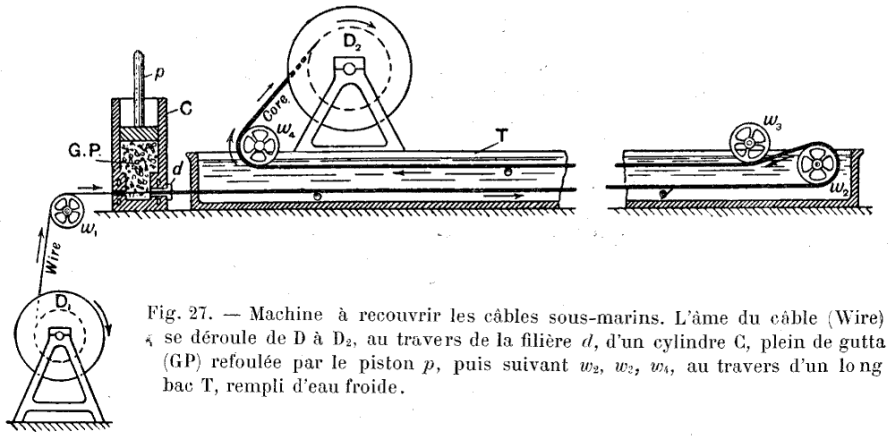


Fig. 27. — Machine à recouvrir les câbles sous-marins. L'âme du câble (Wire) se déroule de D à D_2, au travers de la filière d, d'un cylindre C, plein de gutta (GP) refoulée par le piston p, puis suivant w_2, w_3, w_4, au travers d'un long bac T, rempli d'eau froide.

teneur en résine, passant, par exemple, à la rupture, de 100 à 50 kil. par centimètre carré pour un même échantillon pur et à 55 p. 100 de résine.

La gutta employée comme isolant électrique doit être sèche ; le pouvoir isolant ou la résistance des guttas varie énormément d'un échantillon à l'autre, par exemple de 49 000 à 140 000 meghoms par nœud cube; la capacité inductive spécifique varie de 4,5 à 2,6 fois celle de l'air; celle de la gutta extraite des feuilles est de 2,95; la résis-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tance statique ou diélectrique aux décharges est très considérable. Il faut une tension d'environ 40 000 volts pour percer 3 millimètres de gutta, et de 28 000 pour 2 millimètres et demi.

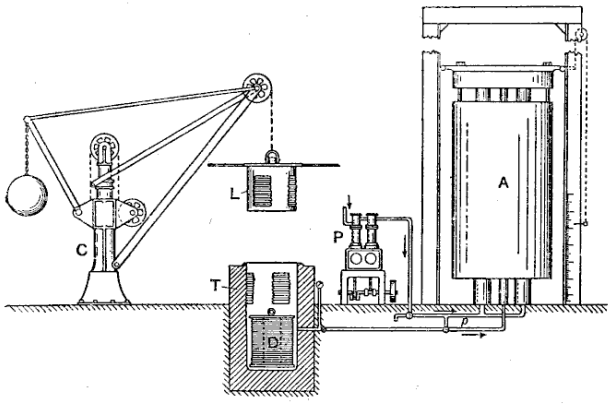


Fig. 28. — Machine à essayer la résistance des câbles sous-marins. Le câble, enroulé sur un tambour D dans un cylindre d'acier T, à fermeture à vis L, est soumis pendant 15 à 20 minutes à la pression hydraulique de l'accumulateur A, soulevé par la pompe P.

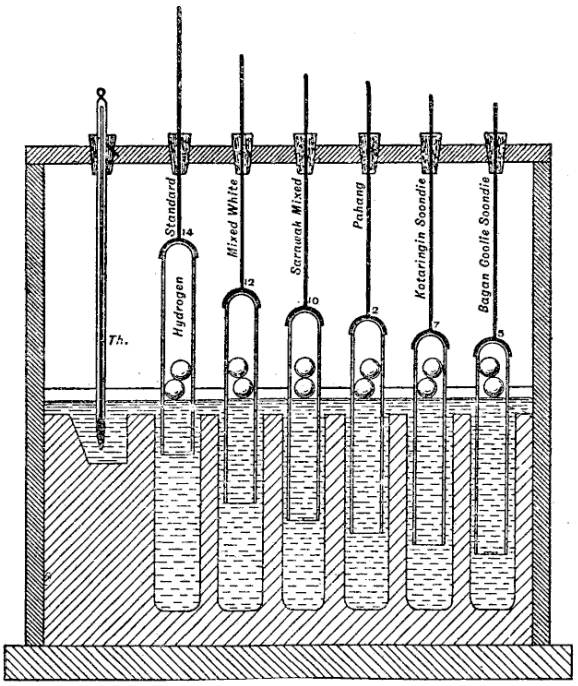


Fig. 29. — Appareil pour mesurer l'oxydabilité des guttas.

Les *applications de la gutta* sont excessivement importantes, nombreuses et variées : mastics, ciments, tissus, reliures, tuyaux, instruments de chirurgie, empreintes,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

notamment celles des intérieurs de canons (fig. 26); isolement des câbles électriques aériens et sous-marins (fig. 27), dont la résistance est essayée (fig. 28) sous des pressions de 600 atmosphères, comparables à celles du fond des océans. On peut aujourd'hui vérifier l'âme métallique de ces câbles en profitant de la transparence de la gutta

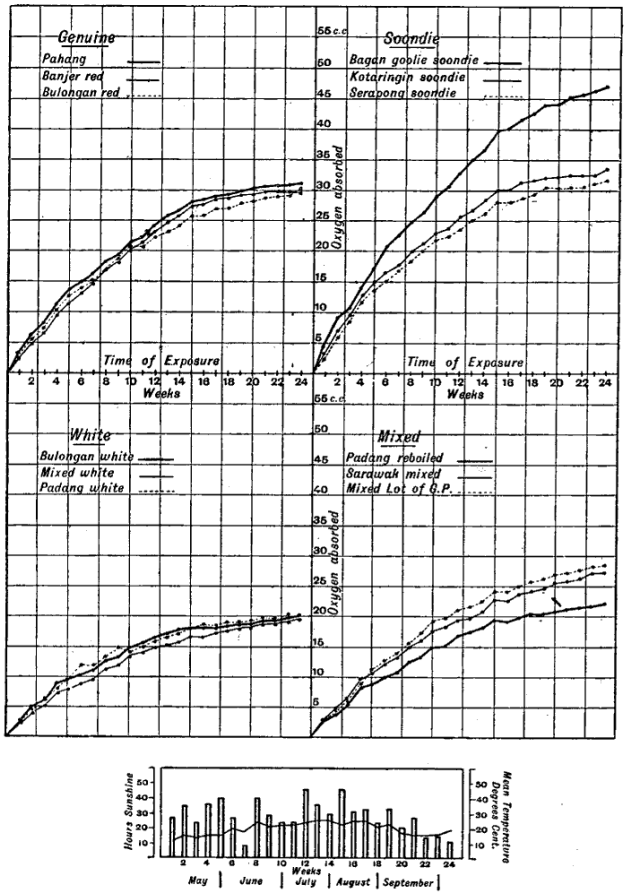


Fig. 30. — Absorptions de l'oxygène par différentes espèces de gutta, portées sur ordonnées, en centimètres cubes, pour deux balles de 16 millimètres de diamètre. Les durées d'exposition en semaines sont portées en abscisses. La petite figure du bas donne, en abscisses, les semaines d'exposition, de mai à septembre, et, en ordonnées, d'une part les heures de soleil, de l'autre, par la courbe, la température moyenne.

aux rayons X au moyen d'un appareil auquel son inventeur, M. A. Siemens, a donné le nom de cryptoscope.

Actuellement, on peut estimer la longueur totale des câbles sous-marins à huit fois et demie le tour de la terre et le poids de gutta employé à 16 000 tonnes, auxquelles il faut ajouter 8 000 tonnes pour les câbles souterrains stratégiques. La consommation totale de gutta en Angleterre, de 1845 à 1896, a été de 48 000 tonnes, dont les deux

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tiers environ pour l'électricité. L'un des principaux emplois de la gutta durcie par l'enlèvement de sa résine est la fabrication des balles; on en fabrique environ 12 millions par an en Angleterre; ces balles doivent être très élastiques et surnager sur l'eau. M. Obach a aussi proposé de l'appliquer à la construction de canots pour les explorations polaires. Un canot pour trois personnes ne pèse que 9 kil. et reste élastique aux plus grands froids.

Les guttas se détériorent plus ou moins vite à l'air par absorption de l'oxygène. Pour étudier ce phénomène, M. Obach a employé l'appareil représenté par la figure 29 composé de six tubes plongeant dans un bain de mercure et renfermant : le premier à

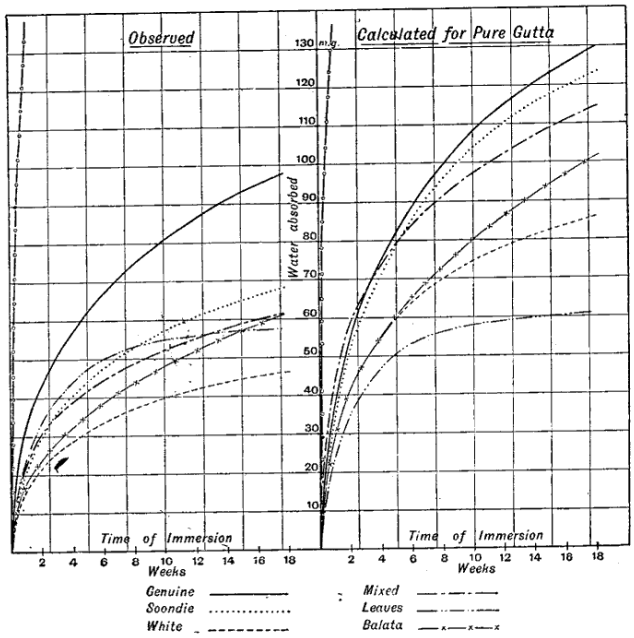


Fig. 31. — Absorptions de l'oxygène observées et calculées pour de la gutta pure.

gauche 30^{cm3} d'hydrogène, et chacun des autres 30^{cm3} d'oxygène, avec, dans tous les tubes, deux balles de gutta de 2 centimètres cubes chacune. Après vingt-quatre semaines d'exposition à l'air, dont six cent quatre-vingts heures de soleil à la température moyenne de 20°, cet appareil a donné les résultats représentés par les courbes figure 30, ramenés à la gutta pure sur les courbes figure 31. On remarquera comme pour l'hygrométricité, l'allure concordante des courbes d'un même groupe et la résistance relativement élevée de la gutta extraite des feuilles. L'ozone, qui attaque rapidement le caoutchouc, attaque beaucoup moins la gutta. La gutta mise à l'abri de la lumière résiste beaucoup plus longtemps à l'action oxydante de l'air, qui la rend poreuse et cassante, et l'on n'a pas encore réussi à l'en protéger par différentes additions de tanins, etc.

G. R.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS MÉCANIQUES

L'UNIFICATION DES FILETAGES A L'ÉTRANGER

L'Union suisse des industriels mécaniciens (*Verein Schweizerischer Maschinen-Industrieller*) a pris l'initiative d'une conférence internationale pour l'unification des filetages. Depuis longtemps, cette société se préoccupe de cette importante question. Le 2 novembre 1893, un de ses membres, M. R. Landolt, a rédigé un rapport sur le projet présenté par la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale. Le 2 mars 1897, le 20 novembre 1897, et le 29 janvier 1898, elle a tenu à Zurich des conférences pour l'étude de l'unification des filetages et des jauges. A la conférence du 20 novembre 1897, elle avait appelé des représentants de la Société d'Encouragement et de l'Union des Ingénieurs allemands. Le procès-verbal de cette conférence a été publié en allemand et en français; nous reproduisons ci-dessous le texte français :

Cette conférence a décidé qu'un Congrès International serait convoqué à Zurich au mois de mai 1898; on soumettra à ce Congrès la question de l'*établissement d'un système de filetage à base métrique pour les vis mécaniques.* L'étude des jauges a été écartée. La conférence du 20 novembre 1897 a précisé autant que possible les questions qui seraient soumises à ce Congrès international; elles sont résumées dans le procès-verbal.

La Conférence du 29 janvier 1898 a approuvé ce procès-verbal; elle s'est ensuite occupée de la rédaction de la circulaire qui serait adressée pour la convocation au Congrès international.

La Société d'Encouragement est heureuse de voir quels progrès a faits depuis quelques années la question des filetages, pour lesquels elle a proposé une solution qui s'est rapidement propagée en France; elle sera représentée au Congrès de mai prochain.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

PROCÈS-VERBAL DE LA SÉANCE DU COMITÉ D'ACTION SUISSE POUR L'UNIFICATION DES FILETAGES ET DES JAUGES TENUE A ZURICH LE 20 NOVEMBRE 1897, A 10 HEURES DU MATIN, A L'HOTEL VICTORIA. — En présence de représentants : 1° de l'*Union des Ingénieurs allemands;* 2° de la *Société d'Encouragement pour l'industrie nationale* (1).

Dans son allocution de bienvenue, le président, M. le Colonel *Huber*, remercie les assistants de leur empressement à se rendre à sa convocation; il annonce que M. E. Huber, directeur de la Fabrique de machines d'Oerlikon, remplace M. C. Sulzer, de la maison Sulzer frères, absent de Suisse, et que M. Hurlimann, ingénieur de la Fabrique de machines-outils Reishauer, succède, dans le Comité d'action, à M. l'Ingénieur *R. Landolt*, depuis de nombreuses années auxiliaire actif de l'Union suisse et dont on déplore la triste fin; le Président lui consacre un court adieu et les assistants se lèvent en l'honneur de sa mémoire.

M. le professeur *Rud. Escher* a bien voulu se charger de préparer à la place de M. Landolt le rapport suivant :

Rapport sur l'état de la question de l'unification des systèmes de filetages et de jauges.

Une conférence, tenue à Zurich le 2 mars 1897, a été provoquée par *l'Union suisse des industriels mécaniciens* pour délibérer sur les moyens d'obtenir l'unification des systèmes de filetages et des jauges pour les tôles et les fils métalliques.

Sans compter les membres de l'Union qui en a pris l'initiative, cette conférence a réuni des représentants de : *l'Union suisse des Chemins de fer, l'Union suisse des Chemins de fer secondaires, l'Union suisse des Ingénieurs et des Architectes, la Société des anciens élèves de l'École Polytechnique Fédérale, l'Union électrotechnique suisse.* Étaient aussi présents : M. *Landolt*, directeur de la fabrique de machines-outils Reishauer, M. le professeur *Tetmayer*, directeur du laboratoire fédéral pour l'essai des matériaux de construction, et M. *A. Bertschinger*, inspecteur technique au ministère des Chemins de fer suisse.

Les résolutions suivantes ont été prises à cette conférence :

« 1° La Conférence reconnaît l'opportunité et l'utilité de l'unification des filetages et des jauges pour fils métalliques, tôles, etc., sur une base métrique;

(1) Assistaient à la séance :

Le Comité d'action composé de :

MM. le Colonel *P. E. Huber*, président; *A. Jegher*, ingénieur, secrétaire; *Brown*, ingénieur de la maison Brown, Boveri et Cie à Bade (Argovie); *R. Escher*, professeur à l'École Polytechnique fédérale de Zurich; *E. Huber-Stockar*, directeur de la fabrique de machines d'Oerlikon; *Hurlimann*, ingénieur de la Société pour la construction de machines-outils Reishauer à Zurich; *A. Stodola*, professeur à l'École Polytechnique fédérale de Zurich; *R. Weyermann*, ingénieur en Chef du Chemin de fer Jura Simplon, Berne.

Pour l'Union des Ingénieurs allemands :

MM. le Directeur *Th. Peters*, Berlin; *Ch. Delisle*, ingénieur, à Karlsruhe; *J. E. Reinecker*, fabricant de machines-outils, à Chemnitz.

Pour la *Société d'Encouragement pour l'industrie nationale :*

MM. *O. Linder*, inspecteur général des Mines, Paris; *Ed. Sauvage*, professeur à l'École des Mines de Paris.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

« 2° La Conférence institue un Comité d'action de 7 membres, chargé de se mettre en rapport avec les associations allemandes, françaises, anglaises, pour déterminer les voies qui peuvent conduire à cette unification ; ce Comité adressera un rapport sur la question à l'assemblée des délégués, et fera, s'il y a lieu, des propositions. »

Ces résolutions ont été prises à l'unanimité, mais on a décidé l'insertion au procès-verbal de la déclaration faite, par M. Ch. Sulzer, en faveur du système Whitworth :

« M. *Sulzer* pense que l'unité de mesure à prendre comme base du système n'a pas une importance essentielle. Il ne voit pas la nécessité d'abandonner le filetage Whitworth, largement répandu, très pratique, éprouvé depuis cinquante ans; au contraire, on ne connaît pas toutes les conséquences de l'emploi d'un nouveau système, qui peut offrir de graves inconvénients. »

La réunion actuelle est composée, en vertu de ces décisions, du Comité d'action déjà cité et des représentants des associations allemandes et françaises intéressées. Les Anglais n'ont pas encore été invités, ils s'intéressent de préférence à l'unification des jauges pour les tôles et les fils métalliques, problème dont la solution paraît très facile pour le continent. Nous nous intéressons, avant tout, à l'unification des filetages, tandis qu'en Angleterre, il ne se manifeste aucune tendance pour l'adoption d'un système de filetage métrique, et pour l'abandon du filetage Whitworth; il en sera de même tant que le système métrique n'y sera pas introduit, au moins facultativement.

Notre mission actuelle n'est nullement de formuler une proposition en faveur d'un système de filetage déterminé, ni de prendre une décision. Nous devons seulement donner un avis préalable sur la manière dont une entente internationale pourrait être réalisée sur le sujet qui nous occupe, et préparer le programme d'une Conférence internationale, qui pourrait être provoquée éventuellement.

Toutefois, nous ne devrons pas éviter de traiter la question à fond, car l'on ne doit se présenter devant un congrès international étendu qu'avec des idées très claires, si l'on veut arriver à un résultat. Aussi, je pense ne pas m'écarter de l'objet de ma mission en vous exposant brièvement mes vues sur l'unification des filetages, afin de donner un point de départ à la discussion.

Avant tout, je me permets d'exprimer le vœu que la question soit traitée avec la plus grande sobriété; elle est d'une nature essentiellement pratique; les remarques théoriques et les considérations ayant un caractère scientifique ne peuvent que rendre la solution plus difficile, parce qu'elles introduisent des facteurs étrangers à la question.

Ce qu'il faut avant tout, c'est l'unification des filetages. Tous ceux qui s'occupent de construction de machines sentent la nécessité d'un système de filetage uniforme.

De grandes administrations, telles que des Compagnies de chemins de fer, des administrations militaires, etc., peuvent se permettre, sans grand inconvénient, d'avoir un système de filetage particulier. Mais, pour le grand public, où chacun a affaire avec le voisin, l'unification des vis est une nécessité impérieuse.

En dehors de l'unification même, la nature particulière du système a une importance secondaire ; tout système de filetage est bon si on emploie partout le même.

Si l'on avait à créer un système de toutes pièces, il est évident qu'on ne songerait pas à partir d'une base autre que le système métrique. Mais la question n'est pas si simple; on doit compter avec le passé. Le système de filetage Whitworth est déjà

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

répandu dans le monde entier, à l'exception de la France et de l'Amérique du Nord.

Sans doute, il n'en résulte pas une unification réelle, et tout praticien sait combien il est fréquent que des vis et des écrous de dimensions identiques, mais d'origine différente, ne puissent se marier parce que les diamètres ne correspondent pas exactement. Toutefois il ne serait pas très difficile de réaliser une unification en partant du système Whitworth.

Le passage d'un système de filetage à un autre entraîne des difficultés énormes. L'achat de nouveaux outils occasionne des dépenses considérables. Les approvisionnements de vis existants doivent être épuisés et les machines actuelles doivent être entretenues. On doit par conséquent se servir d'un double outillage et conserver parallèlement deux systèmes de filetages, jusqu'à ce que l'on ait mis à la ferraille la dernière machine construite avec l'ancien système. Le passage d'un système à l'autre est infiniment plus difficile que, par exemple, un changement de système monétaire.

Il est facile de comprendre, qu'en présence de ces difficultés, le constructeur de machines redoute le changement; il se demande si la suppression du petit inconvénient de l'emploi simultané de deux systèmes de mesure différents n'est pas achetée trop cher. En tout cas, il a le droit de savoir comment le nouveau système de filetage est constitué, avant qu'il se décide à renoncer à l'ancien.

A mon avis, la question devrait être traitée de la manière suivante :

Tout d'abord, il y aurait à déterminer le système à base métrique que l'on pourrait éventuellement adopter à la place du système Whitworth, en choisissant parmi les divers systèmes existants ou à créer sur cette base. Ensuite, on se déciderait pour ce système à base métrique ou pour le système Whitworth.

Dans l'état actuel de la question, le choix d'un filetage à base métrique se limite entre le système de l'Union des Ingénieurs allemands et le système français de la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale. La proposition d'un nouveau système ne pourrait que gêner l'unification.

Un système de filetage comprend toutes les données nécessaires pour l'exécution des vis qui conviennent à chaque cas, avec une exactitude suffisante dans la pratique. L'exactitude est pratiquement suffisante lorsque les écarts qui existent par rapport au type normal ne dépassent pas le jeu inévitable entre le filet plein et le filet creux.

Un filet est déterminé par :

1° Le diamètre;

2° Le pas;

3° Le profil (angle, arrondi ou troncature).

Les deux premières grandeurs sont relativement faciles à contrôler et à observer. C'est l'exécution du profil qui est difficile. Il est aisé de poser des règles géométriques à ce sujet, mais il est excessivement difficile de les observer d'une manière assez exacte pour que deux vis, fabriquées en des endroits différents, se correspondent réellement. En présence de cette difficulté, la commodité plus ou moins grande d'un détail, comme le tracé de l'angle, est tout à fait secondaire. Si l'on attribue la moindre importance à ce tracé, c'est certainement à l'angle de 60° qu'il faut donner la préférence.

On peut se demander ici s'il n'existe aucun moyen de conserver d'une façon rigoureuse un profil donné.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Je crois, Messieurs, pouvoir vous faire à ce sujet la proposition suivante :

Lorsque le système métrique fut institué, il y a cent ans, on se donna la peine de prendre une unité que l'on pourrait rétablir si elle venait à être perdue. On choisit comme unité, sous le nom de mètre, la dix millionième partie du quart du méridien passant par Paris, et l'on prit comme unité de poids le poids d'un décimètre cube d'eau à 4°. Plus tard, les géomètres démontrèrent que les procédés de mesure qui avaient servi à déterminer la longueur du mètre n'étaient pas tout à fait exacts ; la géologie enseigne à ce sujet que la circonférence de la terre diminue de quantités mesurables dans un espace de temps relativement court. La base solide que l'on avait rêvée pour l'étalon de mesure n'existe donc pas, et le mètre se présente comme une mesure établie arbitrairement, ainsi que toutes les anciennes unités. Cela n'a cependant pas de conséquences désavantageuses ; les étalons employés dans les différents pays sont des copies du mètre étalon de Paris ; le désordre ne se produirait que si un État voulait établir la valeur du mètre en se basant sur de nouvelles mesures de la terre. De même, les étalons de poids ne sont également que des copies du kilogramme de Paris, et il ne viendra à personne l'idée de rétablir cet étalon d'après le poids d'un décimètre cube d'eau.

Le même principe n'est-il pas applicable pour l'unification des filetages, et ne suffirait-il pas de prendre pour base une vis étalon ? La réponse n'est pas douteuse ; on pourrait exécuter une première vis en acier avec le plus grand soin, d'après les règles établies, sous forme de taraud. Ce taraud terminerait le filetage d'un petit nombre d'écrous en acier déjà amenés très près des formes finales. On pratiquerait dans ces écrous les saignées nécessaires pour que l'on puisse s'en servir, après trempe, pour achever le filetage d'un nombre correspondant de vis dégrossies préalablement, et ainsi de suite. Après quelques opérations seulement, on pourrait avoir un très grand nombre d'outils dont les filetages se correspondraient ; ces outils seraient distribués dans le monde entier, par l'Office central commis à cet effet ; alors, en continuant à procéder de la même manière, on s'en servirait pour la fabrication des outils destinés au commerce. Si, avec le premier taraud, on finit le filetage de cent écrous dégrossis, l'usure pourra être assez faible pour que la différence entre le premier et le dernier écrou soit insignifiante. En utilisant chaque écrou pour le filetage de cent tarauds et ainsi de suite, on disposera déjà, après quatre opérations, d'un million d'écrous types.

Il y aurait lieu d'établir par l'expérience quels sont les défauts qui résultent, pour le filetage, de l'usure des outils, des déformations dues à la trempe ou d'autres causes. Je crois, qu'avec une exécution soignée, ces défauts resteraient dans les limites pratiquement tolérables, et, en tous cas, les filets des vis provenant d'une même opération se correspondront toujours très bien.

Si cette méthode réussissait, la difficulté de l'observation d'un profil déterminé se trouverait écartée d'un seul coup ; on pourrait choisir, sans aucune autre considération, le profil qui paraît le plus convenable.

L'usure des tarauds et des coussinets à fileter se produit d'abord aux angles aigus des profils tronqués. Les tarauds s'usent moins vite avec un profil à arrondis qu'avec un profil à troncatures.

Ainsi que le montrent les expériences de Martens, il n'y a aucune différence, au point de vue des charges statiques qu'elles peuvent supporter, entre les vis à filet tronqué et celles à filet arrondi. Il pourrait en être autrement quand les chocs et les

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

secousses interviennent. Des expériences nombreuses obligent à admettre que, dans ce cas, le profil arrondi est supérieur au profil tronqué. Il serait intéressant de faire des essais à ce sujet. L'ouvrier qui les manie préférera sans doute les vis à filet arrondi aux vis à filet tronqué, dont les angles vifs s'impriment dans la paume de la main.

Toutes ces raisons militent en faveur du profil à arrondis; je veux bien cependant accorder qu'il n'y a pas lieu d'attribuer à la plupart de ces raisons une importance prépondérante. En outre, le profil à troncature a fait ses preuves en Amérique. De plus, il faut remarquer que, d'après les règles de la Société d'Encouragement, chacun est libre d'adopter ou non le filet arrondi; ces règles considèrent le profil normal tronqué comme un profil maximum ou minimum.

Je n'ai rien à dire sur la grandeur de l'angle. A mon avis, on pourrait le choisir à volonté entre 50° et 60°, sans qu'il y ait une raison sérieuse à alléguer pour une valeur déterminée. Il ne paraît pas opportun de descendre en dessous de 50°, eu égard aux filets en fonte ; si certains chemins de fer français ont admis des angles encore plus aigus, c'est que les filetages dans la fonte sont peu employés pour le matériel des chemins de fer.

Quant à l'échelle des diamètres, elle ne donnera lieu qu'à peu de difficultés. Si l'on gradue les diamètres de millimètre en millimètre jusqu'à 10 millim., de 2 millim. en 2 millim. entre 10 et 30 ou 32 millim., et ensuite de 4 en 4 millim., on pourra répondre à tous les besoins. Il n'y aurait aucun intérêt à prendre des intervalles plus resserrés; dans le système Whitworth, les intervalles de 1/16 de pouce ne sont pas d'ordinaire utilisés pour les filets d'un diamètre de plus d'un 1/2 pouce. Il serait facile de créer dans chaque cas les diamètres intermédiaires qui pourraient être exceptionnellement nécessaires; on pourrait même les prévoir dans le système de filetage.

Si l'on veut désigner la grosseur des vis par un numéro, il faut choisir celui-ci de façon que l'on puisse en déduire immédiatement le diamètre. Dans le système anglais, le numéro donne le diamètre en huitièmes de pouce. Par exemple : n° 3 1/2 = 7/16 de pouce. Le numéro du filet, dans le système Whitworth, multiplié par 3/18 donnerait le diamètre en millimètres. Ce nombre est l'inverse de π; le calcul peut donc se faire aussi au moyen d'une table des longueurs des circonférences de cercle. Dans le système à base métrique, le numéro donnerait également le diamètre en millimètres.

La question sera plus difficile en ce qui concerne le pas. D'après la proposition de l'Union des Ingénieurs allemands, le pas est (approximativement) une fonction continue du diamètre. Cela paraît, à première vue, tout à fait rationnel. Dans le système français, on propose au contraire une gradation dans laquelle plusieurs filets consécutifs ont le même pas. Cela présente pour les ateliers un certain avantage. Si le filet d'un écrou est usé, on peut le retailler avec le taraud de dimension immédiatement supérieure; tandis qu'autrement il faut d'abord enlever complètement le filet, et ensuite, seulement, l'on peut en tailler un nouveau à l'aide d'un taraud plus fort. Pour les diamètres intermédiaires possibles, on pourrait, du moment que le pas est le même, employer dans les filières les mêmes coussinets que pour les numéros principaux voisins ; on n'aurait ainsi besoin que des tarauds spéciaux pour ces diamètres intermédiaires.

Il est inutile d'insister beaucoup sur ces avantages ; mais, comme ils sautent aux yeux, on aurait tort de vouloir y renoncer pour un « principe ».

En ce qui concerne la valeur absolue des pas, les systèmes de filetage allemand et français sont si voisins que les différences paraissent sans importance. Tous deux ont,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pour un diamètre de 6 millimètres, un pas de 1 millimètre, de sorte qu'ils correspondent avec le filetage des vis horlogères (du 6 décembre 1892). On ne voit d'ailleurs pas de graves inconvénients à ce que le filet des vis mécaniques ne soit pas le même que celui des vis horlogères ; la différence, pour le diamètre de 6 millimètres, serait si faible, qu'elle serait à peine perceptible. Il n'y aurait qu'à décider par une convention si le diamètre de 6 millimètres sera assigné aux vis horlogères ou aux vis mécaniques. Pour ma part, je proposerais de l'assigner aux vis mécaniques.

Je regarde comme très difficile l'établissement des règles pour le jeu entre les boulons et les écrous. Indépendamment de la difficulté de déterminer ce jeu, les besoins de la pratique sont très différents ; on exige de certains écrous qu'ils montent facilement sur les vis, tandis que, dans d'autres cas, on veut qu'ils soient aussi justes que possible. Je crois qu'on devrait accorder à ce sujet une certaine liberté à la pratique.

La question de l'ouverture des clés, qui est une annexe de la question principale, sera probablement vite tranchée dès que la question principale sera réglée. Grâce aux moyens dont on dispose pour saisir les écrous, la question n'est pas urgente. Dans chaque cas, on devrait établir deux clés pour chaque vis ; une pour les écrous bruts, et l'autre pour les écrous finis. Enfin, quelle que soit la décision qu'on prendra maintenant, qu'or se décide pour un système métrique ou que l'on conserve le système Whitworth on ne peut pas se contenter d'un système qui n'existe que sur le papier. Il est au contraire indispensable de créer un office central qui se charge de l'essai des vis, de l'établissement des jauges normales et même de la fabrication des outils types destinés au filetage. Cette voie peut seule conduire à une réelle unification.

Prenant le rapport comme point de départ, le *Président* indique la raison pour laquelle l'*Union des industriels mécaniciens suisses* provoque aujourd'hui la discussion internationale des questions à l'étude. A l'ordre du jour d'une prochaine conférence internationale des chemins de fer, figure la « désignation du système de filetage métrique à employer pour le matériel des chemins de fer ». Les constructeurs de machines semblent plus intéressés que les administrations de chemins de fer à la solution de cette question sur une base internationale ; par suite, il ne conviendrait pas de laisser choisir un système international de filetage métrique établi en tenant compte exclusivement des besoins des chemins de fer.

C'est dans ce sens que la Conférence réunie le 2 mars a projeté de soumettre l'affaire à un congrès international pour la discuter et pour prendre, s'il y avait lieu, une décision, et de charger un *Comité d'action* de rédiger un rapport préliminaire. Si ce comité a été amené à ne tenir qu'aujourd'hui sa première séance, cela tient, d'une part, à ce que la date de la susdite Conférence des Chemins de fer n'était pas encore fixée, et, d'autre part, à ce qu'il y avait lieu d'attendre les résultats des essais comparatifs entrepris sur l'initiative de l'Union des Ingénieurs allemands avec les différents systèmes de filetages proposés. Ces essais préalables étant terminés, le Président a pensé qu'il était temps de s'occuper, d'accord avec l'Union des Ingénieurs allemands et avec la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale, de la convocation d'un congrès international, et d'arrêter le programme, la date et le lieu de ce congrès.

Il prie les assistants de donner avant tout leur avis sur la question.

M. le Directeur *Peters* remercie d'abord le président du Comité d'action d'avoir fait naître l'occasion de discuter ces questions sur la terre neutre et hospitalière de Suisse.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Il est d'avis que le congrès en perspective n'a qu'à émettre des recommandations et non à prescrire des règles. La question de filetage n'exige pas absolument une solution urgente et le congrès ne doit pas chercher à exercer sur personne de pression à ce sujet. La mission du congrès serait d'établir un système de filetage métrique unifié pour tous ceux qui ne veulent pas employer le système Whitworth, et d'en recommander l'adoption.

Les vues du congrès des chemins de fer sont très importantes; ces conclusions auront forcément une influence d'une grande portée et pourraient conduire l'industrie à l'emploi du système mal approprié à ses besoins.

M. l'Inspecteur général *Linder* expose que les représentants de la Société d'Encouragement ont accepté avec empressement l'invitation de discuter avec les délégués suisses et allemands les questions qui les préoccupent depuis longtemps.

Il croit, comme l'orateur précédent, qu'aucune pression ne peut être exercée par le congrès ni sur les industriels ni sur personne; il conçoit la mission du congrès comme l'a définie M. Peters.

M. l'Ingénieur en chef *Weyermann* approuve les deux orateurs précédents. L'unification des systèmes de filetage ne constitue pas une nécessité urgente pour les chemins de fer. Aussi pense-t-il que la Conférence des chemins de fer ne se hâtera pas de prendre à ce sujet des décisions définitives. Les chemins de fer suisses se sont concertés depuis quelque temps pour l'adoption d'un système de filetage commun dérivé du système Whitworth, mais l'introduction en est des plus lentes. Il est du reste également d'avis qu'un système à proposer pour une adoption internationale ne peut reposer que sur une base métrique.

M. le professeur *Sauvage* se réjouit que la question, qui paraissait stationnaire depuis si longtemps, figure enfin à l'ordre du jour. Lorsque la Société d'Encouragement a proposé son système, elle n'a pas pensé qu'il gagnerait aussi rapidement du terrain en France. Elle ne se serait pas hasardée à penser à une entente internationale, qu'elle verrait aujourd'hui s'accomplir avec plaisir. Même si la Conférence préliminaire de ce jour ne peut amener une entente complète sur tous les points, il est à souhaiter que l'affaire soit portée devant un congrès international et que l'on s'efforce, dans ce congrès, d'arriver à une entente.

M. le Directeur *Peters* propose de discuter d'abord le programme pour un congrès international ou d'examiner si le Comité peut aujourd'hui se mettre d'accord sur un système de filetage métrique à proposer et prendre ensuite une décision au sujet de la convocation du congrès. Il appelle l'attention sur les essais éventuels que pourra nécessiter le système proposé, et sur les travaux faits, il y a plus de 20 ans, par l'Union des Ingénieurs allemands, travaux dont les résultats paraissent remis partiellement en question par les expériences entreprises dans ces derniers temps. La marche indiquée par M. Peters est adoptée et l'on passe à la discussion des questions inscrites au programme.

PROGRAMME POUR LE CONGRÈS INTERNATIONAL A CONVOQUER ÉVENTUELLEMENT

a) Forme du filet (Troncature ou arrondi, leur dimension — Angle).

b) Diamètre (Gradation, qualification — Numéro ou diamètre).

c) Pas (Relation entre le pas et le diamètre, gradation des pas — continue ou par échelons).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

d) Jeu entre les boulons et les écrous. — Ouverture des clés de serrage des écrous à 6 pans, têtes de vis, etc.

e) Système de mesure, anglais ou métrique.

a) *Forme du filet.*

M. le Directeur *Peters* est d'avis que les propositions de l'Union des ingénieurs allemands peuvent facilement être fondues avec celles de la Société d'Encouragement. Toutes deux prévoient un filet tronqué; il n'y a de différence que dans les angles. Les essais du système de l'Union des ingénieurs allemands (1), exécutés par MM. L. Lœwe & C^ie^ et J. E. Reinecker ont indiqué une usure des outils plus rapide qu'avec le système Whitworth; cela tient évidemment à la forme du filet. Les essais complémentaires exécutés par les mêmes industriels, sur l'initiative de l'Union des ingénieurs allemands, n'ont pas complètement élucidé la question. La Marine allemande et les Établissements Krupp ont exprimé la crainte que les angles vifs du profil n'augmentent le danger de rupture. Ces expériences et ces craintes ont amené les représentants de l'Union des ingénieurs allemands à s'écarter de la forme de filet proposée primitivement; le *filet de l'écrou serait tronqué à l'intérieur et arrondi dans le fond; le filet du boulon serait tronqué à l'extérieur et arrondi dans le fond,* de manière, qu'à chaque troncature, corresponde un arrondi. M. Peters montre les avantages de cette combinaison par un croquis.

M. *Sauvage* approuve cette proposition, qu'il déclare très convenable; il ajoute que MM. *Barriquand et Marre*, de Paris, qui exécutent des outils d'après le système de la Société d'Encouragement, sont arrivés au même résultat. Il montre des échantillons de vis fabriquées suivant ce profil par ces constructeurs.

(1) *Programme* arrêté d'accord par les Sociétés J. E. Reinecker et Ludw, Lœwe & C^ie^ pour les essais à effectuer relativement à la meilleure forme de filet.

En prenant pour base un diamètre de 20 millimètres, auquel correspond, d'après le tableau de l'Union des Ingénieurs allemands, un pas de $2^{mm},4$, on exécutera dans les ateliers des deux sociétés précitées :

4 tarauds de 20 millimètres de diamètre avec un pas de $2^{mm},4$, un angle de 53°,8 et une troncature de 1/8 à l'intérieur et au fond du filet.

4 tarauds de 20 millimètres de diamètre, avec un pas de $2^{mm},4$, un angle de 60° et une troncature de 1/8 à l'intérieur et au fond du filet.

4 tarauds de 20 millimètres de diamètre, avec un pas de $2^{mm},4$, un angle de 55° et un arrondi de 1/6 à l'intérieur et au fond du filet.

Chacune des deux sociétés choisira 6 tarauds parmi les 12 fabriqués par l'autre, de manière à effectuer parallèlement les essais avec 6 tarauds fabriqués par elle et 6 fabriqués par l'autre Société. Chaque Société fabriquera ses 12 tarauds d'après sa méthode et avec le métal dont elle a l'expérience.

On se procurera, dans une même fonderie, des plaques de fontes, faites sur dessin, et on y percera avec soin des trous d'un diamètre ne dépassant pas de $0^{mm},1$ le noyau de la vis.

On filetera avec chaque genre de taraud 1000 trous, en se servant d'une machine à percer appropriée; chaque filetage sera exécuté avec une vitesse constante et bien droit, ce qui n'aurait pas lieu si on employait un tourne-à-gauche.

Dans le premier trou percé avec chaque taraud, on introduira une vis s'y adaptant exactement; de même dans les trous n^os^ 100, 200, 700, 1 000.

Si toutes ces vis sont exécutées suivant la forme de filet adopté, et si, sans tenir compte de leur diamètre, elles passent dans les trous filetés en épousant bien leur forme, ce qui correspond en substance à la pratique générale, on obtiendra des vis différant plus ou moins vers la partie inférieure pour les filets taillés en dernier. On pourrait ainsi arriver d'une manière assez sûre à déterminer la forme la plus durable et recommandable.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

M. le professeur *Stodola* ajoute que certaines vis sont exécutées d'après ce profil chez MM. Sulzer frères.

L'adhésion étant unanime, la combinaison de la troncature et de l'arrondi est adoptée pour le système à proposer.

Les propositions allemandes et françaises, présentées jusqu'à présent, fixent *au* 8e *la troncature* (*ou l'arrondi*), comme dans le système Sellers.

M. le Directeur *Peters* se demande si, avec ce nouveau profil, le noyau du boulon tronqué au 8e ne sera pas trop affaibli, et si l'on ne devrait pas plutôt se prononcer pour une troncature de 1/6

Ces idées ne sont pas partagées. M. Sauvage fait remarquer que tous les systèmes avec troncature employés ou proposés jusqu'ici admettent la valeur du 8e; comme le diamètre extérieur sert de base pour désigner les vis, tous les systèmes devraient être modifiés par suite du changement apporté dans les proportions de la troncature ou de l'arrondi. Il n'attribue pas une grande importance à cette proportion.

En ce qui concerne *l'angle du filet*, M. *Sauvage* explique que la Société d'Encouragement a adopté l'angle de 60° pour se rapprocher du profil de Sellers et de la Marine française.

M. le Directeur *Peters* croit que, si l'accord pouvait être réalisé sur les autres points, l'Union des ingénieurs allemands ne persévérerait pas dans sa proposition de choisir l'angle de 53° 8′.

M. *Reinecker* considère l'angle de 60° comme le plus pratique; avec un angle plus aigu, le filet serait trop profond, comme il l'a reproché au système des Ingénieurs allemands. Quant à l'usure plus grande des outils, qui s'est produite lors des essais de 1894-1896 par rapport au filet Whitworth, il l'attribue non seulement à la troncature à arête vive, mais aussi à l'angle plus aigu du filet. La profondeur du filet, suivant l'usage adopté dans les systèmes pratiquement éprouvés jusqu'ici, ne devrait pas dépasser les 2/3 du pas, ce qui n'est pas possible avec un angle trop aigu.

On décide, en se basant sur l'observation de M. Peters, d'adopter provisoirement *un angle de 60°*.

b) et *c*) *Diamètre et pas.*

Le diamètre et le pas, dépendant l'un de l'autre, seront discutés simultanément.

MM. *Peters* et *Delisle* se prononcent en faveur de la base, juste en théorie, adoptée par l'Union des Ingénieurs allemands pour la relation entre le diamètre de la partie lisse du boulon et le pas; ce rapport devrait varier d'une manière continue et non par sauts brusques, comme dans le système proposé par la Société d'Encouragement. Afin de pouvoir se rapprocher, autant que possible, des échelles actuelles du système Withworth et du système Sellers, les ingénieurs allemands ont admis l'intercalation de quelques intermédiaires utiles dans la pratique : dans le système de la Société d'Encouragement, les variations brusques du pas ne permettraient pas de déterminer ces rapports d'une manière suffisamment exacte.

M. *Sauvage* reconnaît l'exactitude des observations de l'Union des Ingénieurs allemands; mais il peut assurer que, dans la pratique, le système de la Société d'Encouragement ne donne lieu à aucune difficulté. Cette question a été souvent traitée avec les constructeurs. Peut-être y aurait-il quelque intérêt à prévoir des pas intermédiaires

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pour les vis de 8 et de 12 millimètres de diamètre, mais, pour de plus grands diamètres cette intercalation est inutile.

M. *Reinecker*, tout en se ralliant d'une façon générale aux observations de MM. Peters et Delisle, reconnaît pourtant la légitimité de celles de M. Sauvage; la gradation discontinue permet l'emploi des mêmes coussinets pour fileter des vis de divers diamètres. Cette opinion est partagée par les industriels présents. Aussi le Comité propose d'adopter la gradation discontinue, mais en intercalant, dans l'échelle établie par la Société d'Encouragement, un nouveau pas de 1^{mm} 1/4 correspondant à un diamètre de 8 millimètres.

L'échelle élaborée par l'Union des ingénieurs allemands ne s'élève que jusqu'au diamètre de 40 millimètres; celle de la Société d'Encouragement monte jusqu'à 150 millimètres. Le Comité pense qu'il convient de s'arrêter au diamètre de 80 millimètres, les vis de plus grand diamètre ne servant pas aux assemblages courants.

M. le Directeur *Peters* se charge d'établir une nouvelle échelle et de la faire parvenir au président de la Conférence pour la communiquer à la Société d'Encouragement ainsi qu'aux autres membres de la Conférence.

Le Comité est unanime à proposer de *désigner les vis d'après leur diamètre et non d'après des numéros;* le diamètre doit être exprimé par un nombre entier et pair de millimètres.

Une divergence d'opinion se produit au sujet de la *définition de diamètre.*

Suivant l'usage des constructeurs français, conforme d'ailleurs aux règles des systèmes Whitworth et Sellers, le diamètre doit être compté sur le filet *après troncature;* au contraire l'Union des ingénieurs allemands propose de le compter sur la partie lisse du boulon; *le diamètre de cette partie lisse correspond au diamètre compté sur le sommet aigu du filet avant troncature.*

Une discussion approfondie s'engage à ce sujet; tous les assistants y prennent part et, ne pouvant obtenir l'unanimité sur ce point important, on décide d'insérer au procès-verbal les deux propositions et d'en recommander un examen plus approfondi, qui permettra d'arriver à une entente. Les deux opinions figurent dans la conclusion du procès-verbal.

d) *Jeu entre les boulons et les écrous. — Ouverture des clés.*

Les industriels présents expliquent que *le jeu entre les boulons et les écrous* varie dans chaque cas particulier, et ne peut être l'objet de règles générales.

En somme, le Comité pense que le profil arrondi d'un seul côté qui a été choisi assure, dans chaque cas, un jeu suffisant sur le diamètre, et que le jeu entre les boulons et l'écrou, dans la direction de l'axe, ne peut être fixé.

Quant à *l'ouverture des clés,* il est à souhaiter, qu'autant que possible, la même clé s'adapte aux têtes de plusieurs vis consécutives et que son ouverture soit toujours exprimée par un nombre entier de millimètres. Le Comité repousse une proposition de faire varier les ouvertures de clés de 5 en 5 millimètres (règle admise par certains chemins de fer). Il en résulterait souvent une dépense inutile de matière et les têtes occuperaient trop de place. Le constructeur a besoin d'ouvertures de clés aussi petites que possible pour les assemblages de tuyaux et autres travaux analogues. L'ouverture doit être choisie de telle façon que la clé correspondant à un boulon fini d'un numéro s'adapte au boulon brut du numéro immédiatement inférieur.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

e) *Système de mesure anglais ou métrique.*

Le Président constate, d'après les résultats acquis de la discussion et d'après les opinions unanimes à ce sujet, que cette question est résolue : le Comité recherchera un système uniforme à base métrique, qui serait établi à côté du système basé sur les mesures anglaises, sans condamner ce dernier système.

Cette déclaration ne soulève pas d'objections; M. Peters annonce que 22 Sociétés différentes ont déjà répondu dans ce sens à l'Union des ingénieurs allemands.

Le *Président* demande, s'il ne convient pas de traiter aussi, au Congrès projeté, la question des *jauges unifiées pour les fils métalliques et les tôles, etc., d'après une base métrique;* il fait ressortir à ce sujet l'initiative de l'Angleterre et des États-Unis et les efforts des associations anglaises pour arriver à une mesure métrique.

Cette question est résolue négativement par le Comité, pour deux raisons : d'un côté, elle concerne des associations essentiellement différentes de celles qui s'intéressent à l'établissement d'un système de filetage métrique; si l'on s'occupait à la fois de ces deux questions, il en résulterait un double Congrès mal qualifié pour les résoudre. D'un autre côté, l'établissement de jauges types est une question beaucoup plus simple, et qui, traitée seule, peut être résolue plus vite et plus facilement que celle des filetages.

On décide de ne pas faire figurer sur la liste des sujets à traiter au Congrès l'unification des jauges.

M. le professeur *R. Escher* revient sur la conclusion de son rapport et désire que l'on examine l'établissement d'un *office central qui aurait à s'occuper de l'essai des filets, de la construction de tarauds normaux et d'outils types.*

M. l'Inspecteur général *Linder* est d'avis que l'on ne pourrait envisager l'établissement éventuel d'un office central qu'après être arrivé à une entente complète.

M. l'Ingénieur *Reinecker* ne regarde pas cette proposition comme réalisable. Il ne lui paraît pas possible d'arriver à une réglementation officielle en cette matière, puisque l'office impérial allemand a été obligé, pour les types de filetage de vis horlogères, d'accorder de telles latitudes que la valeur de cette institution est devenue très contestable. A ces difficultés, s'ajouteraient encore les obstacles dus à la concurrence. La *Conférence décide* de ne pas porter cette motion à l'ordre du jour du Congrès.

La question de savoir s'il y a lieu de faire des essais préalables avec le système à base métrique de filetage à proposer au Congrès est l'objet de différentes observations.

Étant donné que les essais faits chez MM. Lœve et Cie et J. E. Reinecker ne sont pas encore terminés, *M. Peters* exprime le désir que l'on entreprenne des essais semblables sur le système admis par le Comité, et propose qu'on le demande à la maison Bariquand et Marre de Paris. MM. les professeurs *R. Escher* et *A. Stodola* appuient vivement la proposition d'essais et voudraient les faire aussi bien au point de vue de l'*usure des outils*, qu'au point de vue de la *manière dont se comportent les vis*. *M. Reinecker* fait remarquer que ces essais ne donnent aucun résultat utile; exécutés avec un soin particulier, ils ne peuvent servir de règle dans la pratique; comme le profil proposé se rapproche beaucoup de celui de systèmes anciens, sanctionnés par

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

la pratique, on peut être assuré que ce système de filetage à base métrique donnera toute satisfaction.

Il propose de renoncer à de nouveaux essais. La majorité se range à l'avis de M. Reinecker; l'on décide de ne pas demander d'essais, mais on peut prévoir éventuellement des essais comparatifs sur les arrondis de 1/6 et de 1/8, seulement dans le cas où l'Union des ingénieurs allemands se prononcerait pour une troncature ou un arrondi de 1/6, au lieu de la troncature de 1/8, adoptée jusqu'ici.

Ayant ainsi terminé la discussion du programme d'un Congrès international, la Conférence examine si ce Congrès sera effectivement convoqué, où il aura lieu et à quelle date.

« *La Conférence décide à l'unanimité qu'un congrès international sera convoqué à Zurich, au commencement de mai 1898; on soumettra à ce Congrès, en s'appuyant sur les résultats des délibérations qui viennent d'avoir lieu, la question de l'établissement d'un système de filetage à base métrique pour les vis mécaniques.* »

Cette date est probablement antérieure à celle du Congrès international des chemins de fer, auquel on pourra par suite soumettre des résolutions.

Il convient de ne convoquer officiellement à ce Congrès ni les administrations d'État ni les Compagnies de chemins de fer, à l'exception des représentants de l'Union des chemins de fer suisses, qui siègent déjà dans le comité d'action, et d'un représentant du département des chemins de fer suisses, qui sera invité, comme cela s'est fait à la Conférence du 2 mars 1897.

On décide de convoquer les sociétés et associations énumérées ci-après :

Institution of Civil Engineers, London. — Institution of Mechanical Engineers, London. — Association autrichienne des Ingénieurs et Architectes. — Société italienne des Ingénieurs et Architectes, Rome. — Société italienne des Ingénieurs et Architectes, Turin. — American Society of Mechanical Engineers, New-York. — Franklin-Institute, Philadelphie. — *Société des Ingénieurs civils de France*, Paris. — *Société d'Encouragement pour l'industrie nationale*, Paris. — Association hongroise des Ingénieurs et Architectes, Budapest. — Association des Ingénieurs sortis des écoles spéciales de Gand. — Société impériale technique russe, Saint-Pétersbourg. — Société des Ingénieurs technologues, Saint-Pétersbourg. — Société polytechnique, Saint-Pétersbourg. — Association technique suédoise, Stockholm. — Institut royal hollandais d'ingénieurs, La Haye. — Association des constructeurs mécaniciens allemands, Dusseldorf. — Association des ingénieurs allemands, Berlin.

ainsi que les associations suisses représentées dans le comité d'action, savoir :

Union des chemins de fer suisses. — Union suisse de chemins de fer secondaires. — Association suisse des Ingénieurs et Architectes. — Association des anciens élèves de l'École polytechnique. — Associations électrotechnique suisse. — Association suisse des constructeurs mécaniciens.

Comme les scrutins ou les décisions prises à la majorité des voix ne sont pas prévus pour le Congrès, chaque association ou société fixera le nombre de représentants qu'elle enverra.

On propose comme *rapporteurs* du Congrès :

M. le directeur *Th. Peters*, Berlin, M. le professeur *Sauvage*, Paris.

La durée du Congrès ne devra pas dépasser 2 à 3 jours.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le Comité d'action de Zurich est invité à continuer ses travaux, à fixer l'époque exacte du Congrès et à lancer les convocations d'accord avec MM. les rapporteurs. Les invitations seront accompagnées du présent procès-verbal. On priera les Sociétés invitées d'étudier les questions soumises au Congrès.

Pour terminer, *le Président résume les conclusions de la Conférence relativement au filetage international à base métrique à mettre en parallèle avec le système Whitworth :*

« *a*) La nouvelle forme de filet, proposée par les représentants de l'Union des Ingénieurs allemands, acceptée par ceux de la Société d'Encouragement, est adoptée.

« Le profil de l'écrou est tronqué à l'intérieur et arrondi au fond du filet; le profil du boulon est tronqué à l'extérieur et arrondi au fond du filet. L'angle de 60° est adopté pour le filet, toutefois, par les représentants de l'Union des Ingénieurs allemands, sous réserve de l'approbation de l'Union qu'ils représentent. La troncature est fixée au 1/8, avec la restriction formulée, par les représentants de l'Union des Ingénieurs allemands, qui se réservent de proposer, après étude, une troncature de 1/6.

« *b*) La *progression des pas par rapport au diamètre* doit se faire par sauts brusques, en intercalant dans l'échelle proposée par la Société d'Encouragement, un nouveau pas de 1 1/4pour le diamètre de 8^{mm} ; l'échelle ne s'étendra que jusqu'au diamètre de 08^{mm}.

« Les vis seront désignées non par un numéro, mais par le diamètre, exprimé en un nombre entier et pair de millimètres.

« En ce qui concerne la *définition du diamètre des vis*, les représentants de l'Union des Ingénieurs allemands et ceux de la Société d'encouragement proposent des définitions différentes qui seront transmises à l'appréciation du Congrès.

« L'Union des Ingénieurs allemands entend par diamètre de la vis le diamètre du boulon lisse, c'est-à-dire la dimension mesurée sur le sommet des filets avant troncature, tandis que la Société d'encouragement entend par diamètre de la vis le diamètre mesuré sur la troncature du filet.

« *c*) La question du *jeu entre les écrous et les boulons* est tranchée par l'adoption de la forme du filet en (*a*).

« *d*) L'*ouverture des clés* doit être exprimée par un nombre entier de millimètres; autant que possible, les mêmes clés doivent servir pour différentes vis consécutives. »

En ce qui concerne la *définition du diamètre des vis*, M. le directeur Peters, en tant que représentant de l'*Union des ingénieurs allemands*, présente les observations qui suivent :

« Les représentants de l'Union des ingénieurs allemands recommandent d'employer, pour désigner le filet, le diamètre de la *partie lisse du boulon*, exprimé en un nombre entier et pair de millimètres.

« A cette proposition, les représentants de la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale objectent que, dans les systèmes de filetage en usage jusqu'à présent, particulièrement dans ceux de Whitworth et Sellers, la dimension choisie pour la désignation du filet était son diamètre réel, et que la Marine française, qui auparavant désignait les vis d'après le diamètre des filets avant troncature, a déclaré se rallier à la proposition de la Société d'encouragement. Mais il est à remarquer que ni Whitworth ni Sellers n'ont fixé de règles pour mesurer la dimension du boulon à laquelle correspond la partie filetée. La Société d'Encouragement a pourtant abandonné

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ce point de vue en donnant, pour la partie lisse du boulon, d'autres dimensions que pour la partie filetée. Elle a ainsi prouvé le besoin de fixer ces dimensions. Ce besoin, nous le reconnaissons aussi, mais nous ne nous sommes pas ralliés à la proposition de la Société d'Encouragement, d'après laquelle le corps du boulon devrait être plus fort que la partie filetée de $0^{mm},5$ au plus pour les vis de 6 à 14^{mm} de diamètre, de 1^{mm} au plus pour les vis de 14 à 48^{mm} de diamètre, de 2^{mm} au plus pour les vis de plus de 48^{mm} de diamètre. Cette proposition admet des discontinuités et laisse en même temps le champ libre à l'arbitraire. Un renfoncement d'un millimètre pour le corps du boulon est très suffisant dans une vis de 16^{mm} et est au contraire faible dans une vis de 48^{mm}. En outre, la proposition de la Société d'Encouragement n'assigne aucune valeur déterminée, mais des limites. Elle ne réalise donc pas l'unification.

« Si on prend des valeurs moindres que ces valeurs limites, on obtient alors, pour la partie lisse des boulons, des nombres exprimés en fractions de millimètres. C'est précisément ce qui devrait être évité; de cette manière, la proposition française conduit à des cotes en nombre ronds de millimètres pour des organes de machines qui, en général, ne sont pas mesurés, notamment les filets des vis; car on les exécute d'après des calibres, des jauges, etc. Au contraire, elle conduit à des nombres arbitraires et irrationnels pour des dimensions qui sont mesurées et inscrites sur les dessins, notamment pour le diamètre de la partie lisse des boulons et pour les trous qui doivent y correspondre. *A notre avis, il devrait être arrêté en principe qu'on ne fixera de règle que pour la mesure des organes qui sont mesurés réellement.*

« La proposition de l'Union des Ingénieurs allemands a de plus l'avantage que le diamètre de la partie filetée est une fonction de celui de la partie lisse du boulon; on évite ainsi les discontinuités et les procédés arbitraires; quand le boulon augmente, la différence entre les diamètres du corps et de la partie filetée s'accroît d'une manière convenable.

« On pourrait ainsi considérer comme un avantage ce fait qu'on peut donner au taraud destiné à tailler les filières à écrous le même diamètre qu'à la partie lisse du boulon, et l'exprimer ainsi par un nombre rond de millimètres.

« Il faut ajouter qu'il y a des vis qui, n'ont pas de partie lisse, par exemple les entretoises de chaudières de locomotives, etc.; on pourrait alors reprocher à la proposition allemande de prévoir des cotes pour des parties qui n'existent pas toujours. Ces cas, en petit nombre, sont insignifiants devant la grande masse des vis; on est aussi fondé à reprocher à la proposition française de donner, pour la majorité des vis, des cotes à des parties que l'on ne mesure pas.

« Pour l'exécution des boulons dans lesquels la partie filetée et le corps sont tournés, la proposition allemande ne soulèverait aucune difficulté; la partie lisse du boulon sera tournée à la cote indiquée, et la partie filetée, d'après calibre.

« Pour le plus grand nombre des vis faites au moyen de barres rondes qui sont calibrées exactement, au préalable, sur le banc à tirer, il n'y a pas de difficulté; la dimension obtenue sur le banc à tirer doit correspondre exactement au calibre de la partie filetée. En ce qui concerne les vis, rarement à considérer pour la construction de machines proprement dite, qui sont faites simplement avec des barres brutes de laminage, on arrive, jusqu'à un certain point, à faire livrer par les usines des fers ronds correspondant au calibre des filets. Du reste, pour ces vis exécutées en fer rond brut, on ne demande et on n'atteint pas, en général, une précision très grande, de sorte que l'établissement des calibres normaux, n'est pas indispensable dans ce cas. »

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les représentants de la *Société d'Encouragement pour l'industrie nationale* s'expriment comme suit au sujet de la *définition du diamètre des vis :*

« La manière de définir le diamètre, en le mesurant sur le sommet tronqué des filets de la vis pleine ou boulon, est celle qui est généralement adoptée : c'est ainsi qu'on compte le diamètre des vis dans le système Whitworth, dans le système Sellers, et dans les autres systèmes mis en pratique. Une exception existait à cette règle générale, mais elle a disparu : la Marine française, dans ses anciens filetages, définissait le diamètre par celui du cylindre sur lequel affleurent virtuellement les pointes des filets avant troncature. La Marine n'a pas hésité à abandonner cette définition pour adopter le système proposé par la Société d'Encouragement.

« On dit que ce diamètre fictif de la vis, mesuré sur la pointe des filets avant troncature, peut être réalisé sur le corps du boulon ; mais cela n'est pas toujours possible. Si le corps du boulon est tourné, il doit l'être avec des diamètres différents suivant la destination qu'il recevra; tantôt il doit traverser librement un trou de diamètre déterminé, tantôt l'emmanchement doit se faire à force ; au contraire, si le corps reste brut, c'est un solide irrégulier dont le diamètre n'est plus défini du tout et dont les épaisseurs varient d'un point à l'autre.

« En outre, la définition de la vis doit être générale, et c'est la restreindre d'une manière fâcheuse que d'envisager seulement les boulons, puisqu'il existe bien d'autres vis pleines, et notamment des tiges filetées sur toute leur longueur. Admettra-t-on alors que le diamètre est celui d'une partie cylindrique qui n'existe pas?

« On objecte aussi que, dans la fabrication, on peut être conduit, pour réaliser des vis d'un diamètre déterminé, à construire des tarauds de diamètre légèrement différents, et qu'alors la définition du diamètre réel, compté sur la troncature des filets, perdrait de sa valeur. Mais on doit définir les vis indépendamment des procédés d'exécution, qui ne sont pas toujours les mêmes ; la question des dimensions des outils nécessaires pour réaliser des vis déterminées, en tenant compte des jeux et de l'usure, ne peut pas servir à la définition d'un système de vis; la nécessité d'augmenter ou de diminuer un peu certaines cotes sur les outils se présentera d'ailleurs toujours de même, quelle que soit la définition du diamètre.

« En résumé, on ne voit pas pourquoi on abandonnerait la définition du diamètre des vis universellement adoptée en pratique, pour reprendre un système dont la seule application a disparu, système qui ne se prête pas à la mesure directe du diamètre et que la plupart des personnes employant ou fabriquant des vis auraient peine à admettre. »

Le *Président* termine en exprimant sa satisfaction que les discussions aient abouti à un accord sur les points essentiels, ce qui donne le droit d'espérer que les divergences d'opinions qui existent encore disparaîtront également et que le but visé sera atteint.

Le Comité d'action rédigera un rapport sur les heureux résultats de la séance; il invitera les associations suisses à persévérer dans le sens des décisions prises. Il espère que les représentants des associations allemandes et françaises obtiendront l'adhésion de leurs commettants à l'échange de vues personnelles qui vient d'avoir lieu, et qu'ils travailleront autour d'eux au succès de la prochaine conférence internationale.

Le président remercie les personnes qui ont pris part à la réunion, de leur présence et de leur patience; M. Sauvage adresse ensuite ses remerciements au président au nom de l'assistance pour son invitation et pour la manière dont il a conduit les débats.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le président lève la séance qui a duré jusqu'à 6 heures du soir, avec une suspension de une heure et demie au milieu de la journée.

Le secrétaire : A. JEGHER.

Le Comité d'action suisse pour l'unification des filetages a en outre adressé à la *Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale* la lettre suivante :

A M. LE PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE.

Paris,

MONSIEUR,

Depuis longtemps, la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale à Paris, ainsi que l'Union des Ingénieurs allemands, à Berlin, se sont occupés d'établir un *système métrique pour le filetage des vis d'assemblage.* L'Union suisse des industriels mécaniciens a aussi, depuis quelques années, abordé la question, spécialement dans le but d'arriver, relativement à ce sujet, à la création d'une Union internationale, pour éviter que, par l'établissement de différents systèmes métriques, la question ne se complique davantage.

Dans ce but, l'Union suisse des industriels mécaniciens couvoqua d'abord à une conférence les sociétés techniques suisses intéressées dans la matière, savoir : l'Union suisse des chemins de fer, l'Union suisse des chemins de fer secondaires, l'Union suisse des ingénieurs et architectes, la Société des anciens élèves de l'école polytechnique fédérale, l'Union électrotechnique suisse. Les délégués de ces différentes Sociétés, ainsi que ceux de l'Union suisse des industriels mécaniciens, se rassemblèrent à Zurich, le 2 mars 1897, en présence d'un délégué du département fédéral des chemins de fer, et, après avoir étudié de près la question, ils chargèrent un comité d'action de la continuation des travaux.

Le Comité se mit en rapport avec les Sociétés allemandes et françaises citées plus haut et grâce à leur bon accueil et leur bonne volonté, il put provoquer une délibération en commun, avec des représentants de la Société d'Encouragement et de l'Union des ingénieurs allemands. Cette délibération eut lieu à Zurich le 20 novembre 1897, et l'on parvint à se mettre d'accord, à l'exception de quelques points, ne nous paraissant pas très importants, sur les bases d'un système à être employé seul, dans tous les cas où, à côté des systèmes Whitworth ou Sellers, l'on préférerait un filetage métrique.

En suite des résolutions prises le 20 novembre 1897, nous avons l'honneur de vous présenter le procès-verbal de cette séance, en vous priant de bien vouloir prêter votre attention à la question, et d'examiner les propositions du comité.

A cette occasion, nous vous prions de nous communiquer, si possible, pas plus tard qu'à la fin du mois de mars prochain, le résultat de votre examen et de nous faire savoir si votre comité serait disposé à envoyer des délégués à un *congrès international* qui aurait à traiter ces questions à Zurich dans le courant du mois de mai 1898.

Nous vous ferons parvenir prochainement un tableau comparatif contenant le système proposé de filetage métrique, les systèmes anglais et américain en usage actuellement et les filetages métriques, proposés il y a quelque temps, par la Société d'Encouragement et l'Union des ingénieurs allemands.

Nous comptons sur votre active collaboration pour atteindre un but qui est sans aucun doute d'une grande importance dans les rapports industriels internationaux, et nous espérons connaître bientôt votre opinion sur cette question.

Agréez, Messieurs, l'expression de notre considération distinguée.

Pour le comité d'action suisse pour l'unification des filetages,

Le Président : P.-E. HUBER. *Le Secrétaire :* RUDOLF ESCHER.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

NOTES DE MÉCANIQUE

TRANSMETTEUR PNEUMATIQUE *Batcheller* POUR TUBES POSTAUX

Nous avons donné, à la page 1515 du *Bulletin* de novembre 1897, une description sommaire de cet appareil appliqué à la poste pneumatique de New-York : les figures 1 à 6 vont nous permettre de comprendre le détail de son fonctionnement.

Pour la position occupée par le cadre basculant *cc'* sur les figures 1 et 3, la conti-

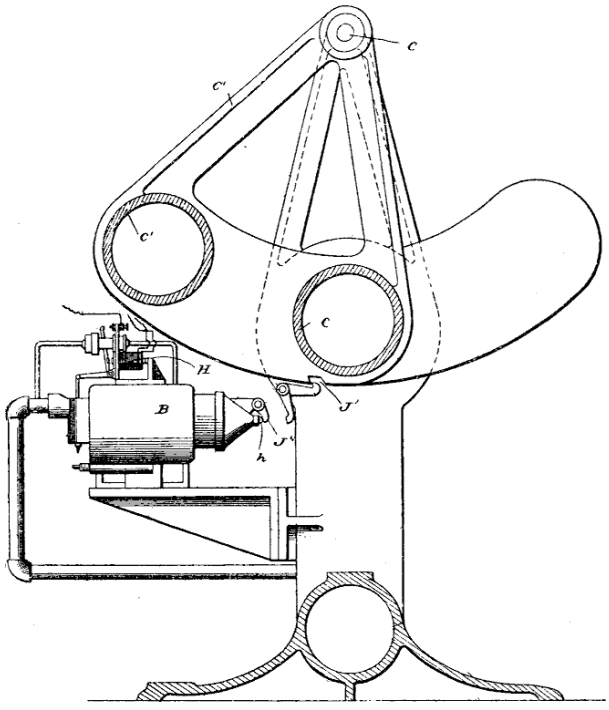


Fig. 1. — Transmetteur *Batcheller* vu par bout.

nuité du tube pneumatique A est établie par le bout de tube *c*. Quand un porteur a franchi ce tube, un contact, actionné par ce porteur même ou par un mécanisme chronométrique, ferme le circuit de l'électro-aimant H (fig. 1) qui, par son distributeur, laisse l'air comprimé préalablement admis dans le cylindre B s'échapper, et la tige *h* du piston de ce cylindre, rappelée par un ressort, rentrer de façon à déclencher comme en (fig. 6) le cliquet J, qui retenait en J' le cadre *cc'*, et à retirer le doigt J_3 de devant la tige R du distributeur, K (fig. 2). Il en résulte que le ressort m_3 de ce distributeur,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

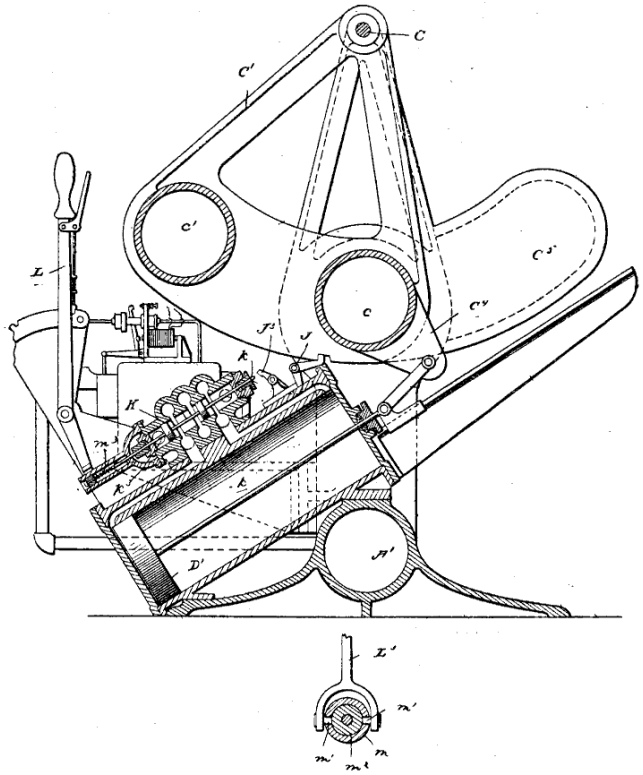


Fig. 2. — Transmetteur *Batcheller*. Coupe verticale transversale.

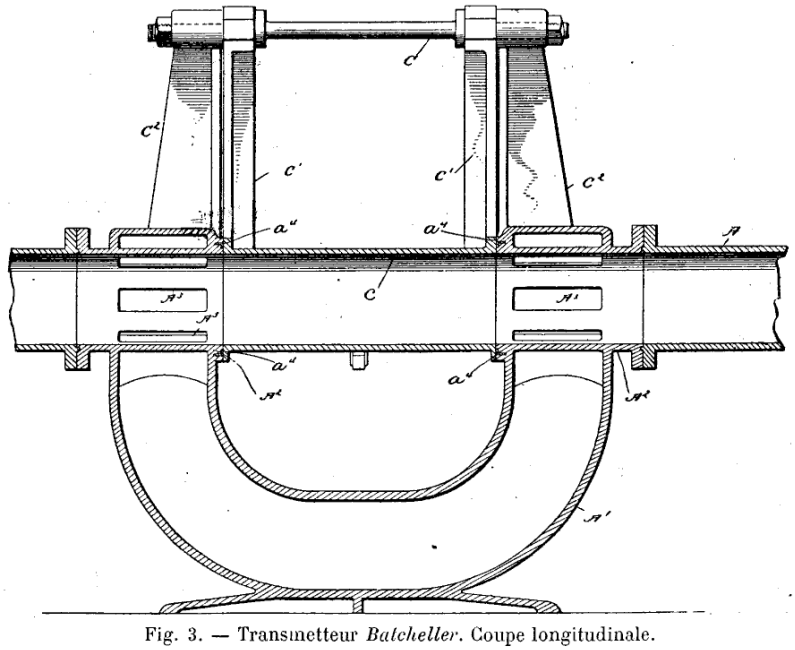


Fig. 3. — Transmetteur *Batcheller*. Coupe longitudinale.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

préalablement bandé par le levier L, repousse immédiatement K vers la droite de la fig. 2, de manière qu'il admette derrière le piston D' l'air comprimé de R_3 et mette l'avant de ce piston en rapport avec l'échappement R_5, de sorte que ce piston, faisant, par c_4, basculer le cadre CC', remplace c par le bout de tube c', dans lequel on a mis

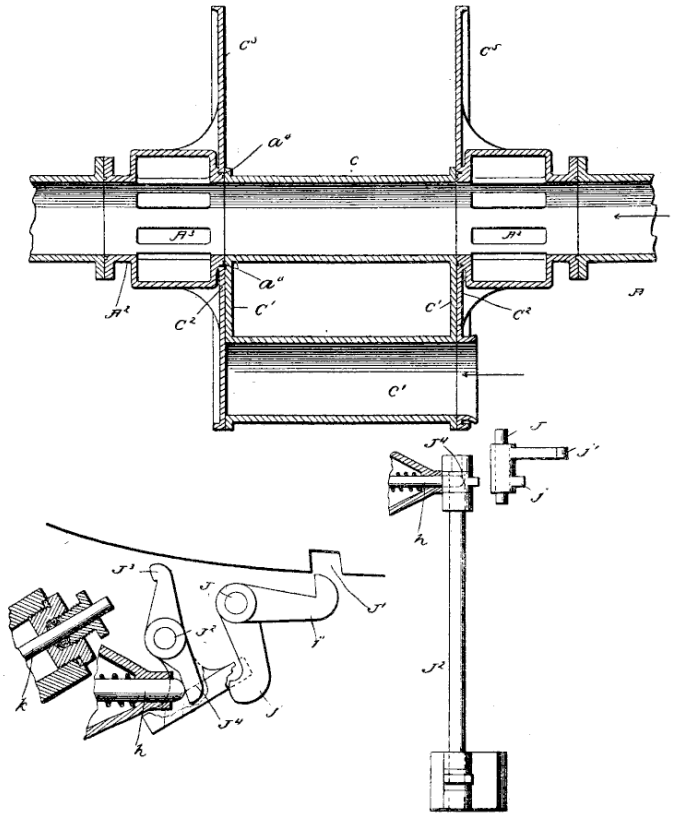


Fig. 4 à 6. — Transmetteur *Batcheller*. Coupe horizontale et détail de l'enclenchement.

un porteur, qui part à la suite du premier. Pendant que le cadre CC' bascule ainsi de c en c', ses joues C_3 C_5 ferment les orifices a_4 du tube pneumatique, dont la continuité se maintient par A_3 A' A_5 (fig. 3).

INJECTEUR *Pattinson*

Le fonctionnement de cet injecteur, qui reçoit la vapeur en a (fig. 8) et l'eau en a', dont le refoulement est en H et le trop-plein en E, fonctionne comme il suit, par la manœuvre d'un seul robinet F, représenté fermé en figure 9, et dont la poignée f_2 (fig. 7) a sa course limitée par les taquets a_3 a_4.

Quand on amène ce robinet dans la position figure 10, la vapeur est mise en g; par a, a_3 f_3 b B; C aspire l'eau de a' en C et en remplit la chambre D, dont le trop-plein

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

s'évacue par $d\, f_4\, e$ E. On amène alors F dans la position figure 11, où f_4 fait communiquer E avec I et le sépare de D, en fermant d de manière que la vapeur sous pression

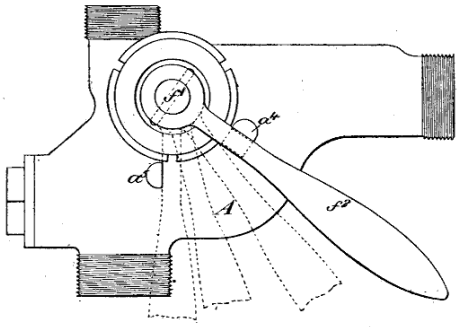


Fig. 7. — Injecteur *Pattinson*. Vue extérieure.

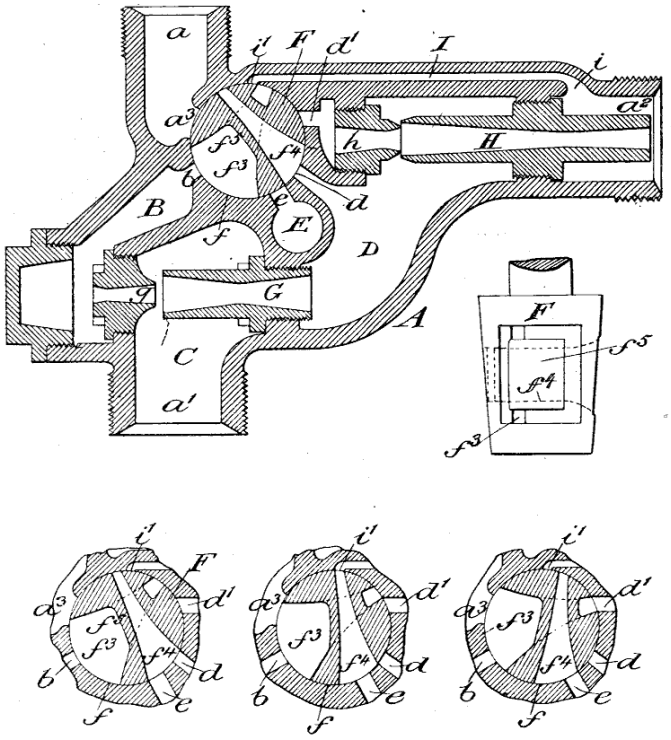


Fig. 8 à 12. — Injecteur *Pattinson*. Coupe verticale et détail du fonctionnement.

qui pourrait se trouver en DI, en arrière du clapet de refoulement, s'évacue par $i', f^4\, e$E. Enfin, quand F est grand ouvert, comme en figure 12, la vapeur est admise en grand, par f^3, à la fois en B G par b, et au refoulement h H, par d', avec I fermé en i'.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

PERFORATRICE A AIR COMPRIMÉ *Firth*

La principale particularité de cette perforatrice est la conduite de sa distribution par une bille B_3 (fig. 13), roulée en tous sens par le mouvement hélicoïdal du cone A′ du piston E E′ du fleuret.

Dans la position figurée, l'air comprimé, admis par F′, passe, par $a\ a_3\ b'$, sur la face E du piston, et l'air s'échappe de devant E′ par b D; le tiroir D′ D_3 D_2 est maintenu

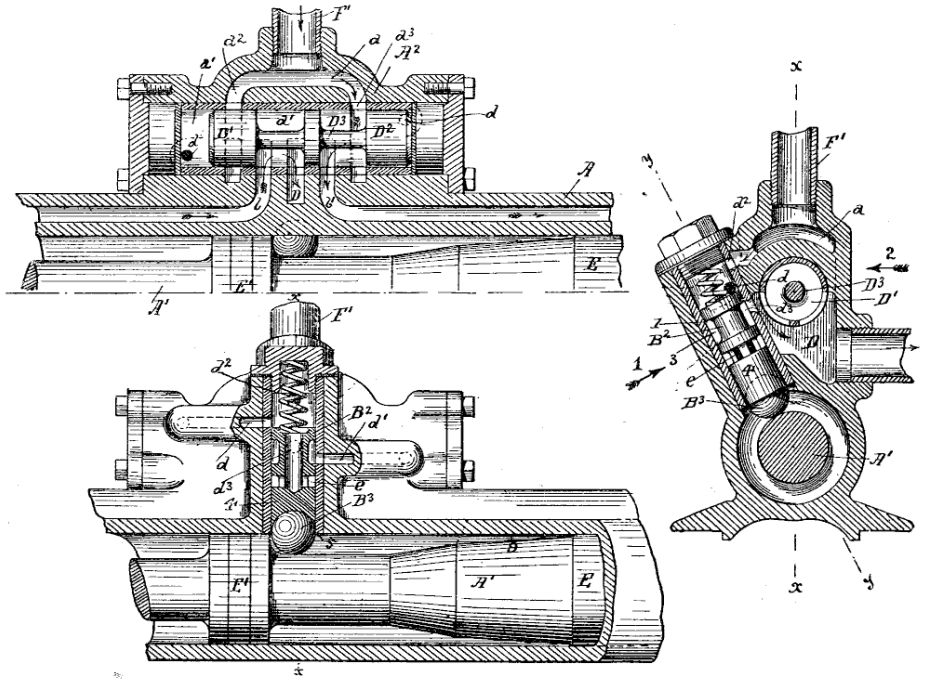


Fig. 13 à 15. — Perforatrice *Firth*. Coupes x-x et y-y.

dans sa position par l'air comprimé qui passe, par $a\ d^2\ d$, à gauche de D′, tandis que le piston D_2 communique avec l'échappement par d'^3 et d_3. Quand A′ soulève B_2, c'est, au contraire, d qui communique avec l'échappement par 3 et d_3, et d' qui communique avec l'air comprimé par d_2, l'intérieur de B_2 et les lumières e, de façon à repousser D_2 vers la gauche et à renverser la marche du piston E′E.

TURBINES A VAPEUR RÉVERSIBLES *Parsons*

Ces turbines sont destinées à être appliquées sur les navires comme on l'a fait, par exemple, sur le torpilleur *Turbinia*.

La vapeur admise par H (fig. 16) traverse ordinairement la turbine de haute pression de E en E′, puis passe de E′, par D, à la turbine de basse pression, qu'elle traverse de F en F′, pour s'échapper définitivement par G. Si l'on amène les papillons A′ et B′ dans

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

leurs positions pointillées, le trajet de la vapeur se fait en sens contraire suivant (H E′ E D. F′ F G) et les turbines tournent en sens opposés de précédemment.

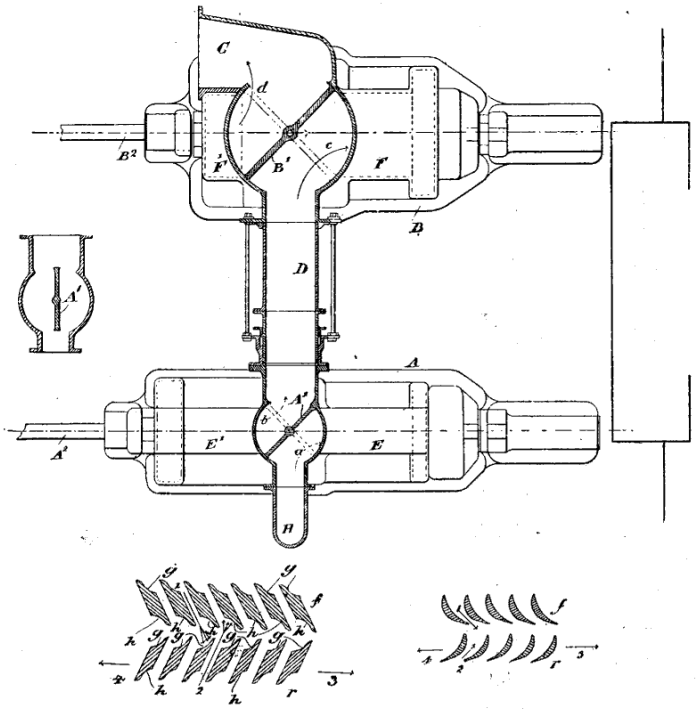


Fig. 16 à 19. — Turbine réversible double *Parsons.*

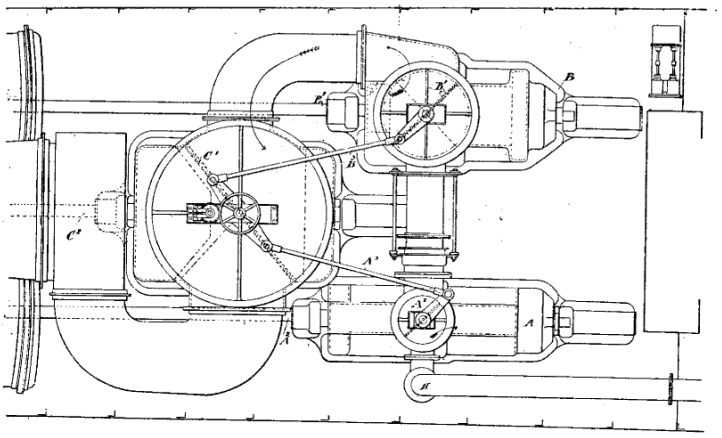


Fig. 20. — Turbine réversible triple *Parsons.*

Pour immobiliser l'une ou l'autre des deux turbines, il suffit d'en ouvrir le papillon comme en A′ (fig. 16).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On se rend bien compte de cet effet de renversement en remarquant que, par le jeu des vannes A′ et B′ la vapeur passe tantôt des vannes directrices *f* aux réceptrices *r* (fig. 19) qu'elles font tourner tantôt suivant 4, et tantôt de *r* en *f*, en entraînant *r*, suivant la flèche 3, mais, en raison de la brusque déviation en *f*, avec une puissance beaucoup moindre. Dans la disposition (fig. 18) les aubes réceptrices et directrices sont

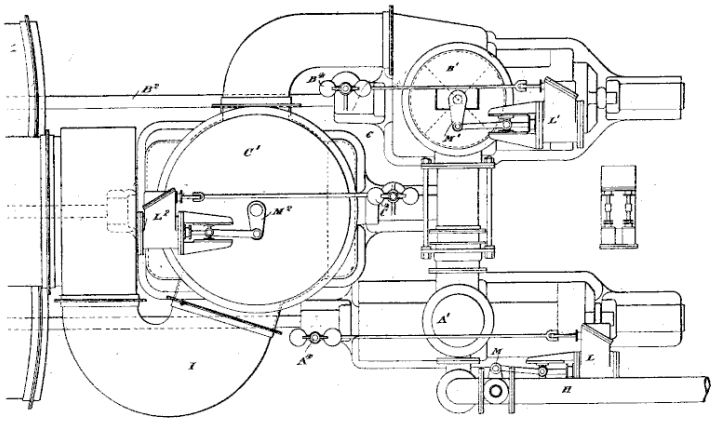


Fig. 21. — Turbine réversible triple *Parsons* avec régulateur.

des droites, mais avec concavités réciproques *g* et *h*, qui en égalisent la puissance et le rendement dans les deux sens.

La figure 20 représente l'application du système à trois turbines A, B, C, avec condenseur disposées en série, et avec papillons A_1 B_1 C_1. Les turbines attaquent chacune un arbre d'hélice A_2 B_2 C_2, et leurs papillons peuvent être conjugués par des renvois A_3 B_3 ou manœuvrés séparément. Enfin, en figure 21, les turbines sont pourvues de régulateurs A_4 B_4 C_4, commandant les papillons A_1 B_1 C_1 par les manivelles M M_1 M_2 des cylindres à vapeur L L_1 L_2, dont ils actionnent les distributeurs.

INDICATEUR TOTALISEUR *Otto Amsler*

Le piston 4 de cet indicateur, en communication (fig. 22 29), par 8 et 9, avec les deux fonds du cylindre du moteur à l'essai, se déplace de part et d'autre de sa position moyenne proportionnellement à la pression effective dans ce cylindre. La tige 5 du piston 4 porte, articulé sur elle, un levier 14, terminé par un plateau sphérique 13 (fig. 24 et 20), pivoté dans 14 par son axe 15, et appuyé, par un ressort 13′, tangentiellement sur le cylindre totaliseur 12 (fig. 25). Le levier 14 porte, en outre, un bras 16, à secteur décrit du même rayon que le plateau 13, et roulant sur une crémaillère verticale fixée au châssis 11. Il en résulte que le va-et-vient de la tige 5 ne détermine, à lui seul, qu'un roulement du plateau 13 sur la génératrice du cylindre 12, située dans le plan de 5, sans occasionner aucun mouvement de 12. Mais, en même temps, la crosse du piston moteur fait, par sa corde, osciller le barillet à ressort 22, dont le pignon 20 (fig. 22) commande, par la crémaillère 19, guidée dans 11, le secteur 18, pivoté sur 15 et solidaire de la denture 18′ (fig. 29) en prise avec celle 13″ du plateau 13, auquel elle imprime ainsi, autour de son axe 13′, des oscillations porportionnelles aux courses du

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

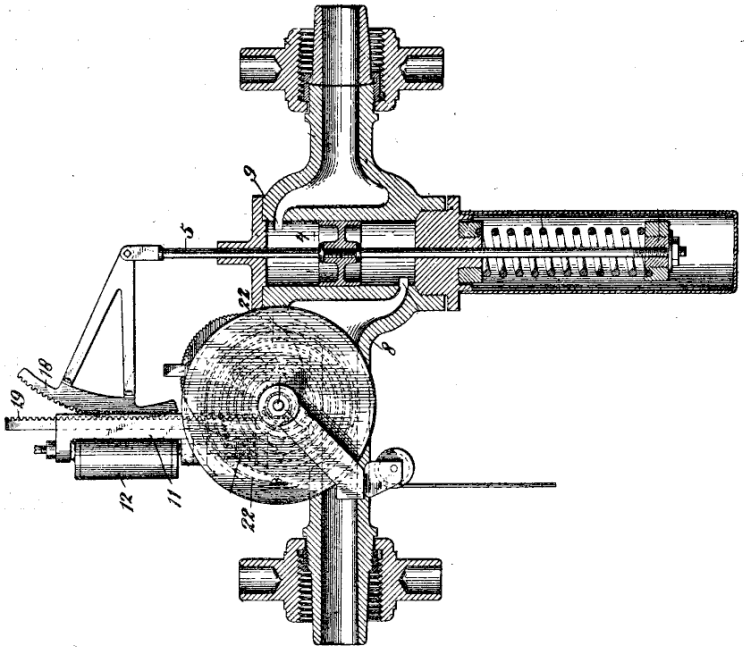


Fig. 23. — Indicateur-totaliseur *Amsler*. Coupe par le cylindre.

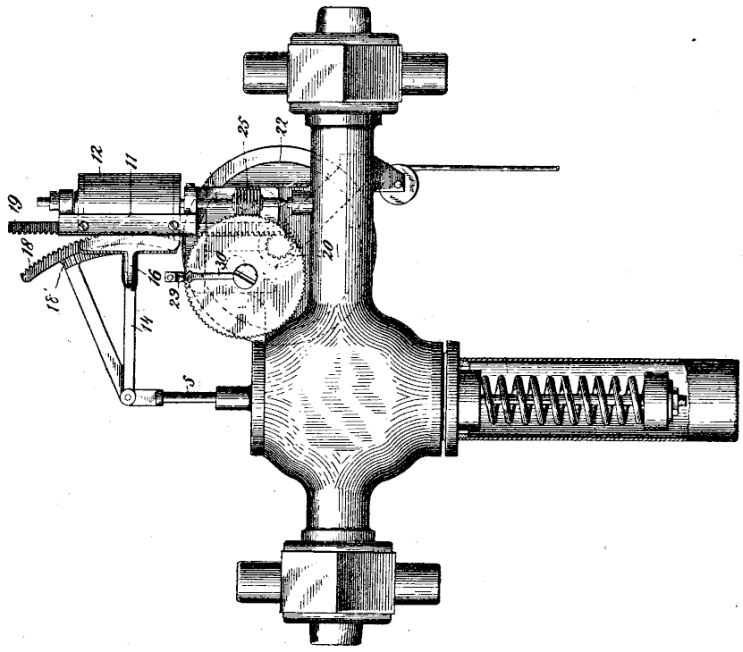


Fig. 22. — Indicateur-totaliseur *Amsler*. Élévation. Coupe.

piston du moteur. Il s'ensuit que, à chaque instant, ce plateau 13, incliné, comme on le voit en figure 25, proportionnellement à la pression effective actuelle du cylindre du moteur, attaque le cylindre 12 avec un rayon fonction de cette pression, de sorte qu'il

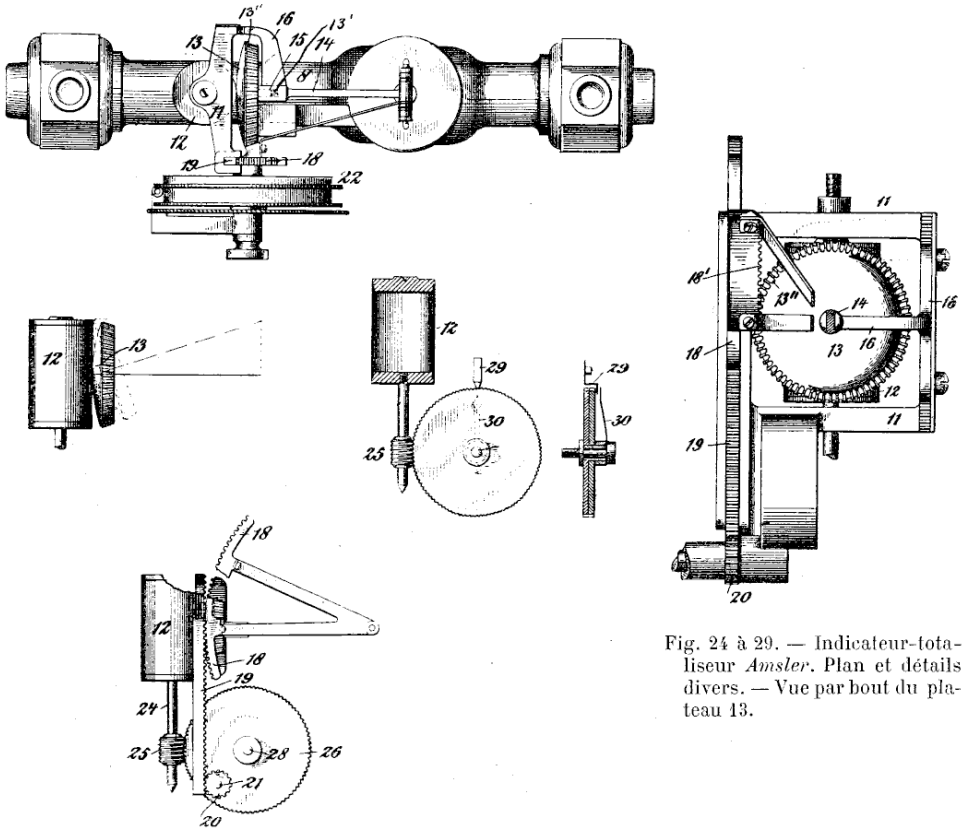


Fig. 24 à 29. — Indicateur-totaliseur *Amsler*. Plan et détails divers. — Vue par bout du plateau 13.

lui imprime, à chaque instant, une vitesse proportionnelle au produit de celle du piston par la pression effective qu'il subit, ou à la puissance du moteur, laquelle se trouve ainsi totalisée par le compteur 29-30, que le cylindre 12 commande par sa vis 25).

MACHINE A FABRIQUER LES CYLINDRES DE ROULEMENT *Hyatt*

Nous avons décrit au *Bulletin* de décembre 1894, p. 898 les rouleaux élastiques de M. Hyatt. Ces rouleaux se sont beaucoup répandus aux États-Unis, et M. Hyatt a été récemment conduit à l'invention de l'ingénieuse machine que nous allons décrire, et qui permet de fabriquer ces rouleaux avec rapidité et précision.

La bande d'acier qui constitue le rouleau par son enroulement même est saisie (fig. 30 et 33) par le chuck E_2 d'un mandrin cylindrique ou conique E, animé d'un

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

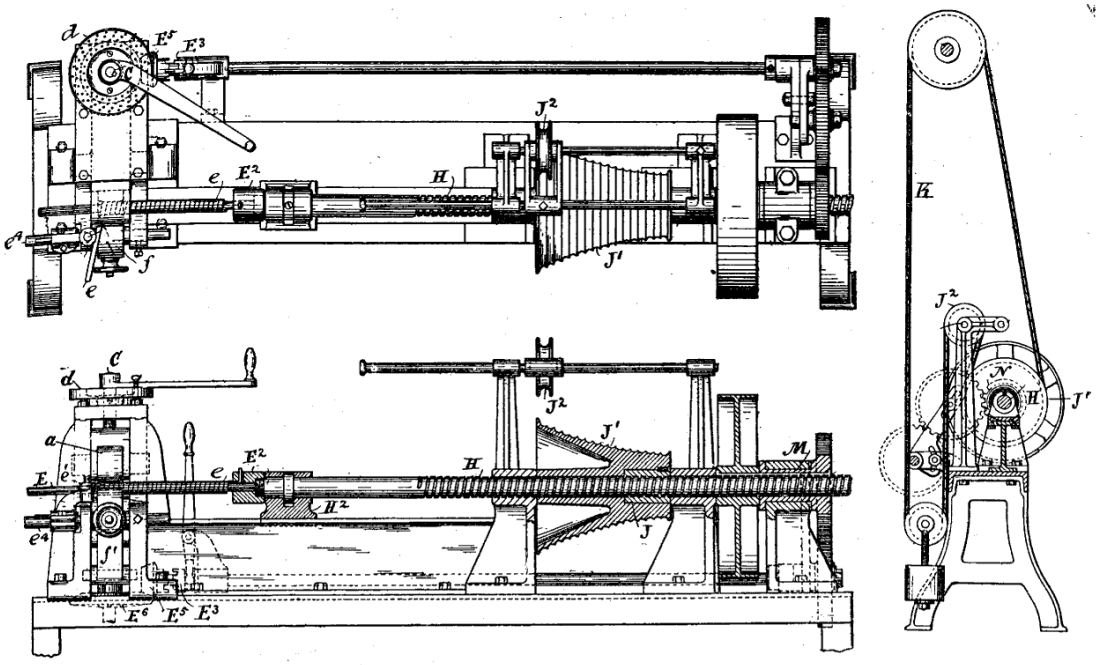


Fig. 30 à 32. — Machine à fabriquer les rouleaux *Hyatt*. Plan, élévation et vue par bout.

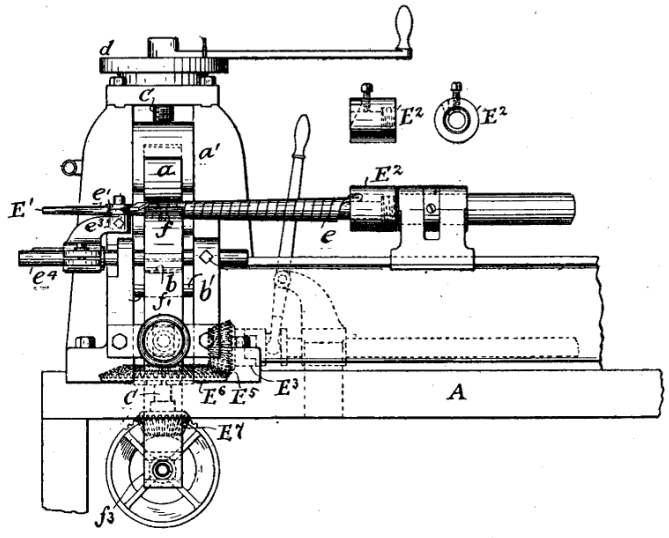


Fig. 33. — Machine *Hyatt*. Détail du laminoir.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mouvement hélicoïdal de pas égal à la largeur de la bande laminée, et ce laminage s'opère, dès l'entrée de la bande sur le mandrin, exactement à l'épaisseur voulue, par son passage entre les galets a et b, dont les bras a' et b' sont réglés au centième de pouce par la vis C, à vernier d, disposé comme le diviseur d'une fraiseuse, et à filets opposés comme ceux d'une vis de tendeur.

La bande est amenée au laminoir, sous l'inclinaison voulue, par le galet e' (fig. 33) dont on peut fixer le support e_3 à la distance et dans l'orientation voulue par le serrage de sa tige en b'. La poussée du mandrin est reçue à droite de la fig. 35 par la butée f,

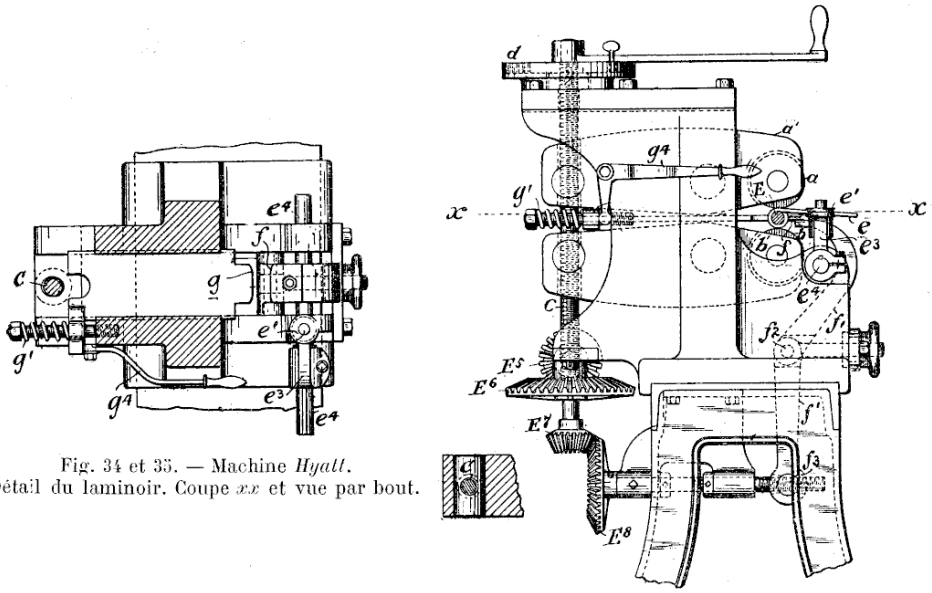


Fig. 34 et 35. — Machine *Hyatt*.
Détail du laminoir. Coupe xx et vue par bout.

à gauche par la butée g, à ressort g', et que l'on recule à l'origine par le levier g_4 pour laisser passer l'amorce de la barre.

Lorsqu'on enroule sur un mandrin conique, comme en figure 33, on embraye par E_3 le pignon E_5, de manière que, d'une part, il fasse tourner par E_3 la vis C, et rapproche ainsi les galets lamineurs à mesure que le mandrin se retire, et que, d'autre part, au moyen du train E_7 E_8 f_3 (fig. 35) aboutissant à l'écrou f_3 du levier f' de f, il maintienne constamment f appuyée sur la barre enroulée.

La barre H du mandrin, qui peut tourner dans son support H_2 (fig. 32), reçoit son mouvement de rotation du manchon rainuré M, et porte un filetage engagé dans l'écrou fixe JJ', qui reçoit de J_2, par une corde K, un mouvement de rotation de même sens que celui de M, calculé de façon que H avance, à chaque tour, dans J, d'un pas de l'enroulement.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

RÉGULATEUR DE PRESSION *Cash*

Lorsqu'on abaisse, par le genou 11, 10, 12, 9, (fig. 36) la tige 7 de la double soupape bb_a, l'air comprimé passe, de 1, au réservoir de basse pression 19, par les soupapes 18 et 18_a, d'abord ouvertes en grand. A mesure que la pression augmente en 19, elle tend à fermer l'entrée de l'air à la fois par la poussée différentielle qu'il exerce de bas en

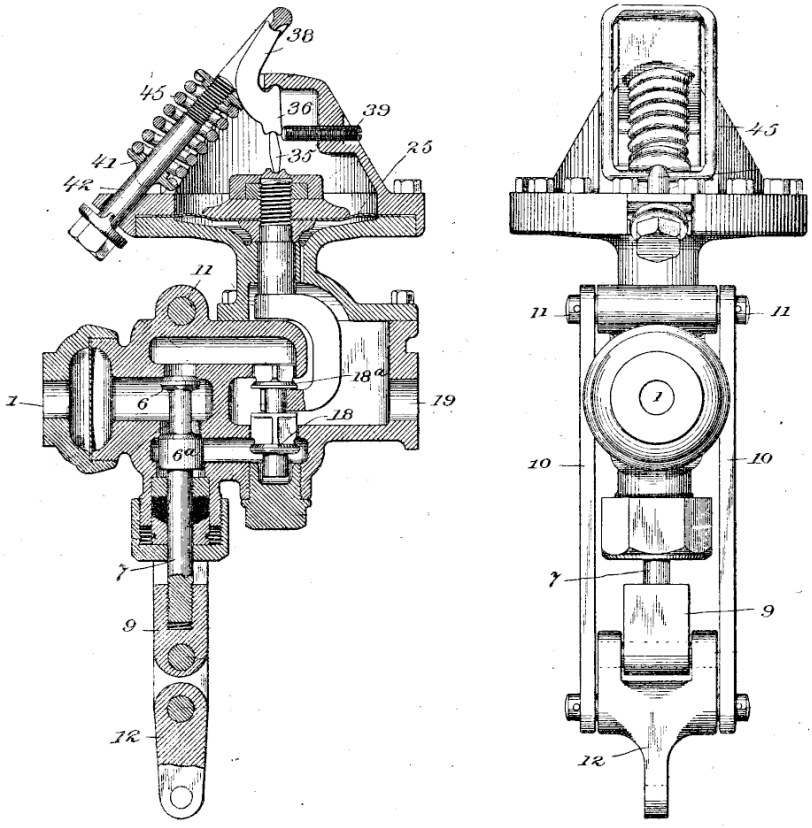


Fig. 36 et 37. — Régulateur de pression *Cash*.

haut sur l'ensemble des soupapes 18 et 18_a et par celle qu'il exerce sur la membrane 25, chargée par le ressort 45, au moyen du genou 40, 36, 35. Ce genou est disposé de manière à compenser, par les variations de son bras de levier, celles de la pression du ressort 45, de manière à assurer en 29 une pression sensiblement constante et réglable par le ressort 45.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

PINCE A LINGOTS *Keiser*

Dans cet appareil, employé dans les forges de Carnégie, les pinces 8 (fig. 38) sont pivotées sur un axe suspendu, par le levier 6, 7, au piston 5 du cylindre hydraulique 4,

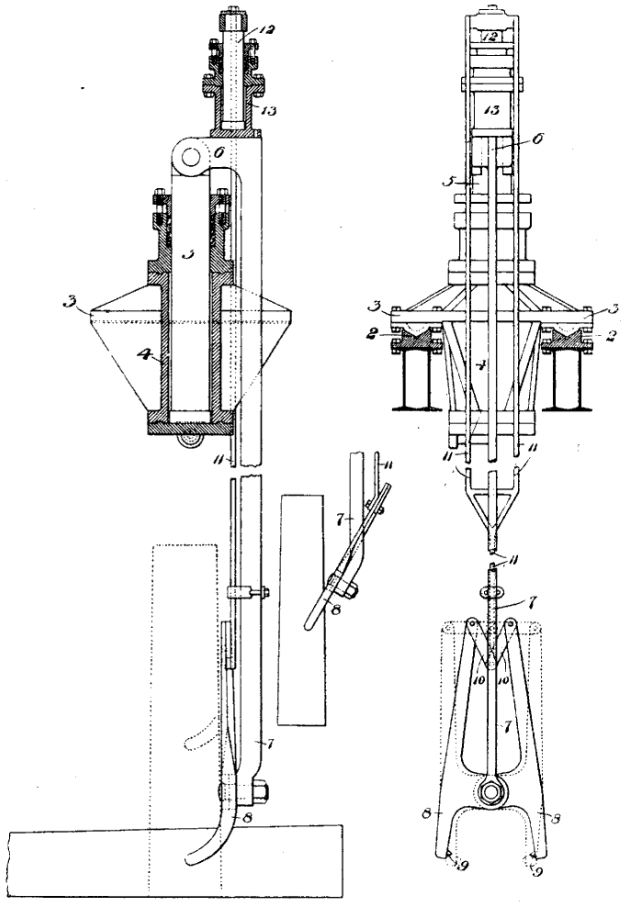


Fig. 38 à 40. — Pince à lingots *Keiser*.

qui repose par son croisillon 3 sur la voie 2, 2. La pince se serre sur le lingot à enlever par le piston 12 du cylindre 13, qui, en tirant sur la tige 11, écarte le genou 10.

LAMINOIRS EN TANDEM *Kennedy*

La principale particularité de ce laminoir est la conjugaison des réglages de ses cylindres (fig. 41 et 42) par les chaînes 13, 14. Les vis 5 de ces réglages sont commandées par des engrenages hélicoïdaux 6, 7. Pour chacun des laminoirs 2, 3 et 4, l'une

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

des vis 7 de ce train, celle de droite (fig. 43), est calée sur l'arbre 8 du volant 15, et l'autre sur le manchon 9 du volant 10. Quand on embraye, par 18, 16 et 11, les vo-

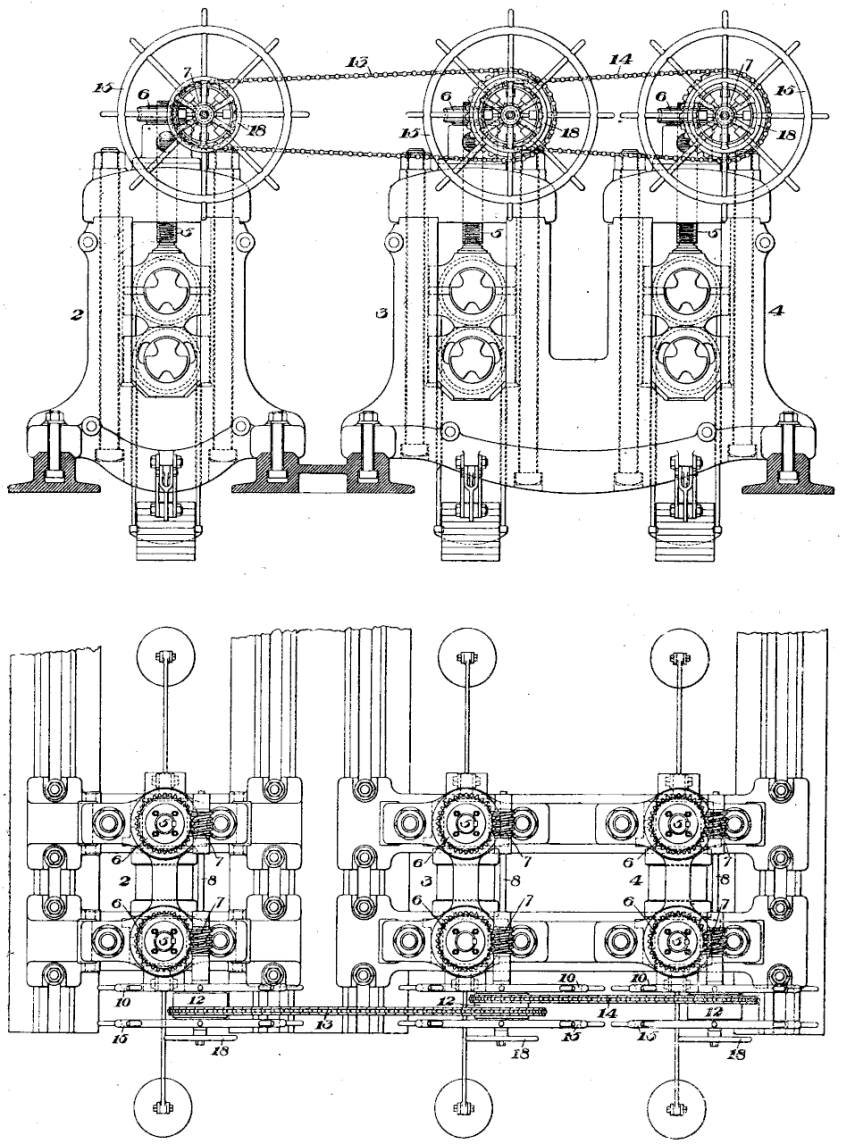


Fig. 41 et 42. — Laminoir *Kennedy*. Élévation et plan.

lants 11 et 10 avec la roue de chaîne 12, le cylindre du laminoir ainsi commandé monte ou descend horizontalement suivant le sens de la rotation de la roue de chaîne,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

et ainsi d'un laminoir à l'autre, de manière à régler l'écartement des cylindres successifs comme il convient pour un laminage continu. D'autre part, on peut, en débrayant

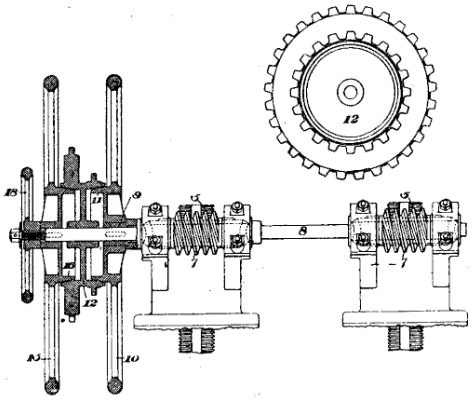


Fig. 43 et 44. — Laminoir *Kennedy*. Détail de l'embrayage.

10 et 15 de 12, actionner chacun des cylindres supérieurs, en 2, 3 ou 4, de manière à en régler indépendamment l'écart parallèle ou incliné.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

PROCÈS-VERBAUX

Séance du 28 janvier 1898.

Présidence de *M. Carnot*, président.

M. Aimé Girard s'excuse de ne pouvoir assister à la séance.

M. Collignon, secrétaire, dépouille la correspondance.

M. Rigaux, professeur d'agriculture à Mende, envoie une brochure sur *les Maladies du cidre*. (Comité d'agriculture.)

M. Verrons, 37, avenue de la République, à Nanterre, demande une annuité de brevet pour un *appareil de chauffage*. (Arts économiques.)

Sur la demande de *MM. Hélouis* et *Dr Laran*, lecture est donnée d'un pli cacheté déposé par ces messieurs, le 17 novembre 1896, ayant pour titre : *Notes sur le Vanadium, applications à la métallurgie, la teinture, la céramique et l'hygiène.*

Correspondance imprimée. — *M. Collignon* présente au Conseil, avec remerciements aux donateurs, les ouvrages mentionnés à la p. 107 du *Bulletin* de Janvier.

Nominations de membres de la Société. — Sont nommés membres de la Société :

MM. Bonjour, ingénieur au Creusot, présenté par M. G. Richard.

Firminhac (*E.*), ingénieur civil à Paris, présenté par MM. A. Carnot et G. Richard.

Guillon, ingénieur civil à Cherbourg, présenté par MM. Fleury et G. Richard.

Pontzen, ingénieur civil à Paris, présenté par MM. A. Carnot et Hirsch.

La *Compagnie des moteurs à gaz et des constructions mécaniques* à Paris, présentée par MM. G. Richard.

La *Société française des moteurs Diesel* à Bar-le-Duc, présentée par M. G. Richard.

Conférence. — *M. de Chasseloup-Laubat* fait une conférence sur *les Grands Paquebots.*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

M. le Président remercie vivement M. de Chasseloup-Laubat de sa très intéressante conférence, qui sera reproduite au *Bulletin*.

Séance du 11 février 1898.

Présidence de *M. Carnot*, président.

M. Collignon s'excuse de ne pouvoir assister à la séance.

M. Aimé Girard, secrétaire, dépouille la correspondance. Il fait part de la perte particulièrement douloureuse que la Société vient d'éprouver en la personne de *M. Gauthier-Villlars*, éditeur, qu'une cruelle maladie retenait depuis longtemps éloigné du Conseil.

M. J. Tricard, 162, rue Saint-Maur, demande une annuité de brevet pour un *moteur hydraulique*. (Arts mécaniques.)

MM. J. et A. Niclause, présentent leurs *appareils évaporatoires*. (Arts mécaniques.)

Correspondance imprimée. — *M. Aimé Girard* présente au Conseil, avec remerciements aux donateurs, les ouvrages mentionnés à la page 240 du présent *Bulletin*.

Nominations de membres du Conseil. — Sont nommés :

Membre du Comité des *Arts chimiques*, *M. Livache*.

Membre du Comité des *Constructions et Beaux-Arts*, le *Prince Roland Bonaparte*.

Nominations de membres de la Société. — Sont nommés membres de la Société :

MM. Ch. Pinat, ingénieur aux forges d'Allevard, présenté par *MM. Bordet* et *Carpentier*.

Carpentier (*H.*), constructeur, présenté par *M. Dumont*.

Pécourt (*C.*), ingénieur chimiste, présenté par *M. Vinsonneau*.

Présentation d'une médaille a M. Goupil de Préfeln, trésorier de la Société. — *M. le Président* offre à *M. Goupil de Préfeln* une médaille d'or comme un nouveau témoignage de reconnaissance pour les services qu'il rend depuis de nombreuses années, avec tant de compétence et de dévouement, en sa qualité de trésorier de la Société. L'assemblée s'associe par ses applaudissements aux paroles de M. le Président, et M. de Préfeln remercie vivement le Conseil de ce témoignage d'estime et de sympathie.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

M. E. Simon présente en ces termes deux ouvrages *MM. F. Maurel O. Simon :*

MESSIEURS,

M. *François Morel*, avocat à la Cour d'appel de Paris, a récemment et brillamment soutenu devant la Faculté de droit sa thèse pour le doctorat, intitulée : LES JURIDICTIONS COMMERCIALES AU MOYEN AGE. M. Morel a bien voulu me remettre, pour notre Société, un exemplaire de cet important travail, qui mérite mieux qu'un simple dépôt à la bibliothèque.

Le sujet est divisé en trois parties, correspondant aux trois pays dont les commerçants ont possédé, au Moyen Age, des institutions judiciaires très développées : l'Italie, l'Allemagne et la France.

L'auteur fait bien saisir, pour chacune de ces contrées, les origines, les différences essentielles de tribunaux spéciaux, nés cependant des mêmes besoins; sa discussion, appuyée sur de nombreux textes français et étrangers, est aussi attrayante qu'instructive; c'est, en même temps qu'une étude de droit comparé, un chaud plaidoyer en faveur de l'institution si pratique de nos tribunaux de commerce.

Je me permets donc de demander à monsieur le Président le renvoi du mémoire de M. Morel au Comité compétent. (*Commerce.*)

J'ai aussi à vous présenter, de la part de l'un de nos lauréats, M. *André Simon*, un ouvrage intitulé : ÉTUDES ANALYTIQUES DES PRINCIPAUX TISSUS. En sa qualité de bibliothécaire de la Société industrielle d'Elbeuf, M. André Simon a été à même de constater, dans la technologie du tissage, une lacune qu'il s'est efforcé de combler. Voici, d'ailleurs, le but bien défini par l'auteur dans son introduction : « Les moyens ingénieux (du tissage à bras) auxquels la mécanique fait de nombreux emprunts, ont été souvent décrits mais presque toujours *partiellement* par des spécialistes préoccupés d'une région, d'une industrie particulière. Ces procédés constituent cependant un vaste champ d'études, qu'il importe de parcourir dans son entier, pour recueillir tous les enseignements qu'une semblable revue est susceptible de donner. »

Je prie M. le Président de vouloir bien soumettre ces *Études* à l'examen du Comité des *Arts mécaniques*. .

COMMUNICATIONS

M. CHARLES HENRY, *directeur du laboratoire de physiologie des sensations de la Sorbonne*, fait une communication sur l'IRICHROMATINE, procédé de fixation de couleurs d'interférences ou d'irisation sur papier et autres subjectiles. Ce procédé consiste à produire à la surface de l'eau des pellicules très minces, de l'ordre de grandeur de la longueur d'onde, et à les fixer ensuite solidement sur les fonds au moyen d'apprêts préalables. L'auteur expose comment il est parvenu à obtenir des lames minces, résistantes et sans fissures, par des dissolutions, dans la benzine, de bitumes et de térébenthènes qui s'insolubilisent à la lumière dans leurs dissolvants. Il présente diverses applications de son invention : à la diminution du temps de pose en zincographie, à la protection des dépôts électrolytiques, à l'enregistrement des ondes sonores, etc.

M. le Président remercie M. Henry de son intéressante communication qui sera renvoyée au Comité des *Arts chimiques*.

M. TROUVÉ présente à la Société d'Encouragement la solution qu'il a réalisée pour l'ÉCLAIRAGE INTÉRIEUR DES VOITURES.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

En raison même de la simplicité du système, qui n'entraîne aucune dépense supplémentaire d'entretien (la dépense de transformation étant elle-même insignifiante), M. Trouvé a pensé qu'il serait intéressant de faire connaître son système à la Société d'Encouragement.

Si, depuis l'exposition d'électricité de 1881, M. Trouvé a éclairé par l'électricité de nombreuses voitures de maître, de remise ou de réclame, ce n'était encore là qu'un éclairage de luxe, qui a deux inconvénients graves : 1° il dessine la silhouette des personnes qui occupent la voiture et les expose ainsi aux regards indiscrets; 2° la dépense d'entretien, quoique modeste pour un particulier, ingénieur ou médecin ayant sa voiture à lui, serait trop onéreuse pour une compagnie de voitures de place, dont la moyenne de l'éclairage des deux lanternes est de dix heures consécutives.

Il a donc cherché à supprimer complètement ces deux inconvénients en supprimant la dépense et les regards indiscrets.

Il a utilisé, pour cela, la lumière même des lanternes actuelles, ce qui n'occasionne aucune dépense supplémentaire, et réduit le champ d'éclairage au strict nécessaire pour lire confortablement et prendre des notes; les voyageurs restent plongés dans une obscurité absolue pour les passants : ils sont simplement éclairés pour eux-mêmes.

A cet effet, M. Trouvé a disposé, dans chaque lanterne, une lentille plan-convexe sur la bissectrice commune aux deux angles opposés de la lanterne, avec une inclinaison appropriée. Les deux cônes lumineux venant des lanternes traversent les glaces d'avant de la voiture, se croisent au milieu, et viennent tomber à chaque coin de la banquette.

Tout voyageur peut donc choisir la position qui lui convient le mieux pour lire, dépouiller son courrier, ou prendre des notes.

A l'intersection des deux cônes lumineux, très peu coniques, la clarté est très grande; elle est encore plus que suffisante dans chaque coin de la voiture.

Deux petits stores appropriés permettent au voyageur d'utiliser cet éclairage ou de le supprimer à sa volonté, sans avoir recours au cocher.

M. Trouvé présente deux lanternes, l'une au pétrole et l'autre à l'acétylène. Dans le premier cas, la dépense d'entretien reste la même pour les deux lanternes, c'est-à-dire 0 fr. 04 (4 centimes) pour 10 heures; avec l'acétylène, qui donne un éclairage si brillant, la dépense reste au-dessous de 30 centimes pour les deux lanternes et pour 10 heures.

M. Trouvé signale, en terminant, que plusieurs compagnies ont déjà adopté cet éclairage, entre autres la compagnie Camille (Citadine) dont toutes les voitures, 600 environ, sont munies de cet éclairage.

M. le Président remercie M. Trouvé de son intéressante communication qui sera renvoyée au Comité des *Arts économiques*.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

LIVRES ET OUVRAGES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE

EN JANVIER 1898

De la Royal Society (Dublin). **Proceedings** et **Scientific Transactions**, 1896-1896. Principaux mémoires intéressant l'industrie. Les Ryolites du comté d'Antrim et la Bauxite (Greenville et Cole). La continuité de passage isothermique de l'état liquide à l'état gazeux (T. Preston). Photographies en couleurs naturelles (J. Joly). Les surfaces d'ondes de Fresnel (W. Booth). Évolution et nature des fermentations dans les eaux naturelles et impures d'après la composition des gaz dissous. L'humus, sa formation et son influence sur la nitrification (W. E. Adeney). Changements volumétriques des roches et minéraux par la fusion (J. Joly). Application de la loi du parallélogramme en cinématique (T. Preston).

De l'Iron and Steel Institute. **Journal, vol. LII** (1898). Application des conveyeurs à courroies à l'embarquement des charbons (F. Wrigston). Fabrication des tôles de fer-blanc (Hammond). (*Bulletin* de septembre 1897, p. 1248). Le fer passif (Benneville). Diffusion des sulfures dans l'acier (Campbell). Étude thermochimique du raffinage du fer (Ponthière). Enregistreur portatif de la résistance des matériaux (Henning). Le carbone du fer (Saniter). Analyse spectroscopique des minerais de fer (Hartley et Ramage). Industrie du fer en Hongrie (Louis).

De la *Bibliothèque du conducteur de travaux publics* (Paris, Vicq-Dunod). **Les Chaudières à vapeur,** par M. J. Dejust (in-8, 562 p., 400 fig.) et **Menuiserie, serrurerie et plomberie, peinture et vitrerie,** par M. Aucamus (350 p., 204 fig.).

De l'Encyclopédie Léauté (Paris, Gauthier-Villars). **Théorie des opérations financières,** par M. H. Laurent.

La marine marchande et les moyens de l'améliorer, par M. E. Garnault, 1 broch. in-8, 9 p. Extrait des *Questions diplomatiques et Coloniales*, passage des Princes, Paris.

Traité pratique d'analyse chimique et microbienne des eaux d'alimentation, par MM. Boucher et Dommergue, 1 vol. in-18, 104 p. Paris, E. Levé, 17, rue Cassette.

Du ministère de l'Agriculture d'Italie, **Statistico degli Scioperi avenuti nell'Industria e nell'Agricultura (1896)**, in-8, 90 p. Rome, Typographia Nazionale.

Du ministère du Commerce. **Description des machines et procédés brevetés.** Tome XC (1894). Agriculture. Mines et métallurgie. Papeterie. Arts Chimiques. Habillement, et l'**Annuaire des Syndicats professionnels,** 1897.

Du ministère de l'Instruction publique. **Bulletin de géographie historique et descriptive.** Année 1897, n° 1. **Comptes rendus du Congrès des sociétés savantes de Paris et des départements** tenu à la Sorbonne en 1897. **Revue des travaux scientifiques,** vol. XVII, n^{os} 10 et 11.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

De la Régence de Tunis. **Bulletin de la Direction de l'Agriculture et du Commerce**, 3e année, n° 6.

Le Repos du Dimanche, par M. E. SAUVAGE. Conférence faite à la *Société industrielle de l'Est* à Nancy.

Du ministère de l'Intérieur. **Service vicinal.** *Compte rendu des opérations.* Vol. LIV.

De la Petite Encyclopédie pratique de chimie industrielle. **Soudes et potasses. Soufre et Dérivés,** 2 vol. in-4, 160 p. Paris, Bernard.

Cours d'électricité théorique et pratique, par M. C. SARRAZIN, 1 vol. in-8, 624 p. 592 fig. Paris, Bernard.

Traité d'arquebuserie, par M. A. NOUVELLE. 1 vol. in-8, 450 p. et atlas de 32 pl. Paris, Baudry.

De M. L. Baclé. **The Locomotive,** années 1895 et 1896.

De M. Sidersky. **Quatrième rapport annuel sur le contrôle chimique des distilleries agricoles,** 1 broch. in-18, 10 p. et 8 pl. L. Ramy. Imprimerie Blavot.

Les juridictions commerciales au moyen âge, par M. F. MOREL.

Études analytiques des principaux tissus, par M. A. SIMON, 1 vol. in-8, 128 p. *Société anonyme de publications industrielles,* 20, rue Turgot, Paris.

Notice sur les procédés électrométallurgiques de *Donato Tommasi,* 1 broch. in-8, 44 p. Paris, chez l'auteur, 6, rue des Immeubles industriels.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

LITTÉRATURE

DES

PÉRIODIQUES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE DE LA SOCIÉTÉ

Du 15 Janvier au 15 Février 1898

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.
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).
La . . . . La Locomotion automobile.
Ln. . . . . La Nature.
Ms. . . . . Moniteur scientifique.
Mc . . . . Revue générale des matières colorantes.
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.).
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 reservés au Cnam et à ses partenaires

AGRICULTURE

Agriculture. Dans le grand-duché du Luxembourg. *SNA. Nov.*, 595.

Bétail. Race bovine Limousine. *Ap.* 20. *Janv.*, 91.

— Shorthorns en France et en Angleterre. *E.* 20 *Janv.*, 98. 3 *Fév.*, 167.

— Strongylose de la caillette du mouton. *Ap.* 27 *Janv.*, 37.

Blé. Culture intensive à Sidi-Bel-Abbès. *Ag.* 3 *Fév.*, 208.

Engrais. Emploi et choix. *Ag.* 3 *Fév.*, 213. Commerce des —. *Ap.* 10 *Fév.*, 201.

— Phosphates d'Algérie. *Ap.* 20 *Janv.*, 86.

— Oxydation des ammoniaques composées par les ferments du sol (Demonsey). *CR.* 17 *Janv.*, 253.

— Utilisation des viandes mortes (Aimé Girard et Otte). *Co.* 29 *Janv.*, 136.

Fromage de Roquefort. Crise du. *SNA. Nov.*, 546.

Irrigations au Colorado. EM. Fév., 829.

Machines agricoles aux expositions de Stuttgard et de Hambourg *VDI.* 29 *Janv.*, 119.

— Semoirs. *Dp.* 29 *Janv.*, 81. 4 *Fév.* 104, 12 *Fév.*, 130.

— Distributeur d'engrais liquides. *Ap.* 3 *Fév.*, 174, 200.

— Charrues à l'exposition de Nijni Novogorod. *Gc.* 5 *Fév.*, 238.

Plantes nouvelles de grande culture. *Ap.* 20 *Janv.*, 93. Nouvelles variétés de *Ag.* 29 *Janv.*, 181.

Pommes de terre en France et à l'Étranger. État actuel de la culture. *Rgds.* 15 *Janv.*, 23.

Prairies naturelles (création des) *Ap.* 3 *Fév.*, 181.

Sologne Nouvelle (la). *Ag.* 12 *Fév.*, 264.

Sorghos (les). *Ap.* 10 *Fév.*, 206.

Vigne. Traitement aux composés mercuriels. *Ap.* 20 *Janv.*, 89.

— Altises (champignons des) (Trabut) *CR.* 24 *Janv.*, 359.

— Oxydase des raisins. (Bouffard et Semichon.) *CR.* 31 *Janv.*, 423.

CHEMINS DE FER

Chemins de fer des New South Wales. *E.* 21 *Janv.*, 85.

Chemins de fer Italiens en 1891. *Rge. Fév.*, 33.

— de Formose *E'.* 28 *Janv.*, 73.

— Beyrouth-Damas. *VDs.* 12 *Fév.*, 170.

— Fayet à Chamounix. *Rt. Fév.*, 51.

— Afrique Allemande. *Société d'Encouragement de Berlin. Janv.*, 63.

— *électriques* à courants triphasés du Zermatt Cornegrat. *Gc.* 22 *Janv.*, 193. A voitures autonomes. *Ie.*, 25 *Janv.*, 29.

Freins continus (les). Kapteyn *Ru. Janv.*, 61.

Locomotives construites en Angleterre pour les États-Unis. R' 21, 28 *Janv.*, 50, 77.

— à 4 cylindres du G. and. SW. Ry. *L'.* 11 *Fev.*, 128.

— compound express du Nord. *Pm. Fév.*, 18.

— expérimentale de l'Université de Purdue. *RM. Janv.*, 106.

— à 8 roues couplées du Great Northern *E.* 4 *Fév.*, 140, *E'.* 4 *Fév.*, 105, 109.

— à voie de 1m,Cie de l'Ouest *Rge. Fev.* 16.

— articulée Heisler. *E'.* 21 *Janv.*, 64. *RM. Janv.*, 105.

— Limite des pressions dans les *RM. Janv.*, 107.

Matériel roulant. Réchauffage des thermosiphons des voitures par la vapeur de la locomotive. *Rgc. Fév.*, 23.

— train à communication du South-Eastern. Ry. *Rgc. Fév.*, 49.

Voie du Great Western. *Rgc. Fév.*, 43.

— Traverses, préparation au chemin de fer de l'Est. (Dufaux.) *Rgc. Fév.*, 3.

— Suppression de la poussière par épandage d'huile minérale. *Rgc. Fév.*, 43.

TRANSPORTS DIVERS

Automobiles transmission Auble. *La.* 3 *Fév.*, 71.

— Électriques Elieson. *La.* 20 *Janv.*, 41.

— à Pétrole Bouty. *La.* 20 *Janv.*, 43. Doré et Bouisson. *La.* 13 *Janv.*, 25. Durr. *Id.* 27. Peugeot. *La.* 10 *Fév.*, 87. Lufbery. *La.* 27 *Janv.*, 56. Guédon. *La.* 3 *Fév.*, 73.

Traction électrique (La) (Dawson). *E.* 21 *Janv.*, 91.

— Possibilités de la (Sprague).

Tramways à air comprimé de New York. *Ri* 22 *Janv.*, 37.

— *électriques.* Distribution à 3 fils pour.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

EE. 5 *Fév.* 250. — à caniveaux. *Dp.* 12 *Fév.*, 137.

Vélocipèdes. Cadres à joints dilatés Crowden. *E.* 4 *Fév.*, 151.

— Frein Bullard. *RM. Janv.*, 109.

CHIMIE ET PHYSIQUE

Acétone (Huile d'). Fabrication au moyen des eaux de désuintage des laines (Buisine). *CR.* 24 *Janv.*, 35.

Acides. Persulfurique et ses sels. (Elbs). *CN.* 25 *Janv.*, 39.

— Sulfurique concentré et mercure (Baskerville et Miller). *CN.* 25 *Janv.*, 40. table de densités. *Cs.* 31 *Janv.*, 45.

— Chromique. Séparation du fer (Brearley). *CN.* 4 *Fév.*, 49.

Aldéhydrates d'ammoniaque (Forerand). *CR.* 17 *Janv.*, 248.

Amidon de riz. *Cs.* 31 *Janv.*, 58.

Analyse spectrale. Spectres de l'oxygène du soufre et du selenium (Runge et Paschen). *N.* 3 *Fév.*, 320.

Asphalte. Origine et nature (Richardson). *Cs.* 31 *Janv.*, 13.

Bicarbonate de potasse (Hansen). *CN.* 11 *Fév.*, 65.

Brasserie. Divers. *Cs.* 31 *Janv.*, 59.

— Présence du furfurol dans les liqueurs alcooliques (Van Larr). *IoB. Janv.*, 1.

— Acide phosphorique dans l'orge et le malt. (Matthews et Woolcott). *IoB. Janv.*, 6.

— Bières froides en (Van Leer). *IoB. Janv.*, 24.

— Malt (Production du). *Cs.* 31 *Janv.*, 59.

Cadmium (Spectre du) (Hamy). *CR.* 17 *Janv.*, 19.

Camphre (Constitution du) (Behal). *Actualités chimiques. Décembre.* 377. Dérivés sulphonés (Rejehler). *ScP.* 5 *Fév.*, 120.

Carbonate double de soude et *de protoxyde de carbone* (Baugé). *ScP.* 5 *Fév.* 107.

Carbures alcalins (Formation des) (Moissan). *CR.* 24 *Janv.*, 302 de sodium et acétylène monosodé (Matignon). *CR.* 31 *Janv.*, 112.

Cérium (le) (Boudouard) *ScP*, 20 *Janv.*, 59.

— Nouveaux composés (A. *Job*) *CR.* 17 *Janv.*, 246. Séparation du Thorium (Wyrouboff et Verneuil). *CR.* 24 *Janv.*, 340.

Chaux et Ciments. Divers. *Dp.* 14 *Janv.*, 33

— Silico-ciment. *Rt.* 25 *Janv.*, 25. Durcissement des ciments calcaires (Michaelis). *E.* 4 *Fév.*, 159.

Densités des gaz sous un faible volume; détermination de la (Schlœsing). *CR.* 7 *Fév.* 476.

Dydimium (Dennis et Chomot). *Cs.* 31 *Janv.*, 65.

Équilibres physiques et chimiques. Étude par la méthode osmotique. *CR.* 24 *Janv.*, 336.

Essence de menthe poivrée indigène (Charabot) *SsP.* 5 *Janv.*, 117. Divers. *Cs.* 31 *Janv.*, 65.

Ferment nouveau des tartrates (Cuimbert et Fiquet). *Pa.* 1er *Fév.*, 97.

Fusion complète et pâteuse. Théorie (Bullouin). *ACP. Fév.*, 264.

— (Points de). de l'or et de l'argent. (D. Berthelot). *CR.* 7 *fév.*, 473.

Gaz (Mélange des) (Leduc) *CR.* 17 *Janv.*, 217. (Sacerdote). *Id*, 24 *Janv.*, 338.

— (Détermination de la densité des) sous très petits volumes. *CR.* 17 *Janv.*, 220.

— Allumeur électrique Borradaile. *EE.* 5 *Fév.*, 249.

Gaz d'éclairage. Divers. *Dp.* 14-21 *Janv.*, 45. 66. *Cs.* 31 *Janv.*, 33. En Amérique. *Id.* 4 *Fév.* 117.

— Enrichissement Ellis. *E.* 28 *Janv.*, 129,

— *Acétylène*. Divers. *Cs.* 31 *Janv.*, 33.

— Action du sodium (Matignon). *ScP.* 5 *Fév.* 114.

— Explosion d'une fabrique à New-Jersey. *Ri.* 5 *Fév.*, 57.

Glucinium (bronzes de) (Lebeau). *ScP.* 20 *Janv.*, 64.

Hélium homogénéité (Ramsay et Travers). *RSL.* 7 *Fév.* 316.

Huile de pied de bœuf (l') (Coste et Parry) *Cs.* 31 *Janv.* 4.

Iodoforme. Préparation électrolytique (Foerster et Meves). *Cs.* 31 *Janv.*, 66.

Laboratoires. Divers. *Cs.* 31 *Janv.*, 70.

— Verseur hermétique. Personne. *CR.* 17 *Janv.*, 224.

— Dosage volumétrique de l'acide nitrique. *Cs* 31 *Janv.*, 71.

— Phosphore, dosage dans le fer et l'acier. *Cs.* 31 *Janv.*, 73.

— Appareil facilitant la séparation de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

principes organiques naturels, (Chabrié). *ScP.* 5 *Fév.*, 100.

Lessives. (Systèmes d'évaporation des) (Kienlen. *Ms. Fe.v* 91.,

— *des fibres végétales*. (Gasmann). *MI Fév.*, 117.

Nitrate de soude et sulfate d'ammoniaque en 1897, *Cs. Janv.*, 84.

Occlusion de l'hydrogène et de l'oxygène par le palladium (Ramsay Mont et Shields). *RsL* 24 *Janv.*, 290.

Optique. Projections lumineuses dans l'espace (Bruce et Oxon) *SA* .21 *Janv.*, 201.

— (Phénomène de Zeerman (le) (Cornu). *CR.* 24 *Janv.* 300.

— Spectroscope interférenciel. (Faby et Pérot) *CR.* 24-31 *Janv.*, 331, 407.

— *Rayons X. Ln.* 22 *Janv.*, 116. *RsL.* 7 *Fév.*, 293. *CR.* 17 *Janv.*, 228. 31 *Janv.*, 416. 7 *Fév.*, 467. *EE.* 5 *Fév.*, 262.

Papiers au sulfite. *Cs.* 31 *Janv.*, 63.

Pétrole de Californie *Cs.* 31 *Janv.*, 38.

— (Action des agents chimiques sur les). (Zalorucki). *Ms. Fév.*, 139. Lampe à incandescence. Durra. *Cs.* 31 *Janv.* 37

— Raffinage par le silicate de soude (Michler) *Ms. Fév.*, 148.

Poids atomiques Cobalt. (Baster). *CN.* 21 *Janv.*, 30.

Pression osmotique et crycoscopie (Reychler). *ScP.* 5 *Fév.*, 102.

Sels métalliques halogénés. (Étude des.) (Thomas) *APC. Fév.*, 145.

Spectres de dissociation (des sels fondus.) Soufre. Phosphore. (de Grammont). *ScP.* 20 *Janv.*, 54-57.

Sucrerie. Divers. *Cs.* 31 *Janv.*, 56. Sucre de canne, estimation directe. *Cs.* 31 *Janv*, 75.

Tannerie. Méthodes d'évaluation des tannins. *Ce.* 31 *Janv.*, 6.

— Cuir de Suède. *Cs.* 31 *Janv.*, 55.

Teinturerie. Divers. 31 *Janv.*, 39. 42. 43. Enlevages colorés obtenus sur mordant de tannin rouge à l'aluminate de soude (Romann) *ScM. Déc.*, 406.

— Puce azoïque (Dosne-Schmid.) *SiM. Déc.* 408.

— Indigos (dosage des). (Brylinsky) *MC. Fév.* 53. Artificiel. *Cs.* 31 *Janv.*, 41.

— Nitrodyméthylanilines. *Cs.* 31 *Janv.*, 39

Teinturerie. Mordants dans la teinture et l'impression. *MC. Fév.* 55.

Thermodynamique. Transformation directe de la chaleur en travail mécanique (Deprez). *Rgds.* 30 *Janv.*, 70.

Thermométrie. Mesures des hautes températures par la méthode interférencielle (D. Berthelot). *CR.* 31 *Janv.*, 410.

Vernis, laques, résines. *Dp* 21 *Janv.*, 70.

Verre (industrie du). *Dp.* 12 *Fév.*, 141.

Viscose (la) *Sn.* 5 *Fév.*, 146. *MC.* 1er *Fév.*, 49.

Viscosité. Coefficient de l'air. (Faby et Perot.) *AcP. Fév.*, 275.

COMMERCE ET ÉCONOMIE POLITIQUE

Accidents du travail en Hollande et Italie. *Ef.* 22 *Janv.*, 103.

Allemagne. Rapports entre l'Agriculture et l'Industrie. *Ef.* 12 *Fév.*, 200.

Angleterre. Commerce extérieur en 1897. *Ef.* 29 *Janv.*, 132.

Asie centrale. Relations avec la Chine, l'Inde et la Russie (Bonin) *Rgds.* 30 *Janv.*, 60.

Bourses. (Loi allemande sur les.) 29 *Rso.* 1er *Fév.*, 237.

Bambou. (Industrie du) *USR Janv.*, 1, à Reims, Id. 61.

Coton. Culture et commerce aux États-Unis depuis un siècle *Ef.* 12 *Fév.*, 204.

États-Unis. Les nègres de Farmville. *DoL. Janv.*, 1.

France. Commerce extérieur en 1897. *Ef.* 22 *Janv.*, 99, 131.

— Finances de la (Stourm). *Rso. Janv.*, 135.

Grèves des mécaniciens anglais. *E.* 21 *Janv.*, 81, 4 *Fév.*, 147. *E'.* 21 *Janv.*, 61, 11 *Fév.*, 129. *Ef.* 5 *Fév.*, 161.

Habitations à bon marché et les Syndicats de propriétaires. *Ef.* 5 *Fév.*, 168.

— Ouvrières à Vienne. 201, 11 *Fév.*, 77.

Japon. (Commerce avec le). *E.* 28 *Janv.*, 117. Développement industriel. *E'.* 4, 12 *Fév.*, 97, 123. *Industrie maritime E.* 21 *Janv.*, 66.

Java (Une mission à) (P.-C. Bert). *Rso. Janv.*, 149.

Monnaies d'argent en 1897. *Ef.* 12 *Fév.*, 201.

Petits patrimoines. Conservation des *Rso.* 16 *Janv.*, 113.

Propriété et population rurales (*répartition*). *Ef.* 22 *Janv.*, 99.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Russie. Commerce et industrie. *Q.* 4 *Fév.*, 148.
Soudan français. (Avenir du). *Ef.* 22 *Janv.*, 101.
Voorut (le). Organisation socialiste en Belgique. *Musée social. A. N°* 20.

CONSTRUCTIONS ET TRAVAUX PUBLICS

Canaux. Le Sammel canal de Vienne. *ZOI*, 28 *Janv.*, 49. Canalisation de l'Oder supérieur. *ZOI*, 4 *Fév.*, 65.
Chauffage à l'eau chaude (le). *Em. Fév.*, 817.
Conservation des bois. Haskin *E'.* 28 *Janv.*, 81.
Constructions domestiques incombustibles. (Potter) *SA.* 28 *Janv.* 213.
Fermes. Calcul des (Gensen). *VDI.* 22 *Janv.*, 88.
Incendies de Cripplegate *E.* 28 *Janv.*, 118.
— (Service des) en Amérique. *EM. Fév.*, 789.
— Protection en Europe. *E.* 4 *Fév.*, 133, en Amérique. *EM. Fév.*, 789.
Ponts de Tolbiac. Paris. *Ac. Janv.*, 1er *Fév.*, 18.
— Victoria à Queensferry. *Gc.* 12 *Fév.*, 245.
Poutres continues. Détermination des réactions. (Wilson et Rynolds) *RsL.* 24 *Janv.*, 268.
— *En ciment.* (Calcul des) *Ac. Fév.*, 26.

ÉLECTRICITÉ

Accumulateurs. Liaudet. *EE.* 12 *Fév.*, 300 Frantz-King. *Id.* 302.
— Charge par les survolteurs, *Elé.* 22 *Janv.*, 49. Calcul de la capacité. (Liebenow). *EE*, 12 *Fév.*, 285.
— Essais des (Kennedy) *Elé.* 12 *Fév.*, 102.
Aimants de (Jamin les). *EE.* 5 *Fév.*, 255, permanents (étude des) *Id.*, 257. Facteur démagnétisant dans les faisceaux et cylindres de fer. *Id.* 256.
Bismuth. Transparence dans un champ magnétique (Buisson). *CR* 7 *Fév.*, 462. Aux très basses températures.
Constantes diélectriques des substances inorganiques (Dewar et Fleming) *RsL.* 24 *Janv.*, 250.
Clapets électriques. EE. 12 *Fév.*, 289, 293.
Distribution à Schwyr. *Gc.* 5 *Fév.*, 229.
— Prescriptions de sécurité. *Elé.* 12 *Fév.*, 105.
Dynamos. Les (Parshall et Hobart). *E.* 21, 28 *Janv.*, 65, qq. 4, 11 *Fév.*, 132, 163.
— Induits à trous. *EE.* 5 *Fév.*, 252.
— de 600 chevaux pour distribution à 3 fils. *EE.* 29 *Janv.*, 204.
— Johnston. *E.* 21 *Janv.*, 97.
— Pare-étincelles. Fischer-Hinnen. *EE.* 29 *Janv.*, 208.
— Rendement des continues (Dupuy). *EE.* 22 *Janv.*, 162.
— Alternateurs Walker. *Elé.* 5 *Fév.*, 81.
— Démarrage des moteurs Asynchrones à courant alternatif simple (Riccardo-Arno). *Sie. Déc.*, 595.
— Fonctionnement stable et instable des moteurs Synchrones (Guilbert). *Ie.* 10 *Fév.*, 48
Éclairage *Arc.* Lampe Brockie. *E.* 28 *Janv.*, 129. Davie à arc clos. *EE.* 12 *Fév.* 301. Moyer, Mosher, Bergmann, Spencer, Blacknitz, Davy, Dobson, *EE.* 5 *Fév.*, 239. Éclat des projecteurs Blondel et Rey. *CR.* 31 *Janv.*, 404.
Incandescence. Spectrophotométrie des lampes à. *Elé.* 22 *Janv.*, 50.
Électrochimie. Divers. *Dp.* 21 *Janv.*, 62. *E.* 28 *Janv.*, 127. *Cs.* 31 *Janv.*, 52.
— Zinc. *E.* 22 *Janv.*, 85.
— Transport des sels dissous *L'Électrochimie. Janv.*, 1. Titrage galvanométrique. *EE.* 12 *Fév.*, 291.
— Fabrication de la soude au Niagara. *EE.* 22 *Janv.*, 165 du blanc et du chromate de plomb *Elé.* 22 *Janv.*, 59.
— Électrolyse des sels complexes fluorés. *EE.* 5 *Fév.*, 259.
Four électrique (le). Gin et Leleux. *CR.* 17 *Janv.*, 236. Divers *Dp.* 14 *Janv.*, 36.
Interrupteur Schlatter. *EE.* 23 *Janv.*, 164 à mercure Hofmeister. *EE.* 22 *Janv.*, 176.
Isolements des installations à courants alternatifs (Détermination de l') (Wilkins). *Ie.* 25 *Janv.*, 29.
Magnétisme. Cycles de torsion magnétique du fer doux (Moreau). *CR.* 7 *Fév.*, 463.
— Modification des corps par l'aimantation (Hurmurescu). *EE.* 12 *Fév.*, 279.
Mesures des coefficients d'auto-induction par l'Electrodynamomètre (Guthe). *American Journal of Science. Fév.*, 141.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Mesures. Déterminations récentes du nombre v. de Maxwell (Hurmurescu et Lamotte). *EE.* 22 *Janv.*, 155. 5 *Fév.*, 243.
— de l'intensité des champs magnétiques. (Bouty). *CR.* 17 *Janv.*, 238.
— Ampèremètre thermique à mercure. (Comechel). *CR.* 17 *Janv.*, 240.
— Influence des vibrations extérieures sur les compteurs Thomson Houston. *Ie.* 10 *Fév.*, 45.
Piles réversibles (les). (Darriens). *EE.* 22 *Janv.*, 141, 4 *fév.*, 229.
— à oxyde de cuivre. Lalande. *Ie.* 25 *Janv.*, 31.
— Etalon Clark (Dearlove). *EE.* 5 *Fév.*, 261.
Radiations électriques. Indices de réfraction (Rose et Rayleigh). *RsL.* 7 *Fév.*, 293, 300.
Résonateurs de Hertz (Turpin). *CR.* 31 *Janv.*, 418.
Silicium cristallisé. Résistance électrique. *CR.* 17 *Janv.*, 244.
Stations centrales. Statistique en France au 1er *Janv.*, 1898. *Ie.* 25 *Janv.*, 32.
— prix de l'énergie électrique en Angleterre. *EE.* 29 *Janv.*, 209.
Télégraphie. Rappel des bureaux secondaires. *Elé.* 22, 29 *Janv.*, 53, 74.
— Transmission de l'énergie par les milieux naturels. (Poincaré). *Rgds.* 30 *Janv.*, 53.
Téléphonie. Voltage des magnétos téléphoniques. *Elé.* 22 *Janv.*, 59.
— Protecteur de fils. *Élé.* 29 *Janv.*, 69.
— Commutateurs centraux d'intérêt privé. (Mandroux). *Elé.* 12 *Fév.*, 98.

HYDRAULIQUE

Alimentation d'eau des mines d'or de Coolgardie E'. 21 *Janv.*, 57.
Canaux de drainage. (E. Livesay). *E.* 11 *Janv.*, 190.
Compteur d'eau Lambert. *Ln.* 29 *Janv.*, 141. Distribution d'eau par l'air comprimé. *RM. Janv.*, 116.
Eaux souterrainès (Recherche des). *Rt.* 10 *Fév.*, 69.
Epuisement du delta du Niémen. Gc. 29 *Janv.*, 217.
Pompes à triple expansion Nordberg. *Pm. Janv.*, 3. A air comprimé Mammouth. *Ln.* 12 *Fév.*, 169.
Pompes centrifuges (essais de). *E.* 28 *Janv.*, 108.
Turbines. Régulateur Rusk-Sendher. *Ri.* 5 *Fév.*, 53. — Etudes sur les (Flamant). *RM. Janv.*, 5. De Campiona. *Id.*, 109.

MARINE, NAVIGATION

Canot de sauvetage, Younghusband. *E. Janv.*, 28, 129.
Constructions navales (Industrie des) en Angleterre. *EM. Fév.*, 763. Sous le règne de Victoria. E' 11 *Fév.*, 124.
Gouvernail Kermode. *Ri*, 15 *Janv.*, 21.
Hélices. Davidson *E.* 4 *Fév.*, 161.
— Influence de la surface (Durand) *E'* 21 *Janv.*, 67.
— Indicateur électrique de rotation. *Rmc. Janv.*, 91.
Machines marines. Essais du « Diadem ». *E.* 21 *Janv.*, 83. 4 *Fév.*, 149. Du « Brennus » (Roche). *RM. Janv.*, 65.
Marines de guerre. Torpilleurs des États-Unis. *E'.* 28 *Janv.*, 88. Emploi des. *Rmc. Janv.*, 98. Stations de et signaux de reconnaissance. *id.* 104.
— Cuirassé anglais « Argonaut. » *E'.* 4 *Fév.*, 108.
— Essais de plaques de cuirasse.
Pêches maritimes diverses. *Rmc. Janv.*, 156.
Phare de Lundj Island. E. 28 *Janv.*, 106.
Port du Havre. Rgds. 15 *Janv.*, 7.
Signaux phoniques en temps de brume. *Rmc. Janv.*, 72.
Yacht impérial russe Standart. E. 28 *Janv.*, 123. 11 *Fév.*, 174.

MÉCANIQUE GÉNÉRALE

Broyeurs Desfontaines. *Ri.* 5 *Fév.*, 55.
Chaudières à tubes d'eau. (Circulation dans les) *Gc.* 22 *Janv.*, 209. (Bellens). *Rt.* 25 *Janv.*, 33. Butner, Kircaldy, Thornycroft, Zobel, Downs et Thompson-Rosenthal. *RM. Janv.*, 102.
— Antiprimeur Brodk. *Ri.* 15 *Janv.*, 25.
— *Foyers* à bagasses. *E'.* 21 *Janv.*, 55. Fumivores Caddy, *RM. Janv.*, 104. Aux États-Unis. *Ri.* 12 *Fév.*, 67. Fumivores. Essais de Philadelphie. *Fi.*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Janv., 1. à rechauffeur d'air Fraser. *Ri.* 24 *Janv.*, 44. à tirage par aspiration Prat. *Gc.* 29 *Janv.*, 213.

Chaudières. Grille. Kudliez (Villard) *Bam. Janv.*, 49. Poillon *Ri.* 12 *Fév.*, 63. Oettinger. *RM. Janv.*, 104.

— Essais d'injecteurs. *RM. Janv.*, 103.

— Explosions en Angleterre. *E.* 11 *Fév.*, 182. Dues au martelage des tôles. *RM. Janv.*, 104.

— Niveau d'eau Winn. *E.* 21 *Janv.*, 89.

— Purification des eaux Stillmann. *E.* 28 *Janv.*, 109.

— Régulateur thermostatique Doudart de la Grée. *RM. Janv.*, 105.

— Soupape de retenue Losenhans. *Gc.* 12 *Fév.*, 257.

Chronographe. Créhore et Squier. *Ln.* 22 *Janv.*, 122.

Concasseurs. Johnson et Walker. *Ri.* 22 *Janv.*, 33.

Embrayage à friction. Villard et Bonnafous. *Pm. Fév.*, 22.

Ecrou hélicoïdal. E. 4 *Fév.*, 143. *E'* 4 *Fév.*, 113.

— Excavateur Bomford et Evershed. *E'.* 11 *Fév.*, 130.

Engrenages moulés (Hornes) *E.* 21 *Janv.*, 67. 4 *Fév.*, 131. En Angleterre et en Amérique (Lecornu). *RM. Janv.*, 24.

Froid. Théorie et pratique de la réfrigération mécanique. (Murray). *Es. Janv.*, 19. entrepôt de North Shields. *E'.* 11 *Fév.*, 139.

Graissage. (Théorie du) Wadsworth. *Fi. Janv.*, 61.

Horlogerie. Couteaux des pendules. (Brillouin). *ACP. Fév.*, 231.

Levage. Grue à ressort. *E.* 21 *Janv.*, 88. Électrique de 2 500 k. *VDI.* 29 *Janv.*, 113. 5 *Fév.*, 148.

— Grue roulante. Nicaise et Delcuve. *Ri.* 22 *Janv.*, 35.

— Pont roulant. Fielding et Platt. *E.* 28 *Janv.*, 110.

— Porteur aérien Tesel Pichat Morel. *Eam. Janv.*, 45. Chargeur Hallidie. *RM. Janv.*, 110.

— Ascenseur électrique. Guyenet et de Mocomble. *Ie.* 29 *Janv.*, 65.

Machines outils. Diverses. *Dp.* 21 *Janv.*, 53. A bailler les engrenages Fellows. *RM. Janv.*, 111. Outil Weiss pour —. *Id.*, 113.

Machines outils. Tour à couper des lingots. Craven. *E.* 21 *Janv.*, 49.

— Fabrication du vélocipède. *VDI.* 22. 29 *Janv.*, 85. 73.

— Forgeage, procédés de (Codron). *Bam. Janv.*, 3. presse à forger Borsig. *Dp.* 12 *Fév.*, 123.

— Fraiseuse Hulse. *E.* 11 *Fév.*, 167.

— Outils en fer profilés Beardshaw. *E.* 11 *Fév.*, 187. Pour billes Wiegand et Seifert. *RM. Janv.*, 113.

— Perceuse Icely pour roues de vélocipèdes. *RM. Janv.*, 113.

— Riveuses Fielding. Haniel. Allen Lévêque. Albren Berry. *Ri.* 29 *Janv.* 41.

— Scie à métaux Newton. *RM. Janv.*, 111.

A bois. Rabots divers. *Dp.* 24 *Janv.*, 29. 4 *Fév.*, 102. Scies *id.* 21. 29 *Janv.*, 59. 77.

Moteurs à vapeur. Divers. *Dp*, 14. 21 *Janv.* 25. 49. *E.* 12 *Fév.*, 97. 121. à l'exposition de Zurich. *VDI.* 12 *Fév.*, 174. A 3 cylindres Brotherhood. *RM. Janv.*, 101.
Surchauffée. *VDI.* 5 *Fév.*, 141. (Sinigaglia). *RM. Janv.*, 44.

— *Triple expansion à grande détente. RM. Janv.*, 119.

— *Compound jumelle à balancier. RM. Janv.*, 120.

— Corliss Bollinckx. *Ri.* 5 *Fév.*, 54.

— Economie des. *E'.* 28 *Janv.*, 86.

— Compression dans l'espace mort. (Hubert). *Ru. Janv.*, 71.

— Contrôle des pertes. *Rmc. Janv.*, 1.

— Distribution par soupapes. Prudhomme. Prion. *E.* 11 *Fév.*, 174.

— Tiroir prismatique. Campbell. *E.* 28 *Janv.*, 123.

à gaz. Grands moteurs. Les. (D. Clerk). *EM. Fév.*, 758.

— Applications des (G. Richard). *RM. Janv.*, 82.

— White et Middleton. *E.* 21 *Janv.*, 76.

— Amortisseur d'échappement. Chevalet. *Ri.* 5 *Fév.*, 56.

A pétrole. Carburateur Chauveau. *Ln.* 20 *Janv.*, 37. Roser Mazurier. *Pm. Janv.*, 2. Duplex pour automobiles. *RM. Janv.*, 97.

A alcool. (*Société d'Encouragement de Berlin*). *Janv.*, 8.

— *A air chaud.* Jessing. *E'.* 21 *Janv.*, 65.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Presse à coton Swenson. RM. Janv., 117.

Résistance des matériaux. Essais au choc appareil photographique Dunn. *Fi. Janv.*, 36.

— Loi de déformation des métaux industriels. Brillouin. *CR.* 24 *Janv.*, 328.

— Flexion des pièces épaisses. (Ribière). *CR.* 31 *Janv.*, 402.

— Déformation permanente des métaux. (Faurie). *CR.* 31 *Janv.*, 400.

— Comparaison des courbes de torsion. (Bouase). *CR.* 7 *Fév.*, 466.

Roulement sur billes Tripp. RM. Janv., 117.

MÉTALLURGIE

Aluminium. La Cryolithe. *Fi., Janv.*, 47.

Alliages. Étude microscopique des *In.* 29 *Janv.*, 139.

— Pour coussinets, détermination du cuivre (Garrigues). *CN.* 25 *Janv.*, 41. 11 *Fév.*, 52.

Argent. Chloruration ; mines de Delano. *Eam.* 29 *Janv.*, 129.

Cuivre. Cubilot. Garretson. *Eam.*, 5 *Fév.*, 160.

Fer et acier. Ateliers du Creusot. *E.* 28 *Janv.*, 100. 4. 11 *Fév.*, 1. 137. 169. Chargeurs de lingots. *Dp.* 4 *Fév.*, 108.

— Défauts des lingots d'acier. (Demeuge). *Gc*,. 22 *Janv.*, 200.

— Acier (métallurgie en 1897). *Rt.* 25 *Janv.*-10 *Fév.*, 41, 66. Four à recuire. Arsenal de Woolwich. *E'.* 4 *Fév.*, 102. basique (L') sur le continent. (Stromeyer) *Es. Janv.*, 45. Industrie en France. *SuE.* 15 *Janv.*. 79.

— Blindages. Fabrication aux forges de Denain et Anzin. *Ms. Fév.*, 126.

— Oxydation des tôles de fer et d'acier. Expériences de Krupp. *Im.* XI, 210.

— Four à chauffer en plaques de blindages. Tressider. *E.* 28 *Janv.*, 129.

Fer. Fonderie de Goslar. *SuE.* 15 *Janv.*, 67. 1 *Fév.*, 138.

Nickel. Aux États-Unis. *Ms. Fév.*, 123.

Or. Mine de Meyer et Charlton. (Transvaal). *Eam.* 15 *Janv.*, 69.

— Cyanuration. Essai des solutions résiduelles. (Ellis). *Ms. Fév.*, 117. Influence des anodes. *Eam.* 22 *Janv.*, 100. Procédé Pelatan-Clérici. *E.* 11 *Fév.*, 180.

Zinc. Fabrication au moyen des gaz zincifères. *Ms. Fév.*, 130.

MINES

Aluminium. Cryolithe du Groenland. *Ri.* 5 *Fév.*, 57.

Chemin de fer à voie de 1^m^ et carrière centrale de déblais pour les houillères de Saint-Étienne. *Im.* XI. 5.

Fer. Minerais phosphorés de Suède. Leur emploi dans l'industrie allemande. *Société d'Encouragement de Berlin. Janv.*, 38.

Houillères de Houzay. Tonkin. *Im.* XI. 155.

— Aérage secondaire dans les mines grisouteuses. *Im.* XI. 215.

— Lambeau de refoulement à Charleroi. *Ru. Janv.*, 46.

Industries extractives en Belgique, depuis 1831. (Habetz). *Ru. Janv.*, 27.

Or. Drague pour placers. Jeffrey. *Eam.* 22 *Janv.*, 102.

— Sibérie. *Gc.* 29 *Janv.*, 222.

— Transvaal. *EM. Fév.*, 751. Klondike *Eam.* 29 *Janv.*, 133. 5 *Fév.*, 160.

Pierres précieuses. Géographie des. *Fi. Janv.*, 24.

Préparation mécanique. Trieur magnétique. Edison. *Co.* 5 *Fév.*, 172. *SuE.* 1 *Fév.*, 133.

— Séparateur centrifuge. Deville. *E.* 4 *Fév.*, 161.

Transmissions funiculaires dans les mines. Eam. 22 *Janv.*, 99.

Le Gérant : GUSTAVE RICHARD.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

97e ANNÉE. Cinquième Série, Tome III. MARS 1898.

BULLETIN
DE
LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT
POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

NOTICE NÉCROLOGIQUE

Sur **M. Alexandre Joly**, *membre du Comité des Arts chimiques*, *par* M. Troost.

Le Comité des Arts chimiques de la Société d'Encouragement a très prématurément perdu l'un de ses membres, sur l'activité et le dévouement duquel il espérait pouvoir compter pendant de longues années.

M. Alexandre Joly, professeur adjoint à la Faculté des sciences, maître de conférences et directeur du Laboratoire de chimie à l'École normale supérieure, était né à Paris le 15 août 1845. Il fit ses études au collège Sainte-Barbe, où son père était inspecteur, et entra à l'École normale en 1867.

Reçu agrégé des sciences physiques en 1871, il eut la bonne fortune d'être immédiatement attaché comme préparateur au laboratoire d'Henri Sainte-Claire Deville, qui avait distingué sa grande intelligence et son ardeur au travail.

En 1876, il fut nommé professeur de physique et de chimie au lycée Henri IV; il y resta jusqu'en 1885. Sa situation, comme maître de conférences à la Sorbonne et sous-directeur du Laboratoire de chimie de l'École normale, lui permit alors d'abandonner des fonctions qui lui prenaient trop de temps, et de se consacrer plus assidûment aux recherches scientifiques.

Enfin, en 1888, il succéda à Debray, comme maître de conférences et directeur du Laboratoire de l'École normale, où il devait rester jusqu'à son dernier jour. Tout en s'occupant avec la plus scrupuleuse conscience de son double enseignement à la Sorbonne et à l'École normale, M. Joly n'a pas

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

moins continué avec passion ses travaux sur des sujets très divers et d'une exceptionnelle originalité.

Après avoir débuté, de 1872 à 1877, par des recherches sur le nobium et le tantale, recherches d'autant plus délicates que ces métaux avaient déjà exercé la sagacité d'éminents chimistes, comme Henri Rose et de Marignac, il n'avait pas reculé devant les difficultés que présentait l'analyse complète des produits de la réaction de l'aluminium sur l'acide borique en présence du charbon aux températures les plus élevées de nos fourneaux, difficultés que n'avaient pas abordées des maîtres tels que Henri Sainte-Claire Deville et Wöhler.

Les remarquables résultats qu'il publia sur l'acide hypophosphorique et sur les autres composés oxygénés du phosphore et de l'arsenic, la rectification si délicate et si importante qu'il apporta aux formules attribuées par Claus à certains composés chlorés du ruthénium, son étude des sels d'osmium et d'iridium et les méthodes qu'il a imaginées pour la séparation et la préparation à l'état pur des divers métaux de la mine du platine ont placé M. Joly aux premiers rangs parmi les chimistes de notre époque. Ils lui valurent en 1891 le prix Lacaze, qui est la plus haute récompense que l'Académie des sciences puisse attribuer aux travaux de chimie. L'Académie en a encore, trois ans après, consacré le mérite, en inscrivant M. Joly sur la liste des candidats présentés par la Section de Chimie pour y occuper la place devenue vacante par la mort de M. Frémy.

Grâce à son énergie et à son activité, M. Joly n'en trouvait pas moins le temps nécessaire pour s'occuper des applications de la science, et pour publier des traités de chimie très appréciés, ainsi que d'importantes monographies dans l'*Encyclopédie chimique*.

Mais ce labeur incessant, au milieu de constants soucis et de douleurs de famille, devait épuiser prématurément sa santé déjà ébranlée et le livrer sans défense aux atteintes d'une maladie qui ne faisait pas prévoir une issue fatale. Le 3 décembre dernier, il était brusquement enlevé à l'affection de sa famille, de ses collègues, de ses élèves et de ses amis quelques jours à peine après avoir pris place au milieu des membres du Conseil de la Société d'Encouragement.

Signé : TROOST, *rapporteur*.

Lu et approuvé en séance, le 11 mars 1898.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS MÉCANIQUES

RAPPORT présenté par **M. Hirsch**, au nom du *Comité des Arts mécaniques*, sur les inventions de M. BONJOUR.

M. C. Bonjour, ingénieur, 71, rue Lafayette, à Paris, soumet à la Société d'Encouragement divers documents relatifs aux perfectionnements qu'il a apportés dans les distributions de vapeur.

M. Bonjour est bien connu, dans le monde des mécaniciens, par l'originalité et l'ingéniosité de ses inventions. A l'Exposition universelle de 1889, il présentait plusieurs mécanismes, qui excitèrent la plus vive attention; citons, entre autres, une distribution à deux tiroirs superposés et commande desmodromique, les deux tiroirs étant actionnés par un excentrique unique, dont le collier pouvait recevoir différentes orientations; la position de ce collier était elle-même sous l'action du régulateur, et la détente variait ainsi dans des limites fort étendues.

D'autres dispositifs exposés par M. Bonjour avaient également pour objet la détente variable par le régulateur; dans la machine construite par la Compagnie de l'Horme, la détente était obtenue par un tiroir cylindrique, relié à un piston à vapeur; ce dernier recevait la pression par une distribution très légère, sous la commande d'un régulateur extrêmement sensible et délicat.

A la même Exposition de 1889, M. Bonjour présentait une machine à grande vitesse, constituée par deux paires de pistons à simple effet, se mouvant dans des cylindres perpendiculaires. La distribution était compound, et elle était opérée directement par l'une des deux paires de pistons sur l'autre. Cette petite machine, extrêmement compacte, donnait jusqu'à 1 800 révolutions par minute.

A cette exposition, fort remarquée, le jury accorda une médaille d'or.

M. Bonjour n'a cessé, depuis lors, de s'occuper des questions si intéressantes des distributions de vapeur, et il a apporté, dans ses recherches, une fertilité d'invention et une persévérance, qui ont donné des résultats fort encourageants. Du volumineux dossier qu'il soumet à la Société, nous

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

extrairons seulement quelques dispositifs très remarquables, et qui se rapportent à un même ordre d'idées : l'emploi d'un liquide incompressible pour remplacer les pièces solides actionnant les tiroirs de distribution, et cela sous deux formes :

1° Déclenchement hydraulique, substitué au déclic Corliss ou Sulzer ;

2° Système de transmission hydraulique, tenant lieu des bielles, coulisses et autres organes mécaniques ordinairement employés pour actionner les distributeurs.

Nous terminerons par l'étude sommaire de quelques combinaisons ingénieuses, imaginées récemment par M. Bonjour.

Déclenchement hydraulique. — Les premiers essais de ce dispositif datent de 1890. En voici le principe :

Imaginons une machine Corliss à quatre distributeurs ; les distributeurs d'échappement sont sous l'action d'un excentrique, agissant par l'intermédiaire d'une transmission desmodromique. La commande des distributeurs d'admission est faite, au contraire, par un dispositif à déclenchement. Dans les types ordinaires, ce déclenchement est obtenu à l'aide d'organes solides ; à cet effet, le distributeur est sollicité par une force de rappel, un ressort par exemple, qui tend constamment à le ramener à la position de fermeture ; l'ouverture du distributeur est donnée par une transmission prise sur l'excentrique, laquelle, lorsqu'elle agit, refoule le ressort de rappel ; cette transmission est brisée en deux parties, qui peuvent être rendues solidaires ou indépendantes ; la solidarité est réalisée par l'enclenchement de deux touches en acier ; quand ces touches viennent à manquer, la solidarité est rompue et le distributeur est brusquement ramené à la fermeture par le ressort de rappel ; la position du point de déclenchement est sous la dépendance du régulateur.

C'est ce système de déclenchement mécanique que M. Bonjour remplace par un déclenchement hydraulique. La transmission entre l'excentrique et le distributeur est faite par une bielle en deux parties (fig. 1), lesquelles se terminent, l'une par un fourreau, l'autre par un piston entrant dans ce fourreau ; l'intervalle entre le piston et le fond du fourreau est plein de liquide, lequel résiste, par son incompressibilité, à la poussée produite par l'excentrique, et détermine ainsi l'ouverture du distributeur ; mais, à un point donné du parcours, un robinet s'ouvre dans le fond du fourreau ; le liquide s'échappe, la force de rappel agit seule et ramène le distributeur à la position de fermeture. Des combinaisons cinématiques fort élégantes

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mettent ce robinet sous la dépendance du régulateur, ce qui fait varier la détente à la demande du travail imposé au moteur. Les chocs entre organes solides, si fâcheux dans les commandes par déclenchement, sont ainsi évités, ce qui permet d'aborder des allures beaucoup plus vives.

De nombreuses et puissantes machines ont été installées d'après ce principe ; citons, entre beaucoup d'autres : à Paris, deux machines de 1 000 chevaux, montées en 1896 par la Compagnie Edison, dans son usine d'éclairage électrique de l'avenue Trudaine ; à Berlin, quatre machines de 3 000 chevaux, pour l'éclairage électrique et la traction des tramways ; à Barcelone, à Bruxelles, à Marseille, à Toulon, des moteurs de 500 à 1 500 chevaux, desservant des stations d'électricité, etc. C'est la maison Van den Kerchove qui a construit la plupart de ces machines, en collaboration avec M. Bonjour. L'inventeur poursuit ses recherches avec le concours actif du Creusot, de plusieurs grandes maisons de construction, des administrations de chemins de fer et des ingénieurs de la marine de l'État.

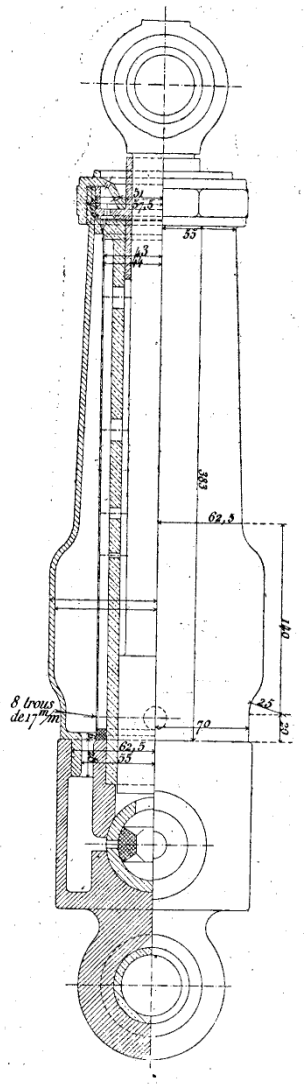


Fig. 1. — Bielle hydrostatique *Bonjour*.

Transmission hydraulique. — Arrivons au deuxième système, celui de la commande par transmission hydraulique. La solution de ce problème est intéressante pour tous les mécaniciens ; mais elle prend une importance de premier ordre dans les applications aux grandes machines de la marine. Ces immenses appareils se composent de plusieurs énormes cylindres, et chaque cylindre comporte une distribution complète, avec deux excentriques, deux colliers, deux barres d'excentrique, une coulisse, les bielles de suspension de la coulisse, les arbres de relevage, avec leurs machines et apparaux de manœuvre. Malgré les quelques simplifications qu'on a pu apporter dans ces sortes de transmissions, tant qu'on s'en est tenu à des combinaisons cinématiques, il a été impossible d'échapper à une complication excessive, entraînant des difficultés con-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sidérables pour l'agencement de la machine, pour le graissage et pour l'entretien, des frais élevés, des chances d'avarie, nécessitant un personnel nombreux, et qui doit être très exercé, pour se mouvoir, sans de trop grands risques, dans des emplacements étroits, encombrés par tout cet attirail.

Les dispositifs imaginés par M. Bonjour ont pour objet de simplifier, dans une mesure très large, ces transmissions si complexes et si volumineuses, et de les remplacer par de simples tuyaux, que parcourt un fluide incompressible.

En un point quelconque de l'arbre moteur est monté un excentrique, lequel suffit à lui seul pour donner la distribution à un nombre quelconque de cylindres.

Supposons d'abord qu'il s'agisse d'un cylindre unique. L'excentrique mettra en mouvement une

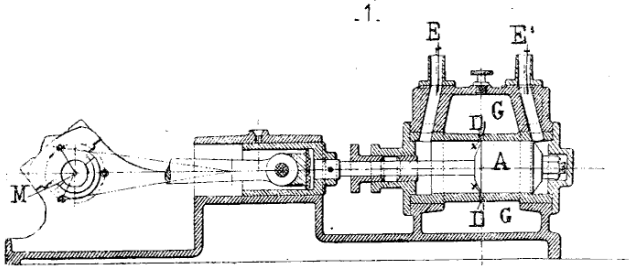


Fig. 2. — Transmission hydraulique *Bonjour*. Générateur.

pompe foulante dite *génératrice*, laquelle comprimera le liquide et l'enverra par un tuyau sous un piston appelé *récepteur* et monté sur la tige du tiroir. L'ensemble de la transmission étant supposé sans fuite ni dilatation, les mouvements du tiroir suivront exactement ceux du piston générateur, et la distribution se fera comme avec un excentrique à connexion directe, le liquide enfermé remplissant exactement l'office de la bielle d'excentrique ordinaire.

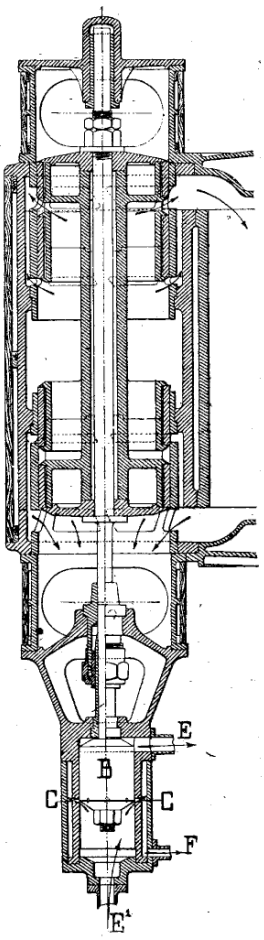


Fig. 3. — Transmission hydraulique *Bonjour*. Récepteur.

Mais il est indispensable de parer aux effet des fuites et des dilatations, et c'est ici que se montrent le soin et l'ingéniosité que l'inventeur apporte dans l'étude de ces questions; l'un des nombreux dispositifs qu'il propose est représenté par les schéma figures 2 et 3, qui nous serviront à en expliquer le principe et le fonctionnement.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L'excentrique M, monté sur l'arbre moteur, actionne le piston générateur A à double effet; par les tuyaux EE, E^1 E^1, les fonds du cylindre générateur sont réunis à ceux du cylindre récepteur B, dont le piston est fixé sur la tige du tiroir de distribution. Le cylindre générateur est immergé dans un réservoir GG plein de liquide, avec lequel il communique par les trous DD percés sur tout son pourtour; grâce à ces orifices, dits *d'enclenchement*, que le piston A découvre en fin de course, le cylindre se maintient toujours plein de liquide. Le cylindre récepteur B présente une disposition analogue; il est percé, en son milieu, d'une série de trous CC, dits *orifices de libération*, qui sont découverts par le piston à chaque fin de course; ces orifices communiquent avec la décharge F, qui ramène le liquide au réservoir GG. Le volume engendré par le piston générateur étant un peu plus grand que celui engendré par le piston récepteur, on voit qu'il s'établira une circulation continue de l'un à l'autre, le liquide en excédent étant, à chaque coup de piston, ramené au réservoir GG; de plus, les fuites seront constamment réparées, et les excursions du tiroir exactement limitées.

Le changement de marche et les variations de la détente s'obtiennent facilement : il suffit, suivant un principe bien connu, de modifier la position de l'excentrique sur l'arbre de couche. Soit *a* (fig. 4) la position du centre d'excentricité, la manivelle étant en MH, pour la marche en avant avec l'admission maxima; si nous reportons le centre d'excentricité au point *b*, symétrique de *a* par rapport à MH, nous obtiendrons la marche en arrière, dans des conditions analogues de distribution. Si, au moyen d'un dispositif fort répandu, nous fixons successivement le centre d'excentricité aux différents points de la corde *a b*, nous obtiendrons les divers degrés de détente, soit dans la marche en avant, soit dans la marche en arrière, comme avec la coulisse de Stephenson.

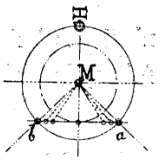


Fig. 4.

L'idée d'opérer le changement de marche et la variation de la détente par une manœuvre hydraulique est fort séduisante par sa simplicité; elle a tenté bon nombre de mécaniciens; ainsi, dans les bulletins de la Société d'Encouragement, nous trouvons les descriptions de divers essais de ce genre : la manivelle hydraulique de M. Muller (*Bull.* de juin 1885, p. 289), le changement de marche hydraulique de M. Joy (*Bull.* de mars 1895, p. 243). Mais le but que ces inventeurs ont poursuivi est tout spécial et de caractère restreint; ils se sont contentés d'utiliser l'excentrique ordinaire, avec sa transmission par bielle au tiroir, et ne font intervenir la pression

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

liquide que pour modifier le calage de l'excentrique; la transmission est mécanique de l'excentrique au tiroir, et hydraulique de la main du mécanicien à l'excentrique; l'emploi d'un liquide comprimé dans ces conditions

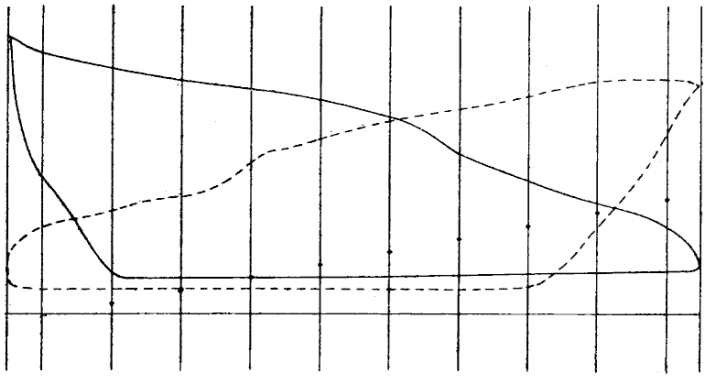


Fig. 5. — Diagramme relevé sur le petit cylindre de la machine de l'*Ondine*.

n'est pas à l'abri de difficultés graves, en ce qui concerne notamment les fuites, les dilatations et la tenue des joints fixés aux organes mobiles.

M. Bonjour paraît beaucoup mieux inspiré, lorsqu'il interpose la transmis-

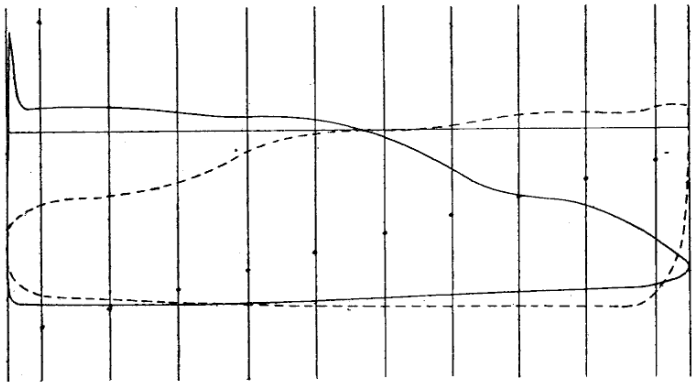


Fig. 6. — Diagramme relevé sur le grand cylindre de la machine de l'*Ondine*.

sion hydraulique entre l'excentrique et le tiroir. La plupart des difficultés disparaissent, et la simplification ainsi obtenue est bien plus satisfaisante.

Nous avons supposé dans ce qui précède que le système était appliqué sur une machine à un seul cylindre. Mais il s'adapte avec la plus grande simplicité au cas de deux, trois cylindres ou davantage; il suffit de relier au

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

collier de l'excentrique des pompes génératrices en éventail et en nombre égal à celui des cylindres; l'excentrique étant, par exemple, monté en bout d'arbre, n'aura que des proportions minimes; et les tuyaux de communication se logeront le long des bâtis; le mécanisme principal de la machine sera ainsi complètement dégagé et accessible de toute part, ce qui en rendra singulièrement facile la surveillance, l'entretien et le graissage.

C'est dans ces conditions que le système a été appliqué à titre d'essai à la machine compound à deux cylindres du bateau citerne de l'État l'*Ondine*. Les expériences sont toutes récentes, elles ont été faites à Lorient, sous le contrôle des ingénieurs de la marine. Ces expériences paraissent avoir complètement réussi; la machine s'est bien comportée, aussi bien au point fixe qu'en marche libre et même par gros temps. Les diagrammes (fig. 5 et 6) ci-joints montrent d'ailleurs que la distribution s'est opérée avec une régularité complète. Au moment où ils ont été relevés, la machine marchait à l'allure ci-après :

Nombre de tours par minute.		158
Pression effective à l'arrivée de vapeur		4 kilogr.
— — au receiver.		0kg,15
Pression moyenne au . . .	petit cylindre.	1kg,840
	grand cylindre	0kg,710
Puissance indiquée	petit cylindre.	92,5 chevaux.
	grand cylindre	93,9 —
	Total.	186,4 chevaux.

Ces résultats sont fort remarquables.

Il se passe, d'ailleurs, dans ces transmissions hydrauliques, des effets inattendus et qui méritent l'attention : la colonne liquide atteint par instant des vitesses considérables et qui varient avec une grande rapidité; néanmoins les mouvements sont réguliers et s'accomplissent avec douceur.

Systèmes divers. — Le système que nous venons d'examiner semble présenter des avantages importants, en ce qui concerne la simplification des mécanismes. Au point de vue de la distribution, les mouvements imprimés au tiroir ne diffèrent pas de ceux que fournit la commande ordinaire par barres d'excentrique, avec ou sans coulisse; la colonne de liquide sous pression remplit exactement le rôle des pièces de transmission solides, sans modifier les relations ordinaires entre les déplacements des organes de commande et des organes commandés. Parmi ces conditions, il en est une qui entraîne des inconvénients fort sérieux : la distribution par tiroir simple et excentrique circulaire ne s'accommode pas avec des détentes prolongées;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

aux admissions restreintes correspondent forcément de grandes avances et des compressions inacceptables (1).

Mais il est possible, avec les transmissions hydrauliques, d'échapper à ces difficultés; il suffit, sur le trajet de la colonne, d'intercaler une petite distribution qui puisse, au moment voulu, faire tomber la pression du liquide et par conséquent arrêter le mouvement du tiroir; c'est une application du principe du déclenchement hydraulique, que nous avons précédemment étudié. Cette distribution auxiliaire étant fort légère, peut être mise sous la dépendance du régulateur.

La fig. 7 représente une des nombreuses combinaisons imaginées pour

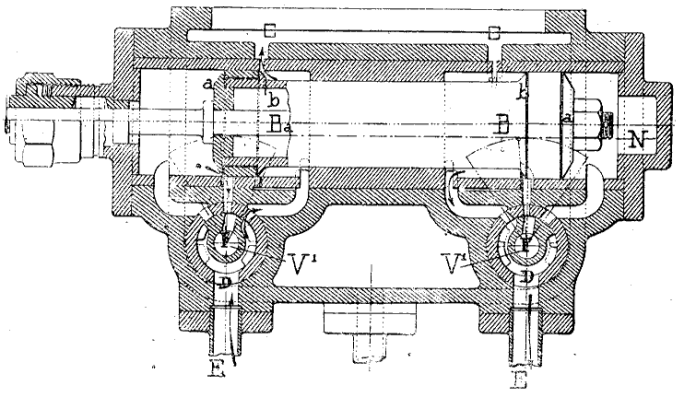


Fig. 7. — Déclenchement hydraulique *Bonjour*.

cet objet par M. Bonjour. Le récepteur est constitué par deux pistons différents B, B, solidaires l'un de l'autre; le liquide sous pression est envoyé par les conduites E dans les boîtes de distribution DD, et délivré successivement aux deux faces des pistons par les distributeurs oscillants FF, l'échappement se fait par le creux de ces distributeurs, ainsi que par les orifices de libération CC. L'aire *a* du piston récepteur étant beaucoup plus grande que l'aire annulaire *b*, le retour se fait avec une grande rapidité, de manière à couper brusquement l'admission de vapeur.

Les différents systèmes que nous venons de décrire comportent, soit par eux-mêmes, soit par leurs combinaisons avec des mécanismes ordinaires,

(1) M. Bonjour a étudié, et il fait exécuter au Creusot, une distribution par tiroir unique, vec commande par deux excentriques circulaires, qui permet d'obtenir tous les degrés de détente, sans exagérer les avances ni la compression. Nous ne croyons pas devoir entrer dans le détail de cette combinaison cinématique très originale et intéressante; il paraît convenable d'attendre, pour l'apprécier en connaissance de cause, qu'elle ait été exécutée et essayée.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

un nombre infini de variétés. Nous ne saurions les examiner toutes; ce que nous avons dit suffira pour faire apprécier la fécondité des principes proposés par M. Bonjour, et les développements qu'ils paraissent susceptibles de prendre.

On ne saurait trop encourager les recherches de cette nature. L'étude des distributions de vapeur a été pendant longtemps en grande faveur chez les constructeurs de notre pays; c'était un domaine qu'ils se plaisaient à cultiver, et qu'ils exploitaient avec honneur et profit; les Reech, les Clapeyron, les Phillips, les Farcot, les Meyer, et bien d'autres y ont laissé de glorieuses traces et puissamment contribué aux progrès de la machine à vapeur.

Il semble que, depuis un certain temps, ces belles études soient un peu négligées; peut-être s'est-on laissé trop facilement séduire par des inventions venues du dehors, et que souvent on s'est contenté d'imiter ou de reproduire. Ce n'est pas le lieu d'analyser les causes de cette sorte d'indifférence; mais on est heureux de la voir enfin cesser, et on doit être reconnaissant à l'ingénieux et persévérant inventeur, qui rouvre enfin les voies si vaillamment tracées par nos prédécesseurs et qui promet une digne suite à leurs travaux.

Le Comité des Arts mécaniques a l'honneur de vous proposer de remercier M. Bonjour de sa très intéressante communication, et d'insérer le présent rapport dans le *Bulletin* de la Société avec figures dans le texte.

Signé : Hirsch, *rapporteur.*

Lu et approuvé en séance, le 11 mars 1898.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

MÉTALLURGIE

Recherches sur les aciers au nickel, par **M. Ch.-Éd. Guillaume**(1).

Les alliages que l'on obtient en ajoutant à l'acier des quantités variables de nickel sont intéressants à un double point de vue. D'une part, certains d'entre eux possèdent des qualités mécaniques qui les rendent précieux dans la construction des machines; d'autre part, ils présentent une série de singulières anomalies qui font de leur étude une source de perpétuelles surprises. Cependant, comme nous le verrons, leurs bizarreries ne sont pas isolées. Certaines relations que la simple inspection des diagrammes révèle entre plusieurs d'entre elles montrent qu'elles ont une cause commune, et qu'elles ne sont que les diverses manifestations d'un même phénomène primordial.

Je chercherai à mettre ce phénomène en lumière après avoir décrit les propriétés qui en ont fait conjecturer l'existence. Les nombreuses et excellentes notices parues déjà dans ce Bulletin me permettront d'être très bref sur l'historique systématique de la question, et de consacrer la totalité de cette étude à mes recherches personnelles sur ce sujet, me bornant à signaler au passage les points communs avec les travaux antérieurs.

Le fer et le nickel sont, comme on sait, les plus magnétiques des métaux à la température ordinaire. Leur mélange devrait donc être magnétique dans les conditions où chacun des composants est doué de cette propriété.

Le fait, connu depuis plus de dix ans, que certains alliages dans lesquels ces deux métaux entrent pour plus de 99 p. 100 sont complètement dépourvus de magnétisme est un indice à peu près certain que les éléments ne sont pas simplement mélangés dans la masse, mais qu'il existe de véritables combinaisons définies de fer et de nickel auxquelles la loi des mélanges ne devra s'appliquer pour aucune de leurs propriétés.

Le premier, M. J. Hopkinson, a indiqué, dans une série de courtes notes, les transformations que subissent les ferro-nickels non magnétiques lorsqu'on les soumet à des influences diverses, et en particulier à des températures très basses. Certains de ces alliages, exposés au froid, ou travaillés sur le tour, à la lime, à la filière, deviennent magnétiques en totalité ou en partie, et éprouvent,

(1) Communication faite en séance, le 11 mars 1898.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dans ce passage, une augmentation de volume et un durcissement très appréciables. Ils reviennent à leur premier état lorsqu'on les chauffe au rouge.

M. H. Le Chatelier, M. Osmond, M. Charpy, ont précisé certains détails du phénomène. M. A. Le Chatelier a montré qu'un même alliage est beaucoup plus dilatable à l'état non magnétique qu'après la transformation par le froid.

Le premier indice des anomalies nouvelles qui vont être décrites fut découvert par M. J.-R. Benoît, directeur du Bureau international des Poids et Mesures, qui, comparant à une règle en bronze un étalon en acier au nickel appartenant à la Section technique de l'Artillerie, trouva que la dilatation des deux barres était sensiblement la même. Examinant plus tard une règle d'un alliage plus riche en nickel, je la trouvai deux fois moins dilatable que ne l'indiquait la loi des mélanges. Occupé depuis longtemps, sous les auspices du Comité international des Poids et Mesures, de recherches destinées à perfectionner la construction des étalons et des appareils de précision, je m'attachai à suivre d'abord cette anomalie, très intéressante au point de vue de cette application particulière. Il parut toutefois profitable, même pour cette recherche spéciale, de tenir compte, dès le début, des autres propriétés de ces alliages. Leur état magnétique, qui semble, en toutes circonstances, très caractéristique de leur degré de transformation a été soumis à un examen, dont les résultats, bien que grossièrement approchés, ont été, dans la suite, d'un grand secours pour guider les autres recherches.

Le travail d'ensemble, pour l'exécution duquel M. Benoît me donna les plus précieux encouragements aurait été impossible si je n'avais eu la bonne fortune d'obtenir la collaboration de la Société de Commentry-Fourchambault, dont le directeur général, M. H. Fayol, et le secrétaire général, M. L. Dumas, m'assurèrent le concours. Les alliages à étudier, préparés dans les aciéries d'Imphy dirigées par M. J. Adenot, ont été fournis à titre gracieux au Bureau international en barres forgées propres à faire des règles (1).

Alliages étudiés (2). — L'étude des alliages du fer et du nickel donnerait peut-être des résultats particulièrement nets, s'ils étaient préparés avec des métaux purifiés. Mais ainsi que l'expérience l'a montré, ces alliages sont généralement cassants et difficiles à travailler et ne présentent que peu d'intérêt pour l'industrie. Il est préférable d'allier le nickel à des aciers contenant du

(1) MM. Girin, ingénieur principal, Dauphin et Gineste, ingénieurs des aciéries d'Imphy, se sont plus spécialement occupés de la préparation et de l'analyse des alliages. Je les prie d'agréer, avec M. G. Delabroise, ingénieur attaché au service central de la Société de Commentry-Fourchambault, mes meilleurs remerciements pour leur aimable concours.

(2) On n'est pas parfaitement d'accord sur le nom qu'il convient de donner aux alliages obtenus en mélangeant du nickel à de l'acier. Quelques métallurgistes pensent devoir leur refuser le nom d'*aciers*, à cause de leur indifférence à la trempe. Il m'a paru plus correct de suivre l'usage général fondé sur la composition chimique de ces alliages.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

carbone, du silicium et du manganèse. Les proportions de ces trois corps, dans les alliages préparés pour ce travail, s'écartaient peu de 1 p. 100 au total. Dans plusieurs alliages on a introduit du chrome en quantités comprises entre 1 et 3 p. 100. L'expérience que les ingénieurs d'Imphy avaient déjà acquise dans la fabrication des aciers relativement riches en nickel abrégea beaucoup les tâtonnements du côté purement métallurgique.

Le nickel industriel n'est jamais complètement exempt de cobalt; mais la valeur plus grande de ce dernier métal a conduit à perfectionner les méthodes de séparation des deux métaux voisins, de telle sorte que, dans ces dernières années, la proportion de cobalt contenue dans le nickel pur du commerce n'est plus que d'environ 1 p. 100. Un dosage du cobalt que M. G. Vogt, directeur technique de la Manufacture de Sèvres, a bien voulu faire dans un de nos alliages, a donné un résultat de cet ordre.

Dans la suite, les alliages seront désignés seulement par leur teneur en nickel, ou, le cas échéant, en nickel et en chrome. Les autres corps mentionnés ci-dessus sont sous-entendus.

On n'a pu obtenir jusqu'ici de bons alliages d'acier et de nickel en toutes proportions. Au delà de 50 p. 100 de nickel, les barres offrent des difficultés au forgeage et au laminage, et nous avons renoncé, pour le moment, à dépasser cette teneur. Jusque-là, les pièces forgées sont très homogènes et parfaitement saines. Les surfaces polies ne présentent aucune piqûre visible à l'œil nu, et un grossissement de 80 diamètres n'y révèle que de rares défauts, souvent même complètement absents sur une assez grande étendue. Le poli que prennent ces alliages est très beau, et on peut y pratiquer des traits parfaitement nets et d'une extrême finesse.

La résistance chimique n'a pas été étudiée d'une façon systématique ; mais les expériences faites journellement ont montré que les barres polies peuvent séjourner pendant des semaines dans l'eau froide ou tiède sans éprouver la moindre attaque. L'eau chaude et la vapeur d'eau bouillante n'agissent que très lentement.

Il faut surtout éviter avec soin le début de l'attaque. Une tache d'encre faite sur une surface polie s'accentue dans l'eau par la rouille qui s'y ajoute. Les traits, en revanche, ne semblent par favoriser beaucoup l'action de l'eau.

Tous ces alliages sont très sensibles à l'acide chlorhydrique ; le voisinage d'une soudure mal lavée peut devenir une cause de détérioration des surfaces.

Propriétés magnétiques. — Il n'entrait point dans le plan de mes recherches d'examiner en détail les propriétés magnétiques des alliages, mais seulement, comme je l'ai dit, de les prendre pour guide dans l'étude des propriétés métrologiques. C'est ce qui m'a engagé à choisir, pour en reconnaître l'allure, une méthode rustique ne nécessitant que des appareils rudimentaires. Le barreau à examiner ayant de 22 à 24 millimètres de côté et 8 à 12 centimètres de longueur

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

était suspendu à une balance en bois, et plongeait dans une chaudière en laiton, posée sur une pièce polaire d'un électro-aimant, et remplie, suivant les températures, d'huile, d'eau ou d'alcool. On mesurait la force d'arrachement en même temps que la température du bain. La plupart des expériences ont été faites à température lentement descendante ; quelques-unes ont été répétées à température ascendante.

Dans la méthode d'arrachement, les efforts que l'on mesure sont sensiblement proportionnels au carré de la perméabilité lorsqu'elle est très faible. Lorsqu'elle augmente, l'effort tend vers une limite, à cause de la force démagnétisante du barreau, et on ne peut plus en tirer aucune conclusion sur la variation de la perméabilité. En revanche, cette méthode a l'avantage de mettre en jeu des efforts considérables, et d'indiquer assez nettement l'allure des phénomènes au voisinage de la perte totale du magnétisme.

Ces expériences ont montré que, au point de vue des propriétés magnétiques, les aciers au nickel ne contenant, en dehors du fer et du nickel que de petites quantités de carbone, de silicium et de manganèse se divisent en deux catégories bien distinctes. Les premiers, contenant de 0 à 25 p. 100 de nickel environ, et qui semblent compris assez exactement entre les formules Fe et Fe^3 Ni, sont *irréversibles*, en ce sens qu'à une même température, ils peuvent exister à deux états essentiellement différents suivant le cycle des températures antérieures; ils décrivent, entre certaines limites de température, même pour de très faibles écarts, des chemins entièrement différents à température ascendante et descendante.

Lorsque ces alliages sont chauffés, ils perdent leur magnétisme graduellement entre deux températures qui sont comprises, pour tous les alliages, entre le rouge naissant et le rouge cerise. Lorsqu'on les refroidit, ils repassent par les mêmes températures sans redevenir magnétiques, et ne reprennent leur premier état qu'à une température inférieure à celles entre lesquelles se produit la perte du magnétisme. Le retour à l'état magnétique est graduel, et les températures entre lesquelles il se produit sont d'autant plus basses que l'alliage est plus riche en nickel. Pour l'alliage à 24 p. 100, la transformation débute un peu au-dessous de zéro.

Les aciers d'une teneur supérieure à 25 p. 100 sont *réversibles*, et possèdent à chaque température des propriétés magnétiques qui, en *première approximation*, ne dépendent que de la température actuelle.

Toutefois, les alliages dont la teneur est très peu supérieure à 25 p. 100 se comportent d'une façon un peu différente après avoir été chauffés ou refroidis ; ils semblent contenir des traces d'un alliage irréversible entre des températures moins distantes que celles entre lesquelles les précédents alliages peuvent se présenter sous les deux états.

Pour tous ces alliages, la courbe représentant les efforts d'arrachement à la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

même allure ; à température ascendante, elle débute par un palier qui aboutit à un coude A (fig. 1), où commence une descente assez rapide s'étendant sur une cinquantaine de degrés. Peu avant d'arriver sur l'axe des abscisses, la courbe s'infléchit en B, et descend ensuite très lentement. Aux températures supérieures à celle du deuxième coude, l'alliage est faiblement magnétique, et si l'on s'en tient à une première approximation, on pourrra caractériser le phénomène en prolongeant, jusqu'à l'axe des abscisses, la partie rapidement descendante de la courbe, et considérer le point d'intersection C avec l'axe, comme la température de perte totale du magnétisme. C'est ce point au delà duquel une méthode peu sensible ne donnerait plus aucune indication.

Des mesures de la perméabilité, exécutées par M. E. Dumont, n'ont donné aucune trace de magnétisme au delà du point B, par défaut de sensibilité de la méthode ; en revanche, elles ont montré, plus correctement que dans mes recherches, une ascension lente de la courbe au refroidissement, s'étendant au delà du point A (2).

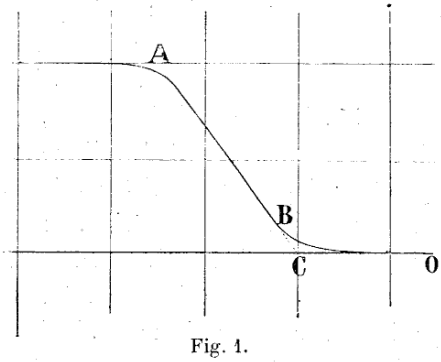


Fig. 1.

Les températures de perte du magnétisme, calculées comme il vient d'être dit, sont bien représentées, en fonction de la teneur en nickel, par la formule :

$$\theta = 34,1\ (n - 26,7) - 0,80\ (n - 26,7)^2$$

dans laquelle n indique la teneur en nickel en centièmes. Mes expériences n'ont pu être poussées jusqu'au delà de 320°, et j'ai dû renoncer à étudier la transformation des alliages d'une teneur supérieure à 40 p. 100.

Le chrome introduit dans les aciers irréversibles abaisse leur température de transformation magnétique. J'ai déjà dit que, dans les expériences auxquelles M. le Dr Benoît avait bien voulu m'associer, nous avions vainement essayé de rendre magnétique un acier à 22 p. 100 de nickel et 3 p. 100 de chrome. J'eus plus tard l'occasion de remettre un échantillon de cet alliage à M. le professeur J. Dewar, qui eut la grande obligeance de le plonger dans l'air liquide. Cet alliage resta non magnétique même à la température de — 182° à laquelle il fut soumis (3).

J'ai trouvé que, pour les premiers alliages réversibles, le chrome élève la

(1) La teneur de 25 p. 100 indiquée ici n'est pas rigoureuse. Les alliages les plus voisins de cette teneur dont j'ai pu disposer contenaient respectivement 24,1 et 26,2 p. 100 de nickel. La démarcation des deux catégories est comprise entre ces alliages ; il n'existe pas, à ma connaissance, d'expériences permettant de décider si le passage est brusque ou graduel.

(2) Voir p. 334 du présent *Bulletin*.

(3) Cette action du chrome, découverte dans les aciéries d'Imphy, a conduit à établir un alliage extrêmement tenace, connu dans l'industrie métallurgique sous la désignation NC 4.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

région de transformation magnétique. M. E. Dumont a constaté un phénomène inverse pour un alliage plus riche en nickel.

Changements de volume. — Les changements de volume qu'éprouvent les aciers au nickel sont de deux espèces bien distinctes.

Les alliages que leurs propriétés magnétiques ont fait désigner sous le nom d'*irréversibles* éprouvent aussi, entre certaines limites, des changements d'une

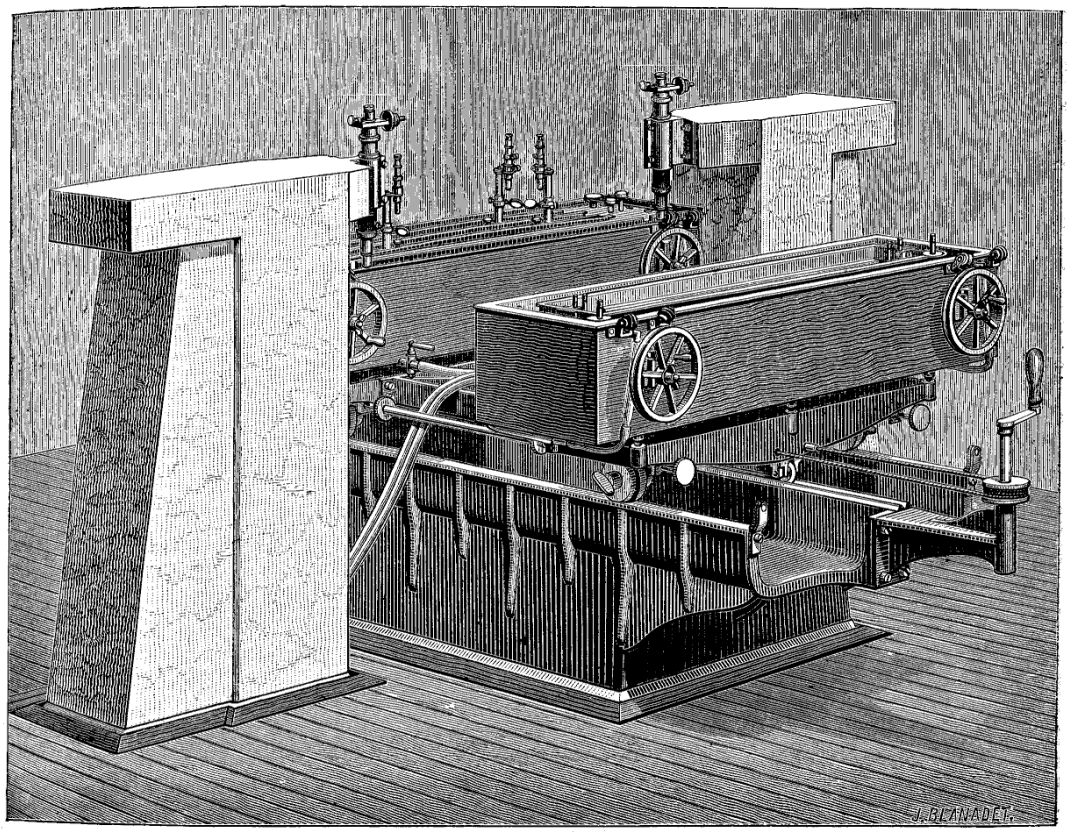


Fig. 2. — Comparateur à dilatation du Bureau international des poids et mesures (1).

nature absolument différente à température ascendante et à température descendante. Les alliages de la deuxième catégorie se dilatent ou se contractent en suivant toujours sensiblement le même chemin, mais d'après des lois bien différentes de celles qui régissent les mouvements des autres métaux ou alliages.

La dilatation de la plupart des alliages étudiés a été mesurée à l'aide du comparateur du Bureau international.

(1) Gravure extraite des comptes rendus de la *Société Internationale des Électriciens.*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Cet instrument (fig. 2 à 4) comprend deux auges destinées à recevoir les règles, et deux microscopes servant à les observer. Ces derniers, M, M′, sont

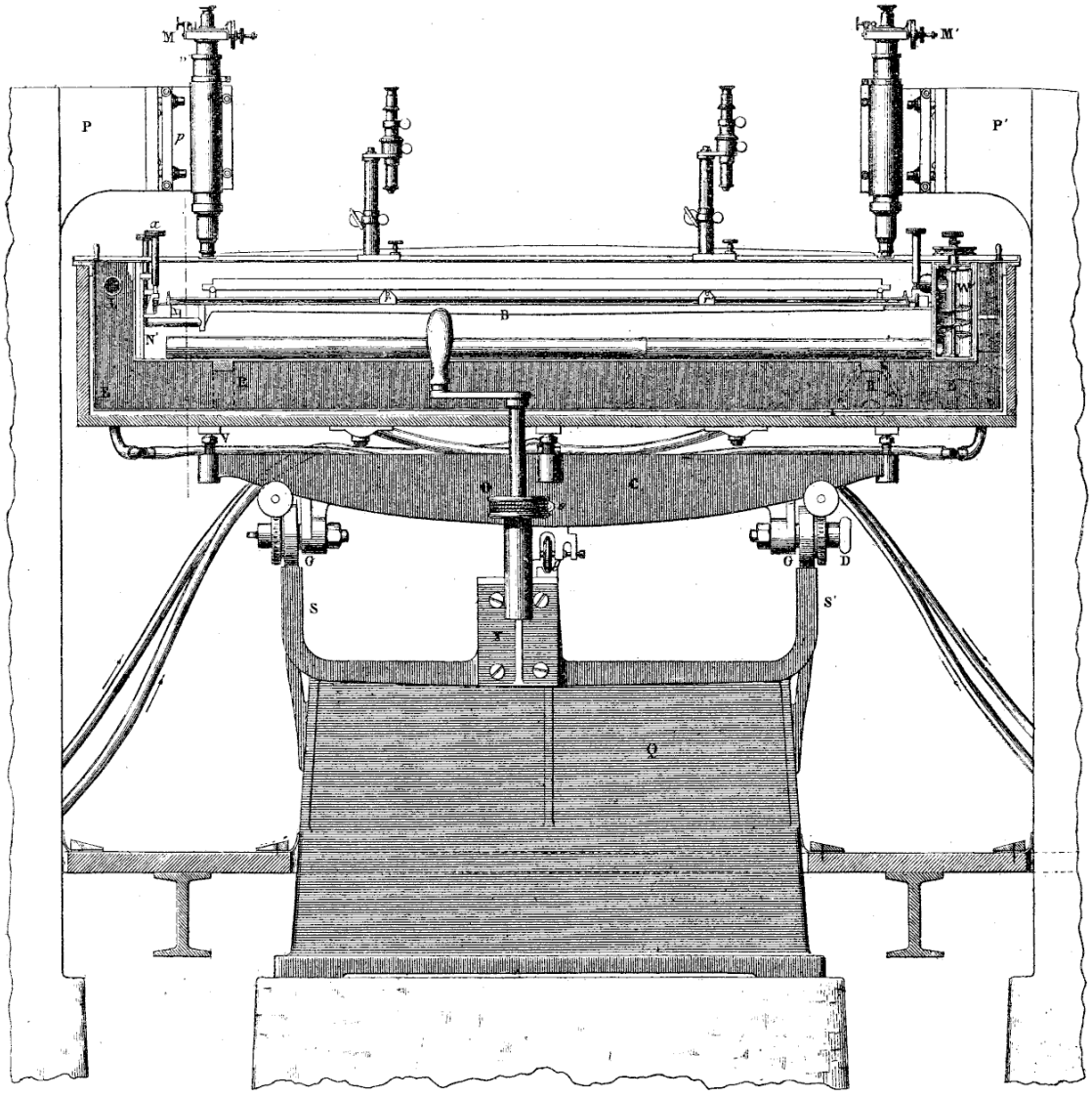


Fig. 3. — Comparateur à dilatation. Élévation.

munis de micromètres dont la division équivaut sensiblement au micron, et sont fixés, par l'intermédiaire de fortes équerres, à des piliers, P, P′, reposant sur un socle en béton aggloméré. Les auges sont supportées par un chariot C, monté

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

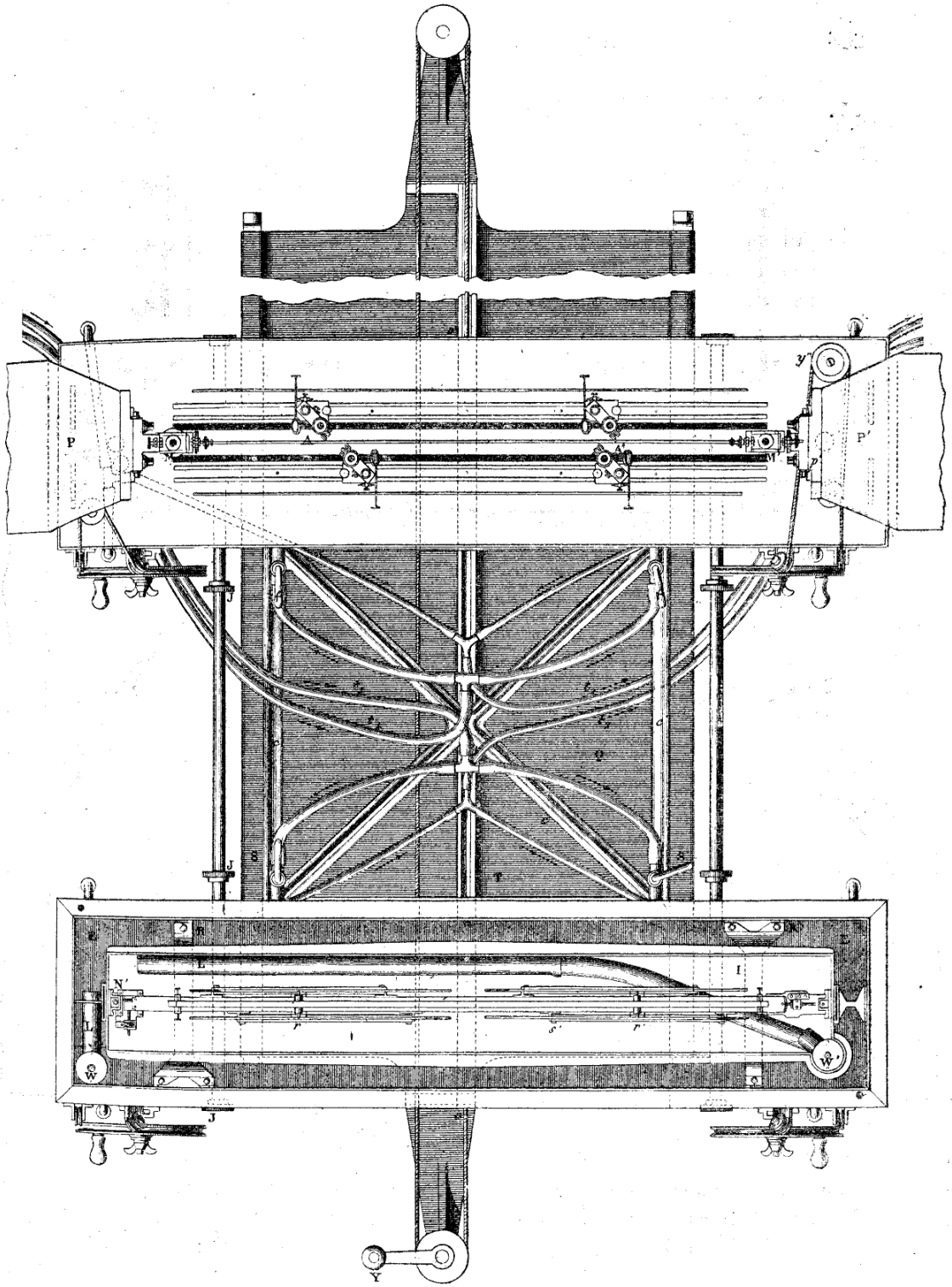


Fig. 4. — Comparateur à dilatation. Plan.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sur des galets G, qui peuvent rouler sur la partie supérieure de deux pièces en saillie, S, S' venues de fonte avec un lourd bâti Q porté également par un socle. Tout l'instrument est isolé du plancher, et se trouve soustrait aux trépidations du bâtiment.

Les auges sont à double enveloppe, et sont remplies d'eau pour les expériences. Un courant d'eau chaude ou froide circule constamment dans l'auge extérieure afin de conserver une température à peu près constante à l'auge intérieure pendant la durée d'une comparaison complète.

Chacune des auges est munie d'une turbine servant à mélanger l'eau dans les intervalles des mesures successives faisant partie d'une même comparaison. Dans les auges intérieures se trouvent des bancs portés par des pièces dont les mouvements sont commandés par des vis de réglage. L'une des auges contient deux bancs, l'autre n'en a qu'un.

Cet appareil permet la mesure des dilatations par un procédé absolu et par un procédé relatif. Dans le premier cas, la règle à étudier est placée dans la première auge, tandis que l'autre reçoit une règle étalon. Cette dernière est maintenue à température constante pendant que la première est chauffée ou refroidie dans des expériences successives. La règle étalon sert à repérer la distance des microscopes au moyen desquels on mesure la longueur de l'autre règle aux diverses températures auxquelles elle est amenée.

Dans le second procédé, les deux règles sont placées dans la même auge, sur des supports différents, et chauffées ou refroidies ensemble. Les mesures ne donnent alors que la différence des dilatations des deux règles, et l'on déduit celle de la règle à étudier de la dilatation connue de la règle étalon.

C'est à ce second procédé, plus simple en pratique, que je me suis arrêté. La règle étalon était un mètre en platine iridié, dont la dilatation avait été déterminée autrefois avec beaucoup de soin par M. Benoît. Chacune des règles en acier au nickel lui a été comparée à six températures à peu près équidistantes comprises entre 0° et 38°. Une comparaison complète à une température déterminée se compose, dans toutes les mesures de dilatation faites au Bureau international, de onze mesures alternées des deux règles, commencées et terminées sur la règle à étudier, et accompagnées de trois lectures de chacun des quatre thermomètres dont l'auge est munie.

Voici, à titre d'exemple, les résultats des six mesures relatives à l'une des règles, ordonnées suivant les températures :

Numéros des mesures.	Températures.	Différences des deux règles.
5	0°,472	+ 174μ,37
6	7°,910	+ 117μ,53
1	14°,290	+ 67μ,62
4	22°,136	+ 7μ,36
2	30°,471	— 57μ,39
3	37°,668	— 112μ,65

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Introduisant ces nombres dans une équation de la forme.

$$(L - l)_\theta = L_0 (1 + x\,\theta + y\,\theta^2),$$

et résolvant par la méthode des moindres carrés, on trouve :

$$(L - l)_0 = + 178\mu,16 \quad x = - 7,710 \quad y = - 0,000365.$$

En reportant ces valeurs dans les équations de condition, on en déduit les erreurs résiduelles ci-après :

5.	$- 0\mu,15$	4.	$+ 0\mu,20$
6.	$+ 0\mu,38$	2.	$- 0\mu,27$
1.	$- 0\mu,29$	3.	$+ 0\mu,13$

Pour la commodité de l'écriture, on a pris comme unité de longueur le micron. La longueur commune des deux règles étant approximativement égale à 1 mètre, on devra diviser x et y par 10^6. La dilatation de la règle de comparaison est exprimée par la formule :

$$L_\theta - L_0 [1 + (8,582\,\theta + 0,00170\,\theta^2)\,10^6]$$

On en déduit, pour la dilatation cherchée, les deux coefficients :

$$\alpha = + 0,872.10^{-6} \quad \beta = + 0,00134.10^{-6},$$

les températures étant rapportées au thermomètre à mercure.

Le centième de micron a été conservé dans le calcul, mais il convient, dans les applications, de se limiter au dixième, qui est déjà incertain de deux ou trois unités.

Le comparateur, qui donne des résultats d'une grande précision, a l'inconvénient de ne pouvoir être employé que dans un intervalle de température assez restreint. Déjà, dans les jours humides, les observations à 38° sont pénibles à cause de la buée qui se dépose sur les microscopes, et qu'il faut constamment chasser au moyen d'un petit soufflet. Si l'on voulait monter encore, on serait bientôt complètement arrêté par cette difficulté. Or, pour se rendre compte des changements de volume accompagnant les transformations magnétiques, il était nécessaire d'opérer dans des limites de température bien plus étendues. On pouvait, d'ailleurs, se contenter d'une précision moindre.

Pour ces mesures sur les alliages des deux catégories, j'ai employé le dispositif suivant :

Une règle de laiton (fig. 5), munie à l'une de ses extrémités d'une petite réglette à biseau portant une division, est fixée, par l'autre extrémité, au moyen d'une forte vis, à la règle dont on veut connaître la dilatation. La réglette empiète sur la barre qui porte, en regard de la division, un trait servant d'index.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les deux règles sont libres de se dilater, et leurs changements relatifs de longueur sont donnés par le mouvement de la réglette devant l'index.

Connaissant la loi de la variation de la règle de laiton, on en déduit celle de la barre d'acier.

Il ne m'a pas encore été possible de déterminer la dilatation de la première dans tout l'intervalle de température dans lequel j'ai opéré, et j'ai admis provisoirement que la formule trouvée pour un intervalle de 40 degrés, et contrôlée par les mesures faites par M. Benoît, au moyen de l'appareil Fizeau sur un intervalle double, pouvait être extrapolée sans erreur sensible. Cette lacune sera, je l'espère, comblée dans la suite. Si les résultats absolus de mes mesures aux températures extrêmes comportent encore une légère incertitude, les résultats relatifs, c'est-à-dire les différences entre les mouvements des divers alliages, ne participent pas à l'erreur possible de l'extrapolation. On verra, d'ailleurs, que ces mouvements sont très considérables, et sont absolument caractérisés, dans leurs traits essentiels, par les mesures dont les résultats seront indiqués plus

Fig. 5. — Dispositif pour la mesure approximative des dilatations.

loin. L'incertitude de l'extrapolation, dont il faudrait tenir compte au point de vue métrologique, disparaît complètement si l'on considère les phénomènes sous leur aspect physique.

Suivant les conditions de température des expériences, les règles étaient placées dans une auge horizontale remplie d'eau ou d'alcool, ou dans une cuve verticale pleine d'huile, et munie d'un agitateur et d'un thermomètre. Dans le premier cas, les barres étaient entièrement plongées dans le liquide ; dans le second, elles émergeaient de la quantité strictement nécessaire à la lecture. On pointait la position du repère en fonction de la division de la réglette, au moyen d'un microscope muni d'un micromètre.

La cuve verticale était entourée d'un tube enfermant un manchon d'air ; on la chauffait au moyen d'un fourneau à gaz. L'auge remplie d'alcool a été refroidie jusqu'à — 60° par de l'acide carbonique.

Ces dernières expériences nécessitaient, le plus souvent, une surveillance assidue et le concours de deux opérateurs. M. Louis Maudet m'a assisté avec beaucoup de dévouement dans ce travail souvent pénible, et a fait la majeure partie des calculs de réduction de mes mesures. Son concours m'a été d'autant plus précieux qu'il était souvent nécessaire de posséder, immédiatement après une expérience, une valeur approchée de son résultat afin de décider sans retard

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

la marche subséquente des mesures suivant le plus ou moins de complexité des phénomènes dans la région où l'on opérait.

Enfin, je me suis servi quelquefois d'un appareil construit seulement dans le but de rendre évident les phénomènes de dilatation, mais qui, employé avec certaines précautions, permet de comparer grossièrement les dilatations de deux tiges de métal et de déduire, d'une observation rapide, une valeur approchée de leur rapport.

Cet appareil se compose d'un bâti en fonte, fig. 6, avec deux montants, dont l'un, percé de deux trous, assure aux tiges à comparer un point de départ fixe. Celles-ci sont serrées par des vis dans le premier montant, et reposent, par l'intermédiaire de petites plaques qui leur sont soudées, sur la plate-forme terminant le deuxième montant.

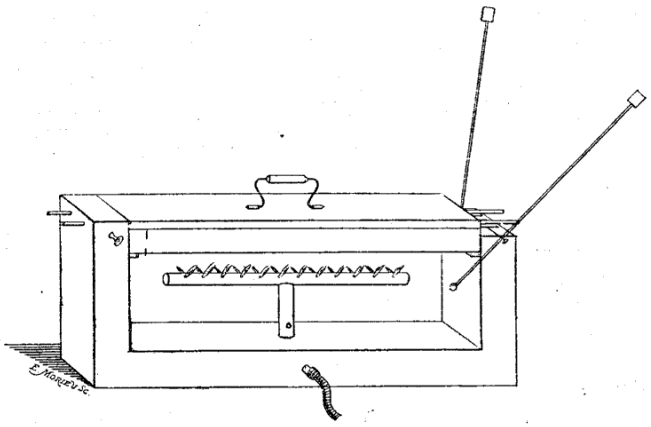


Fig. 6.

On introduit, entre les plans en contact, des épingles sur lesquelles on a mastiqué des chalumeaux de paille. On chauffe dans un four en tôle, qui empêche de trop grands écarts entre les températures des deux tiges. Dans leur mouvement, ces dernières font rouler les épingles et marcher les index. Lorsqu'on chauffe à feu nu un alliage très dilatable, le mouvement est déjà rapide au bout de quelques secondes.

Étude des alliages irréversibles. — Cette étude a été faite en majeure partie par le deuxième procédé de mesure.

On a trouvé ainsi que, pendant que les alliages irréversibles reprennent graduellement leur magnétisme par le refroidissement, ils augmentent de volume *graduellement* aussi, et *d'une manière irréversible*.

Les expériences destinées à étudier cette variation de volume étant assez longues et délicates, je me suis borné, pour le moment, à l'examen complet d'un seul alliage, contenant 15 pour 100 de nickel.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

D'autres alliages ont été soumis à des études partielles qui ont confirmé les résultats obtenus sur le premier, et montré que, si l'on s'en tient aux traits généraux du phénomène, on peut l'identifier dans les divers alliages. La différence essentielle consiste en ce que la transformation au refroidissement débute d'autant plus bas, et se produit d'autant plus rapidement, que l'alliage contient plus de nickel.

Pour mesurer ses variations, la barre d'alliage à étudier était d'abord chauffée au rouge dans un four spécial, les deux extrémités émergeant seules. Il était important, en effet, de ne pas les chauffer trop, pour ne pas détériorer le pas de vis à un bout et les traits de repère à l'autre bout. Lorsqu'on avait constaté, au moyen d'un aimant, qu'à l'exception de quelques centimètres à chaque bout, la barre était à l'état non magnétique, on la retirait du four avec des pinces préalablement chauffées, on ajustait rapidement la règle de laiton, et on plongeait le tout dans le bain d'huile à 200°. Dès que l'équilibre de température était établi, on commençait à mesurer les différences des deux règles, en laissant la température baisser très lentement. On réchauffait ensuite pour constater si l'on était resté dans la partie réversible de la variation. On a pu ainsi, dans quelques séries de mesures, descendre lentement jusqu'à la température du laboratoire. Dans chaque série, on réchauffait à partir d'un certain point de la transformation, afin de mesurer la dilatation correspondant à un état déterminé de l'alliage. On a terminé ces expériences en plaçant les barres dans un bain d'eau que l'on a refroidi jusqu'à 0°; puis on a refait une chauffe dans l'huile, après laquelle les barres ont été refroidies dans l'alcool. La dilatation a été déterminée encore après cette opération.

Le diagramme figure 7 représente les variations de la règle d'acier, les températures étant portées en abscisses, les longueurs en ordonnées. Les lignes continues se rapportent à la région observée; les lignes pointillées ont été tracées, par extrapolation, afin de rendre les phénomènes plus évidents.

Lorsque, partant du rouge cerise naissant, on laisse refroidir la barre, elle se contracte suivant la ligne sensiblement droite AB. Vers 130°, la ligne s'incurve vers le haut, la règle s'allonge en se refroidissant, et la grandeur de sa variation atteint bientôt 40 μ par degré. Si, alors, on réchauffe la barre, elle ne revient pas le long de la courbe suivie à température descendante, mais se dilate en suivant une droite telle que CD. Si on continue à refroidir, la barre revient au point D, et reprend immédiatement sa marche le long de la courbe. On pourra faire suivre ainsi à la barre successivement des droites telles que AB ou CD, ou une courbe d'allongement BDE. A la température de — 60°, la règle de l'alliage à 15 pour 100 de nickel n'était pas encore complètement transformée. Toutefois, la courbe correspondant au refroidissement progressif indique que la variation était presque achevée. Le coefficient de dilatation correspondant à la dernière transformation est de $10{,}47 \cdot 10^{-6}$.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Si nous suivons les lignes correspondant aux divers réchauffements de la règle, nous voyons qu'elles ne sont pas loin de converger au même point qui est, autant que l'on en puisse juger, situé un peu au-dessus du point supérieur de la transformation. Il est probable que les droites de dilatation aboutissent à une courbe peu étendue, le long de laquelle se produit la transformation progressive supérieure. Le passage à l'état non magnétique a lieu ainsi avec une variation de volume très faible.

Tandis que, au refroidissement, la barre suit toujours la moins inclinée des droites, dont elle a atteint la partie inférieure le long de la courbe directrice, après un réchauffement jusqu'à la transformation supérieure, elle revient par

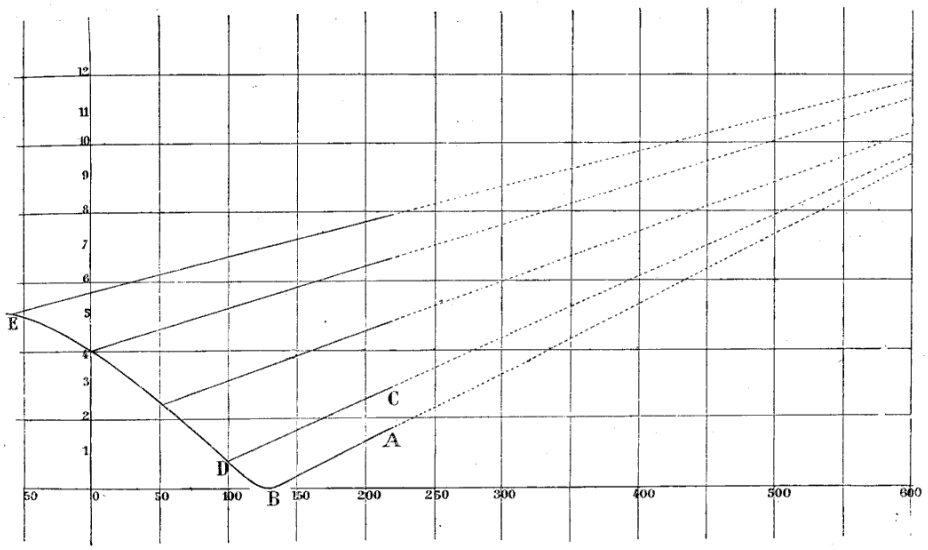


Fig. 7.

la droite la plus inclinée, dont elle a atteint l'extrémité supérieure. L'état de l'alliage est pour ainsi dire aiguillé au croisement des droites et des courbes.

J'ai dit, pour simplifier l'exposé, que lorsqu'on refroidit l'alliage, il suit la courbe d'allongement par transformation aussitôt qu'il l'a rejointe. Cette règle n'est pas rigoureuse. Aux températures *basses*, j'ai observé dans l'alliage à 15, et plus encore dans une règle contenant 24 p. 100 de nickel, les retards singuliers que voici : lorsque la barre, refroidie d'abord le long de la courbe de transformation, est ensuite chauffée de quelques degrés, puis refroidie de nouveau, elle traverse parfois la courbe sans la suivre, et continue à se contracter en prolongeant exactement la droite le long de laquelle elle était revenue au point de départ. On peut descendre ainsi, dans certains cas, d'une quinzaine de degrés sans observer aucune déviation de cette droite. Puis, subitement, le mouvement se produit,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

et, *en quelques secondes, la règle s'allonge de plusieurs dixièmes de millimètres,* atteignant parfois le point où elle serait arrivée à la même température en suivant la courbe, mais restant le plus souvent au-dessous. Nous nous trouvons ici en présence d'un phénomène analogue à la surfusion, à une rupture complète de l'équilibre auquel on revient brusquement, probablement par une onde courant rapidement le long de la barre, comme dans la cristallisation qui met un terme à l'état que M. Duhem a très exactement désigné sous le nom de faux équilibre. Il est remarquable qu'un phénomène de cette nature puisse se produire dans un solide à basse température. J'essaierai d'en esquisser plus loin la théorie.

La variabilité de la dilatation des aciers irréversibles diminue beaucoup l'in-

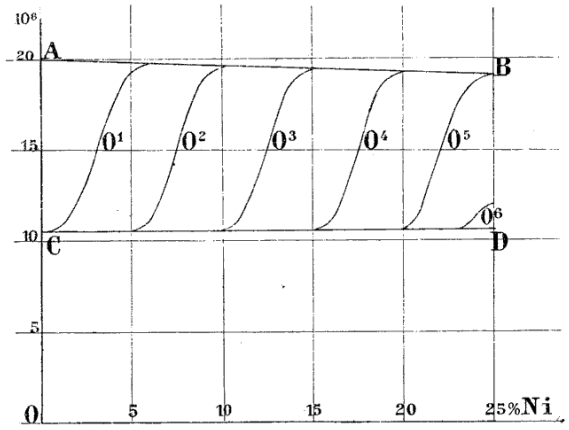


Fig. 8.

térêt que pourraient présenter les mesures de dilatation par le comparateur. J'ai fait, au début, des expériences précises pour la déterminer, mais les nombres trouvés ne correspondent qu'à un état bien déterminé des règles, et ces nombres n'ont pas grande valeur, si cet état n'est pas parfaitement défini. Deux états seulement peuvent être indiqués d'une façon précise, ce sont ceux qui correspondent aux extrémités de la courbe de transformation. La dilatation de quelques alliages a pu être mesurée dans ces conditions, en particulier celle de deux alliages chromés à l'état non magnétique, et celle d'un alliage contenant 5 p. 100 de nickel dans l'état complètement magnétique. Les nombres trouvés pour ces divens alliages seront donnés plus loin.

Si l'on porte en ordonnées les valeurs des dilatations, les abscisses étant les teneurs en nickel, on obtient un réseau de courbes dont chacune correspond à une température de transformation déterminée atteinte par les alliages. Faisant

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

abstraction de la transformation supérieure, que tous les alliages ont nécessairement subie complètement dans les chauffes faites en vue du forgeage, nous pouvons supposer qu'ils aient été refroidis jusqu'à une certaine température, et étudiés seulement à des températures plus élevées. Si cette température est, pour tous les alliages, supérieure au début de la deuxième transformation, ils auront tous une dilatation élevée, et peu différente d'un alliage à l'autre. A une température plus basse, les alliages les moins riches en nickel se transformeront les premiers, et leur dilatation deviendra plus faible, tandis que celle des autres alliages conservera la même valeur. Plus on augmentera le nickel, plus l'aire des faibles dilatations s'étendra vers la droite, et si, comme je l'avais fait dans mes premières expériences, on amène tous les alliages à 0°, les faibles dilatations s'étendront jusqu'au voisinage de 20 p. 100, et les dilatations caractéristiques d'un état faiblement magnétique seront limitées à une région très peu étendue. Si, enfin, on amène les alliages à des températures très basses, ils arriveront à la transformation complète, et toute anomalie de dilatation disparaîtra.

La figure 8 peut donner une idée du phénomène. Au début, toutes les courbes se confondent en AB, à la fin en CD. Entre ces deux températures extrêmes, on rencontre un groupe d'alliages en voie de transformation, et dont le retour à l'état magnétique est d'autant plus avancé qu'ils contiennent moins de nickel. C'est à ces alliages que correspondent les courbes θ_1, θ_2. θ_3,... qui aboutissent aux courbes correspondant aux deux états extrêmes, et qui indiquent la dilatation des alliages amenés tous préalablement aux températures θ_1, etc.

Voici les formules de dilatation trouvées pour quelques alliages irréversibles à des états bien définis.

Alliage à 5 p. 100 de nickel, complètement magnétique :

$$\alpha = (10{,}529 + 0{,}0058\ \theta)\ 10^{-6}$$

Alliages chromés non transformables aux températures ordinaires :

16,2 Ni + 2,5 Cr. p. 100	$\alpha = (19{,}496 + 0{,}0043\ \theta)\ 10^{-6}$
21,2 Ni + 3,0 Cr. —	$\alpha = (18{,}180 + 0{,}0043\ \theta)\ 10^{-6}$

Le premier des alliages chromés est plus dilatable que les laitons ordinaires. Le deuxième est analogue à celui qu'avait étudié M. Benoît.

Étude des alliages réversibles. — L'étude de tous les alliages de cette catégorie a été faite à l'aide du comparateur. Comme ils possèdent en effet des propriétés bien déterminées à chaque température, il y avait lieu de leur appliquer un procédé de mesure précis. Une partie des expériences ont été répétées par la deuxième méthode, qui a permis d'établir de curieuses relations entre les variations de volume et les transformations magnétiques.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le tableau suivant contient une partie des formules de dilatation établies, pour les alliages réversibles, entre 0° et 38°.

Teneur pour 100 Ni.	Coefficients de la dilatation moyenne entre 0 et θ° (1).
26,2	$(13{,}103 + 0{,}021\,23\ \theta)\ 10^{-}$
27,9	$(11{,}288 + 0{,}028\,89\ \theta)$ »
28,7	$(10{,}387 + 0{,}030\,04\ \theta)$ »
30,4	$(\ 4{,}570 + 0{,}011\,94\ \theta)$ »
31,4	$(\ 3{,}395 + 0{,}008\,85\ \theta)$ »
34,6	$(\ 1{,}373 + 0{,}002\,37\ \theta)$ »
35,6	$(\ 0{,}877 + 0{,}001\,27\ \theta)$ »
37,3	$(\ 3{,}457 - 0{,}006\,47\ \theta)$ »
39,4	$(\ 5{,}357 - 0{,}004\,48\ \theta)$ »
44,4	$(\ 8{,}508 - 0{,}002\,51\ \theta)$ »
100 (2)	$(12{,}514 + 0{,}006\,74\ \theta)$ »
34,8 + 1,5 Cr.	$(\ 3{,}580 - 0{,}001\,32\ \theta)$ »
35,7 + 1,7 Cr.	$(\ 3{,}373 + 0{,}001\,65\ \theta)$ »
36,4 + 0,9 Cr.	$(\ 4{,}433 - 0{,}003\,92\ \theta)$ »

Ces formules montrent que les alliages réversibles possèdent une dilatation qui varie dans de très larges limites suivant leur teneur en nickel. Les plus voisins de la première catégorie se dilatent un peu plus que le nickel, puis le terme principal de la formule diminue rapidement, et passe, non loin de 28 p. 100, au-dessous de la valeur que lui assignerait la loi des mélanges. A partir de cette teneur, et jusqu'au delà de 45 p. 100, nous avons une anomalie négative de dilatation dont le minimum se produit entre 35 et 36 p. 100. *Les alliages de cette teneur peuvent posséder une dilatation dix fois plus faible que celle du platine, et plus de vingt fois plus faible que celle du laiton.*

Bien que nous devions y revenir après avoir décrit d'autres expériences, nous pouvons relever déjà la marche singulière du deuxième terme de la formule. Très fort pour les premiers alliages, il passe par une valeur maxima entre 28 et 29 p. 100, puis diminue, devient même négatif près des alliages les moins dilatables, et remonte ensuite vers zéro. La courbe qui représente les valeurs de ce deuxième terme en fonction de la teneur coupe l'axe des abscisses en deux points l'un près de 36 p. 100, l'autre un peu au delà de 45 p. 100; ces deux points correspondent à deux alliages dont la dilatation est une fonction linéaire de la température, au moins entre les limites des expériences faites au comparateur.

J'ajouterai que les relations entre les teneurs et les dilatations ne sont pas absolues. La dilatation n'est pas une fonction de la teneur seulement; elle dépend en outre de l'état de recuit ou d'écrouissage des barres. La trempe adoucit les aciers au nickel réversibles, et abaisse en même temps leur dilatation. L'étirage

(1) Échelle du thermomètre à hydrogène.

(2) Nickel pur du commerce, voir p. 262.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

succédant à la trempe produit une nouvelle diminution, de telle sorte que l'on peut, avec un même lingot, obtenir une série de barres dont la dilatation varie presque du simple au double au voisinage des moins dilatables. La dilatation peut aussi être modifiée par les conditions dans lesquelles est faite la coulée des lingots.

Les mesures faites par comparaison avec la barre de laiton, et qui ont atteint, pour la plupart des règles, des températures supérieures à 220°, ont montré que la loi de dilatation des alliages trouvée au comparateur est susceptible d'être extrapolée jusqu'au voisinage du point à partir duquel la diminution du magnétisme devient très lente. En cet endroit la dilatation augmente rapidement et atteint, une cinquantaine de degrés plus haut, une nouvelle valeur correspondant à l'alliage entièrement dépourvu de magnétisme. Les allongements en

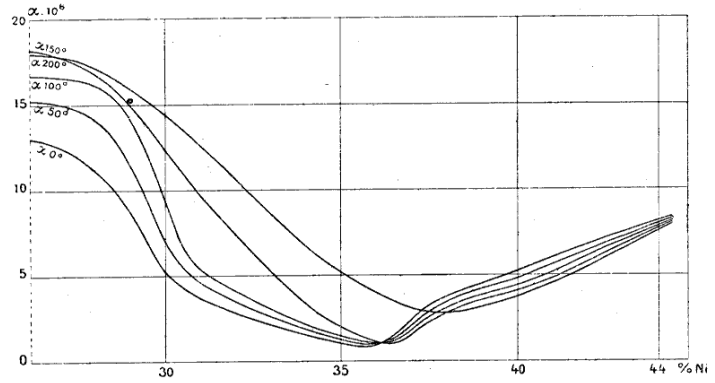


Fig. 9.

fonction de la température sont représentés au début par une ligne à peu près droite et faiblement ascendante, aboutissant à une courbe fortement concave vers le haut, qui se termine elle-même dans une nouvelle droite. Les deux segments approximativement rectilignes sont tangents à la courbe à ses deux extrémités.

Le diagramme des dérivées de cette première figure se compose de trois droites, dont deux, faiblement inclinées, sont reliées par la troisième possédant une forte inclinaison.

Les figures 9 et 10 représentent l'ensemble des relations que je viens d'indiquer. Le premier diagramme contient les dilatations vraies en fonction des teneurs pour les températures de 0°, 50°, 100°, 150° et 200°. Le point de croisement des quatre premières courbes correspond au premier alliage à dilatation linéaire. On voit en outre que l'écartement des courbes varie beaucoup d'un point à un autre. Un écartement considérable correspond à la région de forte augmentation de la dilatation dans les limites de température auxquelles les courbes se rapportent.

Le second diagramme, dans lequel, pour simplifier, un petit nombre seu-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

lement des alliages ont été portés, montre le passage graduel de la région de variation de gauche à droite à mesure que la teneur en nickel s'élève. Les alliages les moins dilatables, réservés pour d'autres expériences, n'ont pas été étudiés jusqu'ici à des températures élevées. Pour les alliages contenant 39 et

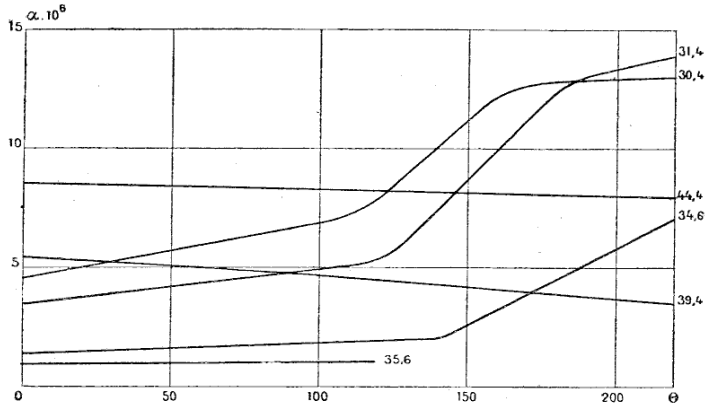


Fig. 10.

44 p. 100 de nickel, la région de variation se trouve hors des limites du diagramme.

Voici quelques-unes des formules provisoirement établies pour représenter les dilatations de divers alliages. Ces formules pourront encore subir de petites corrections.

Teneur en nickel p. 100.	Limites.	Dilatations vraies à θ°.
30,4	0° à 110°	$[4{,}570 + 0{,}0235\ (\theta - 0)]\ 10^{-6}$
	110 à 164	$[7{,}15 + 0{,}104\ (\theta - 110)]$ »
	164 à 220	$[12{,}60 + 0{,}008\ (\theta - 164)]$ »
31,4	0 à 122	$[3{,}395 + 0{,}015\ (\theta - 0)]$ »
	122 à 182	$[5{,}25 + 0{,}128\ (\theta - 122)]$ »
	182 à 220	$[13{,}00 + 0{,}036\ (\theta - 182)]$ »
34,6	0 à 142	$[1{,}373 + 0{,}00474\ (\theta - 0)]$ »
	142 à 220	$[2{,}05 + 0{,}065\ (\theta - 142)]$ »
37,3	0 à 150	$[3{,}457 - 0{,}0072\ (\theta - 0)]$ »
	150 à 220	$[2{,}37 + 0{,}011\ (\theta - 150)]$ »

Ce qui vient d'être dit explique la singulière variation du deuxième terme des formules trouvées au comparateur. Aux températures pour lesquelles ces formules ont été établies, les premiers alliages se trouvent dans la dernière partie de leur transformation magnétique, à laquelle correspond la portion fortement concave de la courbe des allongements.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Densité et élasticité. — Le module d'élasticité des règles a été déterminé à l'aide d'un appareil employé autrefois par M. Benoît.

La barre à examiner, placée sur deux rouleaux, supporte en son milieu un plateau que l'on charge de poids croissants. On mesure, à l'aide de trois cathétomètres, la flèche et l'écrasement des supports. Les mesures ont été faites d'abord sur les règles brutes, pour des distances des points de support égales à $0^m,9$ et $1^m,1$ et dans deux positions rectangulaires des barres. Les efforts fléchissants ont atteint 60 kilogrammes. La plupart des mesures ont été répétées sur les barres rabotées.

Les densités ont été mesurées par des pesées hydrostatiques.

Les résultats de ces mesures sont consignés dans le tableau suivant :

Alliages.	Densité.	Modules d'élasticité en tonnes par mm².
5 p. 100 Ni	7,787	21,7
15 —	7,903	19,1
19 —	7,913	17,7
24,1 non magnétique	8,111	19,3
24,1 magnétique (1)	8,014	17,4
26,2 p. 100 Ni	8,096	18,3
27,9 —		18,1
30,4 —	8,049	16,0
31,4 —	8,008	15,5
34,6 —	8,066	15,4
35,2 (2) —		14,9
37,2 (3) —	8,005	14,6
39,4 —	8,076	15,1
44,3 —	8,120	16,3
100 —	8,750	21,6
12,2 + 1 Cr.	7,892	19,0
16,2 + 2,5 Cr.		19,6
16,8 + 1 Cr.	7,892	18,3
34,8 + 1,5 Cr.		15,5
35,7 + 1,7 Cr.		15,7
36,4 + 0,9 Cr.		15,7

Si l'on porte en abscisses les teneurs en nickel, en ordonnées les densités, on n'aperçoit pas à première vue de relation bien nette entre ces deux variables; mais si l'on trace la droite des densités calculées par la loi des mélanges, on voit, malgré une grande irrégularité des résultats, que les densités sont trop fortes pour les alliages les plus dilatables, trop faibles pour ceux qui présentent l'anomalie négative.

Pour le module d'élasticité, une relation analogue ressort bien plus nettement

(1) La transformation ne paraissait pas complète.
(2) Moyenne de dix règles.
(3) Moyenne de deux règles pour l'élasticité.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

des diagrammes. Sa valeur s'abaisse lentement jusque vers l'alliage à 20 pour 100 de nickel, se relève ensuite, passe par un maximum relatif, redescend vers un minimum et remonte ensuite lentement. Le maximum et le minimum sont bien accusés et coïncident sensiblement avec ceux de la dilatation; ils correspondent à l'excès et au défaut de densité, trop irréguliers d'ailleurs pour qu'on puisse parler d'un maximum ou d'un minimum de cette propriété.

Comme pour la dilatation, on voit disparaître le maximum relatif de densité et d'élasticité des derniers alliages irréversibles, lorsqu'on détermine ces deux propriétés pour le deuxième état de ces alliages. Par son passage à l'état magnétique, la densité de l'alliage à 24 p. 100 diminue en effet d'environ 2 p. 100 comme l'a déjà indiqué M. J. Hopkinson, et comme il résulte des mesures directes que j'ai faites de l'augmentation de volume de quelques alliages

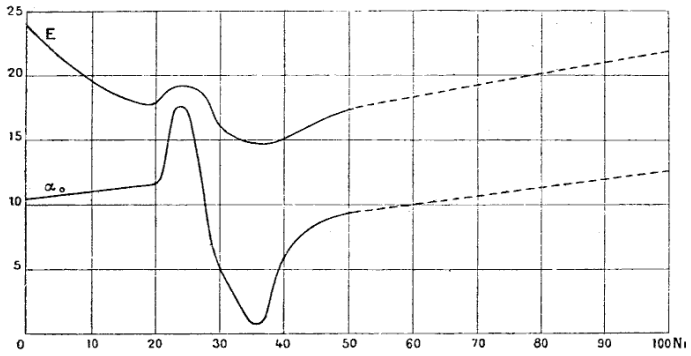


Fig. 11.

irréversibles pendant leur transformation. Pour l'alliage à 24 p. 100, j'ai obtenu deux valeurs très différentes du module. La première, 19,3, correspond à l'alliage avant toute transformation; la seconde, 17,4, a été trouvée sur la même barre refroidie préalablement à — 60° et assez fortement magnétique. Cependant, j'ai tout lieu de croire que la transformation n'était pas complète. On voit que, dans cette transformation, le module d'élasticité s'était abaissé de plus d'un dixième de sa valeur. Des expériences faites sur des fils ont montré qu'en revanche, la limite élastique est beaucoup reculée par cette transformation. Des fils recuits d'alliage à 24 p. 100 de nickel sont aussi mous que des fils de cuivre ou de laiton recuits. Après un refroidissement dans l'acide carbonique, ils sont comparables à des fils d'acier trempé et revenu.

Les résultats trouvés pour l'élasticité (E) et la dilatation (α) à la température ordinaire, dans le même état de l'alliage, sont portés, pour en faciliter la comparaison, dans le diagramme figure 11. La coexistence du maximum et du minimum est ici bien évidente.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

En se plaçant à un point de vue simpliste, on pourrait dire que, dans la région des deux maxima, auxquels correspond aussi celui de la densité, les molécules de l'alliage, trop serrées à la température ordinaire, ont besoin de plus de place quand on chauffe le métal que si l'état d'agrégation était l'état normal; de plus, la résistance aux déformations, due à des réactions intermoléculaires, est exagérée. L'inverse se produit dans la région du minimum.

Il est à peine besoin de dire que cette façon d'énoncer les causes des trois anomalies déjà reconnues est seulement destinée à en montrer le lien, et nullement à en indiquer la raison intime. Nous verrons plus loin qu'il n'est pas impossible de poser les premiers fondements d'une théorie de toutes les anomalies dont il vient d'être parlé.

Si nous faisons abstraction de la partie ondulée de la courbe des modules d'élasticité, nous voyons que cette propriété est représentée, en gros, par une courbe concave vers le haut, et qui descend d'un quart au-dessous de la droite joignant les modules de l'acier et du nickel. L'alliage contenant 40 p. 100 de nickel et 60 p. 100 d'acier possède un module inférieur à celui de l'alliage dans lequel l'acier est remplacé par la même quantité de cuivre. J'espère avoir l'occasion de revenir sur cette question.

Déformations permanentes. — Tous les aciers au nickel que j'ai étudiés éprouvent, sous l'action du temps, des variations de longueur qu'une élévation de la température accentue, et dont les lois, très complexes, auraient peut-être dérouté pendant longtemps les recherches si elles ne présentaient, au moins pour une catégorie d'entre eux, des analogies frappantes avec les variations de volume du verre, bien connues aujourd'hui dans leurs traits généraux à cause de leur importance pour la thermométrie.

Les alliages de la série irréversible, que j'ai peu étudiés à ce point de vue, éprouvent, lorsqu'on les chauffe, une contraction permanente, que l'on peut considérer comme un retour en arrière après l'allongement que le refroidissement leur a fait subir. Une exposition prolongée à 100° amène souvent une variation totale supérieure à $0^{mm},1$ par mètre. Aux températures plus élevées, la contraction s'accentue encore. J'ai constaté ainsi, sur la règle à 15 p. 100 de nickel, refroidie d'abord à 0° après avoir été chauffée au rouge, et maintenue ensuite pendant huit jours à la température du laboratoire, une contraction de $0^{mm},17$ par mètre à la suite d'une chauffe à 200° et d'un refroidissement gradué pendant quelques heures. On peut conclure de là que l'allongement constaté au refroidissement dans les alliages irréversibles n'est jamais complet dès le premier instant, et qu'il se prolonge pendant plusieurs jours.

Les alliages irréversibles n'ayant, pour le moment, aucune importance pour la métrologie, l'étude détaillée de ces variations résiduelles a été remise à plus tard. Le retour en arrière que l'on constate dès que l'on chauffe, peut être con-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sidéré comme le début de la grande transformation qui s'achève au rouge.

Voici, dans leurs traits essentiels, les phénomènes que présentent les alliages réversibles.

Lorsqu'une barre d'un de ces alliages a été refroidie à l'air après le forgeage, elle éprouve, à toute température inférieure au début du retour à l'état magnétique, un allongement dont la vitesse dépend de la température actuelle et du traitement antérieurement subi par la règle. Plus la température est élevée, tout en restant inférieure à celle de la perte totale du magnétisme, plus la variation est rapide au début, mais plus aussi l'allongement définitif est faible.

Lorsqu'une barre est arrivée à un état définitif, à une température déterminée, elle recommence à s'allonger si on l'amène à une température plus basse. Inversement, lorsqu'une règle a pris sa longeur finale à une température basse, elle revient en arrière et se raccourcit lorsqu'on la chauffe. Elle se dilate d'abord en même temps que sa température s'élève, puis, lorsque celle-ci est devenue invariable, la règle se raccourcit légèrement. Les mouvements sont plus rapides à température ascendante qu'à température descendante pour une même température à laquelle la barre est exposée finalement.

Au-dessus de la température de perte totale du magnétisme, les phénomènes sont un peu différents; leur étude est encore trop peu avancée pour qu'il y ait lieu de les décrire ici.

L'étude de divers alliages considérés au-dessous de leur température de perte totale du magnétisme, montre d'abord que les mouvements correspondant à une même température diminuent d'amplitude et de rapidité à mesure que s'élève la teneur en nickel. Or, la température de perte totale du magnétisme s'élevant dans le même sens, on en conclut, par la simple comparaison des deux phénomènes, que la grandeur et la vitesse des mouvements est d'autant plus grande que l'on est plus près de la température où l'alliage cesse d'être magnétique.

Un examen minutieux de la question montre que c'est, en effet, sous cette forme que la relation doit être énoncée. Ce n'est pas à dire qu'à une même distance de cette température, caractéristique pour chaque alliage, les mouvements soient les mêmes pour toutes les teneurs; la température vraie joue aussi un rôle, en ce sens que les mouvements sont d'autant plus rapides qu'elle est plus élevée. Mais néanmoins c'est principalement à la température, comptée en descendant depuis le point de perte totale, que le phénomène doit être rapporté si l'on veut en avoir une idée bien nette.

Cette correspondance des états de divers alliages, rapportés à leur température que l'on peut nommer *critique*, est complexe, quoique bien accusée, si on les envisage au point de vue de leurs déformations permanentes ou résiduelles. Mais elle ressort bien clairement des expériences par lesquelles M. E. Dumont a

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

complété celles que j'ai décrites plus haut sur la variation de perméabilité de ces alliages.

Les déformations résiduelles peuvent être étudiées pour connaître leur nature ou en vue des applications des alliages. Dans le premier ordre d'idées, j'ai fait de nombreuses mesures des variations d'une barre contenant 30,4 p. 100 de nickel, et qui présentait, pour cette recherche, l'avantage d'éprouver des modifications rapides et considérables.

Ces mesures ont montré, qu'à 100° par exemple, une barre de cet alliage, préalablement forgée, s'allonge de 0μ,2 par mètre dans la première minute du recuit. Au contraire, lorsqu'on l'amène à cette température après un long repos à la température ordinaire, on constate une contraction de 1 μ,5 dans la première minute. L'allongement initial à 60° est de 0μ,06 par minute, et à 15° de 0μ,002 si la barre est amenée à ces températures après le recuit à 100°. Après le forgeage, un recuit complet à 100° produisit un allongement total de 84μ par mètre, et un recuit à 60° d'une durée de huit cent vingt-sept heures, un allongement supplémentaire de 69μ. A la fin de ce dernier recuit, la variation horaire était réduite à moins de 0μ,02. La règle ayant alors été ramenée à la température du laboratoire, varia de près de 1μ dans la première journée, tandis qu'après un repos de six mois après le recuit à 180°, sa variation quotidienne était inférieure à 0μ,05; cependant, la règle se trouvait dans le premier cas, par suite du recuit à 60°, de 33μ plus longue qu'après le repos dont il vient d'être question.

Les phénomènes sont, on le voit, très complexes, et ne peuvent être élucidés que par de nombreuses observations qui, malheureusement, doivent être largement espacées.

Il est un fait surtout qui résulte des observations déjà faites, et qu'il ne faut pas perdre de vue, aussi bien pour la théorie de ces mouvements que pour l'emploi des alliages, c'est qu'une barre donnée peut arriver à la même longueur par deux voies distinctes, et se trouver alors à deux états bien différents. L'allongement déjà obtenu n'est l'indice de l'état d'avancement du recuit que si l'on sait par quelle voie cet allongement s'est produit. Les nombres ci-dessus montrent ce fait à l'évidence; ils sont corroborés par un grand nombre d'observations sur divers alliages.

J'aurai l'occasion de revenir sur ces phénomènes dans la discussion d'ensemble des propriétés des aciers au nickel. Cependant, je crois utile de reproduire ci-après un résumé des mesures faites sur une barre d'un alliage très peu dilatable, contenant 35,5 p. 100 de nickel.

Cette règle a été soumise à une série de recuits systématiques, continués chacun aussi longtemps que les variations étaient sensibles. Seul le recuit à 150° a été conduit beaucoup plus longtemps qu'il n'eût été nécessaire pour atteindre l'état final correspondant à cette température. Les premiers recuits ont été faits

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

quelques semaines après le forgeage; le dixième de micron conservé dans les résultats n'est exact qu'à quelques unités près. La plupart des nombres correspondant à la température ambiante sont des moyennes de plusieurs séries de mesures.

Une autre règle d'un alliage très voisin fut d'abord recuite à 100° pendant cent cinquante heures, puis abandonnée à la température du laboratoire. Les variations constatées pendant les premiers mois diffèrent très peu de celles de la règle précédente à la même température; mais, après un repos plus prolongé, les variations sont nettement plus fortes. Au bout de trois cent trente jours, elles dépassent les précédentes d'environ 2 μ.

On en conclut qu'un recuit systématique, à des températures successivement décroissantes, n'a que peu d'action sur les mouvements de la règle dans les premiers temps de repos à la température du laboratoire, mais que ce recuit, bien conduit, abrège la durée de la variation sensible des barres.

Les expériences ci-dessus devront être complétées par une détermination des variations inverses à température ascendante. Mais ces expériences, de très longue durée, ne pourront être entreprises que lorsque les barres auront pris leur état définitif. L'observation comprend déjà un intervalle de quinze mois.

Les nombres qui précèdent montrent qu'il convient de n'employer les nouveaux alliages qu'après les avoir soumis à un recuit plus ou moins complet suivant l'usage auquel on les destine. Lorsqu'une variation de $0^{mm},001$ par mètre est admissible, un recuit de quatre-vingts à cent heures à 100° est pleinement suffisant pour assurer la permanence d'un instrument pendant une année au moins. Si une constance deux fois plus grande est exigée, il faut faire suivre ce recuit d'une série de chauffes telles, par exemple, que la règle séjourne au moins quatre cents heures dans la région de 80° à 60°, sept cents heures de 60° à 40°. Il n'y a aucun inconvénient d'ailleurs, comme aucun avantage semble-t-il, à interrompre ces chauffes et à pratiquer le recuit en plusieurs fois.

Même après ce traitement, les variations seraient encore trop fortes pour des règles-étalons de précision; mais elles seraient réduites au-dessous de la limite imposée par la précision que comportent les règles géodésiques, s'il ne s'agit que d'une campagne de quelques mois après laquelle la valeur des étalons peut être déterminée de nouveau.

Une variation de 1 μ par mètre dans un pendule correspond à une variation de sa durée d'oscillation inférieure à 0,05 seconde par jour. Or, après six ou sept mois de repos, une barre de l'alliage le moins dilatable emploie de trois à quatre mois pour éprouver une variation de cet ordre. Une horloge munie d'un pendule constitué par un de ces alliages convenablement traité, prendrait une marche qui, au bout de six mois, n'éprouverait, par le fait du pendule, qu'un retard dans sa marche diurne de moins de 0,02 seconde en un mois. Une varia-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tion de cet ordre est sans aucune importance si elle est systématique et si on peut la vérifier par des observations astronomiques.

RÈGLE D'ACIER NICKEL A 35,5 p. 100 DE NICKEL.

TRAITEMENT DE LA RÈGLE.		ALLONGEMENTS EN μ POUR 1 MÈTRE.					
Température.	Temps.	Totaux.	A 150°.	A 100°.	A 60°.	A 40°.	Temp. ambiante (6 à 20°).
150°.	40 heures.	+ 8,1	+ 8,1				
100	1 —	+ 12,2		+ 4,1			
»	7 —	+ 19,3		+ 11,2			
»	47 —	+ 25,3		+ 17,2			
»	79 —	+ 28,1		+ 20,0			
60	45 —	+ 33,8			+ 5,7		
»	111 —	+ 36,7			+ 8,6		
»	202 —	+ 39,7			+ 11,6		
»	318 —	+ 40,5			+ 12,4		
40	88 —	+ 42,7				+ 2,2	
»	229 —	+ 44,3				+ 3,8	
»	395 —	+ 46,1				+ 5,6	
»	509 —	+ 46,7				+ 6,2	
»	698 —	+ 47,9				+ 6,5	
11	3 jours.	+ 47,5					+ 0,5
»	17 —	+ 47,4					+ 0,4
»	33 —	+ 48,8					+ 1,8
11– 18	74(1)—	+ 49,3					+ 2,3
18– 20	118 —	+ 50,0					+ 3,0
20– 14	176 —	+ 51,6					+ 4,6
14– 8	244 —	+ 52,6					+ 5,6
6– 8	300 —	+ 52,8					+ 5,8
»	335 —	+ 53,5					+ 6,5

(1) A partir de cette observation, les nombres de ce tableau sont des moyennes de plusieurs mesures faites en général à des jours différents.

Résistance électrique. — On sait que les aciers au nickel possèdent une résistance spécifique élevée. Je l'ai trouvée peu différente d'un alliage à l'autre, et comprise, pour tous ceux que j'ai étudiés, entre 80 et 90 microhms-centimètres.

Il était intéressant de voir si les relations trouvées entre les modifications magnétiques et les autres transformations que subissent ces alliages ont une action sur les variations de la résistance électrique. J'ai déterminé, pour cela, la résistance, à un grand nombre de températures comprises entre 20° à 150°, de quel-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ques alliages choisis de manière à faire ressortir des variations de cette nature, si elles se produisent. Les résultats de ces mesures, portés sur du papier quadrillé, n'ont pas laissé voir la moindre déviation d'une courbe générale, embrassant pour chacun des alliages tout l'intervalle des températures. Pour tous ces alliages, la variation de la résistance a pu être représentée, dans tout l'intervalle dans lequel j'ai opéré, par une formule du second degré, dont le deuxième terme est très petit. Il serait certainement nécessaire de faire des mesures très précises pour qu'une irrégularité quelconque apparaisse dans les erreurs résiduelles.

Voici les résultats trouvés pour quelques alliages :

Alliages p. 100 Ni.	Variation moyenne entre 0° et θ.
22 Ni + 3 Cr	$(784 - 0{,}13\,\theta)\ 10^{-6}$
26,2	$(844 + 0{,}01\,\theta)$ »
28,7	$(700 - 0{,}20\,\theta)$ »
30,4	$(897 - 0{,}43\,\theta)$ »
35,0	$(1\,561 - 0{,}69\,\theta)$ »
35,7	$(1\,611 - 1{,}68\,\theta)$ »

Si l'on se reporte au tableau des dilatations, on voit que, alors que cette propriété se réduit dans le rapport de 20 à 1, l'accroissement de la résistance avec la température passe du simple au double. Il ne m'a pas été possible jusqu'ici de trouver une relation quelconque entre les variations de la résistance électrique et les autres phénomènes observés sur ces alliages.

Essai de théorie. — S'il peut paraître prématuré de chercher à établir une théorie satisfaisante des anomalies que présentent les aciers au nickel, il n'est pas trop tôt, semble-t-il, de faire ressortir les relations sur lesquelles cette théorie pourra plus tard s'appuyer.

J'ai insisté plus haut sur les singulières coïncidences qui existent entre les variations magnétiques des alliages et leurs anomalies de dilatation. Les valeurs du module d'élasticité, bien que variant dans une bien moindre mesure que les dilatations, présentent une allure générale assez semblable dans ses anomalies pour que l'on puisse reporter sur cette dernière propriété ce qui va être dit des variations du volume.

On ne peut pas faire des mesures suivies sur les aciers au nickel sans être conduit à l'idée que leurs anomalies de dilatation sont dues à la superposition de deux phénomènes distincts. Les déformations résiduelles qu'ils éprouvent, et qui, dans les alliages réversibles ayant atteint leur état définitif, sont toujours de sens opposé aux dernières variations, conduisent à penser que, dans le refroidissement, par exemple, une modification de structure qu'éprouve l'alliage, provoque une augmentation du volume moléculaire moyen, augmentation dont la majeure partie s'effectue en même temps que la température s'abaisse, mais

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dont un petit reste ne suit que très lentement le mouvement général. Le phénomène inverse a lieu au réchauffement.

La considération des alliages irréversibles, nous permettra de suivre plus loin cette explication. Nous savons qu'en se refroidissant, ces alliages deviennent magnétiques et augmentent de volume; on peut en conclure que l'établissement de l'état magnétique augmente de volume moléculaire moyen. Dans les alliages réversibles, nous voyons, dès qu'apparaît au refroidissement l'état magnétique, la contraction diminuer, et l'on est conduit à penser que ce phénomène est une simple conséquence du premier.

Remarquons en passant que les alliages qui présentent les phénomènes les plus nets, correspondent à peu près aux formules $Fe^2 Ni$ et $Fe^3 Ni$. Le premier est au minimum de dilatation; le second est celui dont la transformation commence à la température la plus basse, et se produit dans le plus petit intervalle de température. En dehors de ces deux teneurs, nous avons affaire à des mélanges, et les phénomènes sont moins accusés.

Ce qui vient d'être dit est le simple énoncé des faits mis sous une forme synthétique, et aucune hypothèse n'y a encore été introduite. Nous pouvons maintenant, à l'aide de quelques hypothèses, pousser plus loin l'analyse de ces faits.

L'absence de magnétisme dans un alliage de fer et de nickel fait penser que cet alliage est une véritable combinaison chimique. Inversement, on pourra admettre que les alliages magnétiques de ces deux corps sont de simples mélanges pouvant d'ailleurs renfermer une certaine proportion d'alliage non magnétique. Le passage à l'état magnétique serait alors provoqué par la dissociation de l'alliage, dissociation partielle ou totale, réversible ou irréversible.

Le fait que la transformation dans un sens ou dans l'autre peut n'être que partielle conduit à admettre qu'il existe, dans certaines conditions, un équilibre physico-chimique entre les éléments combinés et les éléments dissociés. Les uns doivent alors être considérés comme un dissolvant, les autres comme un corps dissous. Suivant la catégorie d'acier, cet équilibre peut être stable ou instable. Il est stable dans les aciers réversibles, puisque à toute température il s'établit de lui-même après un temps plus ou moins long, instable dans les aciers irréversibles, qui peuvent exister à une même température sous deux états bien différents, et ne se transforment que sur deux courbes très distantes dans les alliages qui présentent ce phénomène sous sa forme la plus typique. Nous avons vu que, dans ce cas, il peut se produire une complète instabilité au delà de la courbe de transformation, et un retour brusque à l'état correspondant à la température actuelle de l'alliage.

Cette variation dans l'équilibre des alliages est due probablement à un changement important dans l'affinité du fer et du nickel. Considérable aux températures élevées, elle s'affaiblit par le refroidissement.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L'idée d'une variation dans l'équilibre chimique des corps solides due à une modification dans l'affinité réciproque de leurs composants peut aider à comprendre la cause d'autres phénomènes connus depuis longtemps.

L'analogie très frappante que l'on remarque entre les variations de volume des aciers au nickel réversibles et ceux du verre soumis à des températures variables conduit à attribuer ces derniers à une cause analogue.

On n'a pas donné, jusqu'ici, d'explication parfaitement satisfaisante de ces variations. Des analogies réelles entre ces résidus et ceux qui suivent les déformations élastiques ont fait considérer ces dernières comme la véritable cause des déformations thermiques; mais, si l'on calcule la fraction des résidus thermiques attribuables à des phénomènes d'élasticité, on reconnaît qu'il est impossible d'en expliquer plus de la centième partie (1). Sans insister sur le détail des phénomènes, on trouve, dans une modification des combinaisons complexes qui constituent le verre, une cause de perpétuelles variations, la combinaison et la dissolution faisant entre elles des échanges fréquents suivant la température, avec un passage lent d'une forme d'agrégation à l'autre à cause de l'état solide du corps.

Cette théorie rend compte du fait que les verres d'une composition complexe présentent des résidus plus considérables que les verres simples. La diminution des résidus par un recuit très prolongé à une température élevée, reconnue par M. L. Baudin, est due probablement à la formation de certains composés stables qui ne participent plus aux échanges.

Tous ces phénomènes, et d'autres encore que l'on rencontre soit dans les verres soit dans les aciers au nickel, trouvent ainsi leur explication naturelle par la variation de l'équilibre chimique aux diverses températures, à la seule condition que l'on admette les hypothèses qui nous ont servi de point de départ. Ces hypothèses empruntent ainsi quelque vraisemblance aux faits complexes qu'elles rassemblent en une théorie unitaire.

Applications. — La grande variété de propriétés que présentent les aciers au nickel, et dont plusieurs étaient inconnues jusqu'ici dans les métaux ou alliages, leur assurent des applications nombreuses.

La plupart de ces aciers sont peu oxydables; ils sont tous très tenaces, remarquablement homogènes et susceptibles d'un beau poli; presque tous ceux de la deuxième catégorie sont suffisamment malléables pour se prêter au laminage, à l'étirage en barres ou en fils jusqu'à des diamètres inférieurs au dixième de millimètre. Enfin leurs anomalies de dilatation et leurs variations magnétiques les rendent propres à de nombreux usages.

Je mentionnerai seulement en passant l'emploi que l'on pourra faire de l'augmentation de volume de ces aciers par le refroidissement au serrage des organes

(1) Voir mon *Traité de Thermométrie*, p. 143.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de machines les uns sur les autres. Un axe formé d'un acier au nickel irréversible pourra être ajusté dans son logement avec un jeu dont l'importance dépendra de son diamètre. Par un refroidissement approprié, on pourra produire son gonflement d'où pourra résulter un serrage très énergique. Le frettage pourrait être désormais pratiqué par le froid, au lieu d'être obtenu par le chaud comme on l'a fait jusqu'ici.

La perte de magnétisme, qui se produit à des températures facilement accessibles, permettra de réaliser, entre certaines pièces d'une machine, des attractions variables avec la température, dans certains cas, pour produire des efforts variables susceptibles d'être utilisés. Toutefois, quelque séduisante que puisse être l'idée d'appliquer au moteur thermomagnétique d'Edison des métaux qui perdent leur magnétisme à une température où ils ne subissent aucune détérioration, je n'insisterai pas sur cette application qui est encore très problématique (1). Mais, s'il ne s'agit que d'obtenir des mouvements ou des signaux, il est très facile de réaliser des appareils utilisant ces propriétés.

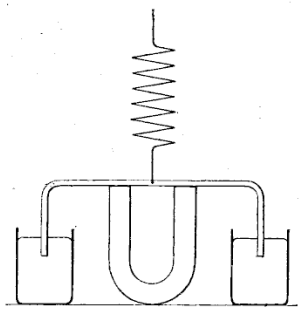


Fig. 12.

J'ai construit un coupe-circuit fondé sur cette idée, et dont un modèle de démonstration est figuré ici (fig. 12). Un fil d'un alliage réversible, plongeant dans deux godets à mercure, ferme un circuit électrique; il est retenu en place par un aimant tandis qu'un ressort antagoniste tend à lui faire quitter sa position. Si, le courant devenant trop intense, le fil s'échauffe et cesse d'être magnétique, le ressort l'enlève brusquement, et le courant se trouve interrompu. Une simple pression du doigt le rétablira instantanément.

Divers appareils de ce modèle ont été expérimentés par M. Zetter, directeur de la Compagnie française d'appareillage électrique. Ils ont été trouvés très constants et d'un fonctionnement sûr.

On pourra évidemment appliquer la même idée à la construction d'indicateurs de température, d'avertisseurs d'incendie, etc., dans lesquels on remplacera au besoin l'aimant par un électro-aimant ou un solénoïde.

Mais c'est sur les applications des singulières anomalies de dilatation des alliages réversibles que je voudrais surtout insister.

On sait combien les dilatations sont gênantes dans une foule d'appareils de haute et de moyenne précision. Or la substitution de certains aciers au nickel, au laiton ou au bronze, réduirait d'un seul coup les erreurs dues aux dilatations au vingtième de leur valeur actuelle, en même temps que la plus grande dureté

(1) Voir, à ce sujet, l'article de M. Marcel Déprez, dans *la Revue générale des Sciences* du 15 février 1898.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

des nouveaux alliages et leur module d'élasticité plus élevé permettraient de réduire le poids des instruments. La facilité de polissage et la bonne conservation des surfaces rendraient inutile l'incrustation de bandes d'argent que l'on pratique sur les pièces qui ont à porter une division ou une inscription délicate.

Il est vrai que la résistance que ces alliages opposent au travail de l'outil exigeront, de la part des constructeurs, une étude nouvelle de la taille et de la trempe de ces derniers. La première impression que l'on reçoit lorsqu'on travaille un de ces alliages à la lime ou sur le tour, est qu'il augmente dans une très forte proportion la main-d'œuvre nécessaire à l'ajustage des pièces brutes. Mais une certaine pratique de ces alliages les fait juger plus favorablement.

J'ai indiqué les précautions qu'il convient de prendre pour se mettre à l'abri des trop fortes variations dues au recuit spontané de ces alliages. Ces variations, — il convient d'insister sur ce point, — sont encore trop considérables pour que l'on puisse les employer à la construction des *étalons de haute précision*, mais elles sont sans aucune importance pour les étalons secondaires, pour les étalons de transition, ou pour les simples instruments de mesure dont les dimensions absolues à une époque donnée sont sans importance dans des limites étroites.

La faible dilatation rend l'emploi et quelques-uns de ces alliages très avantageux dans la construction des lames bimétalliques, dans lesquelles on cherche à obtenir une déformation aussi grande que possible.

Les variations de courbure d'une lame composée de deux métaux soudés sont proportionnelles, entre autre chose, à la différence de dilatation des deux métaux qui la composent. Or, en associant du laiton ou un acier nickel très dilatable à un acier très peu dilatable, on peut obtenir une sensibilité au moins égale à celle que donne l'association du zinc et de l'acier. Mais on sait que le zinc provoque des variations résiduelles importantes des bilames, et son emploi a été limité aux appareils desquels on n'exige aucune constance. Les expériences déjà faites sur des lames dont l'un des éléments est un acier au nickel peu dilatable, ont montré que l'on peut se fier absolument à leur fonctionnement. Les appareils fondés sur les variations de courbure d'une lame bimétallique, — thermomètres, thermo-régulateurs, balanciers compensateurs, etc., — sont trop connus pour qu'il y ait lieu d'insister spécialement sur chacun d'eux.

Il convient de faire remarquer que les aciers les moins dilatables ne sont pas seuls intéressants. La variation continue de la dilatation entre des limites très étendues permet de prévoir des applications d'un autre ordre. On est parfois conduit à associer ensemble diverses substances dont les unes sont des métaux, tandis que d'autres sont prescrites par leurs propriétés particulières. Il est alors important de choisir un métal tel que le jeu des dilatations se fasse sans introduire de tiraillements entre les divers organes de l'ensemble. Par exemple, il est bon que la monture des grands objectifs soit faite en un métal de même

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dilatation que le verre, pour éviter des variations dans le serrage. Les nouveaux alliages fournissent, à ce point de vue, tout ce qui peut être demandé; on peut même, avec deux teneurs différentes, obtenir des alliages possédant la dilatation de tous les verres, et de tous les corps non cristallisés dont l'industrie ait à faire usage. Dans le même ordre d'idées, je citerai l'emploi d'alliages à dilatation moyenne pour les tubes de chaudières, qui, se chauffant plus que les parois, exercent sur les extrémités des efforts, souvent désastreux.

Il est une application sur laquelle je crois devoir insister en terminant, c'est celle que l'on peut faire des alliages les moins dilatables à la construction des pendules compensés.

Aujourd'hui, on ne pratique plus guère, pour les pendules des horloges, que la compensation à gril et la compensation à mercure, encore la première est-elle de plus en plus délaissée à cause de l'extrême difficulté d'ajustage des nombreuses tiges d'acier et de laiton qui doivent remplir la double condition d'être parfaitement guidées et absolument libres.

Dans le pendule à mercure, on contre-balance l'effet de l'allongement de la tige par la dilatation du mercure contenu soit dans un vase fixé au bout de la tige, soit dans un tube remplaçant cette tige, comme dans le système Riefler.

La dilatation relative du mercure dans le verre étant quinze fois environ plus grande que celle de l'acier, il suffit que la hauteur du mercure soit égale à la sixième ou septième partie de la longueur comprise entre l'axe de rotation et le centre d'oscillation du pendule.

Si l'on remplace la tige d'acier par un barreau de l'acier au nickel le moins dilatable, les erreurs sont réduites d'emblée dans le rapport de 12 à 1; un écart de 10 degrés en plus ou en moins ne produit plus, dans la marche diurne, que des différences inférieures à une demi-seconde, et c'est cette quantité déjà très petite qu'il reste à corriger par la compensation.

Il suffit, pour y arriver, de fixer, sur la tige, une lentille d'un métal suffisamment dilatable, reposant sur un écrou vissé directement sur la tige. En faisant la lentille en laiton ou en acier au nickel très dilatable, on aura un rapport des dilatations plus favorable que celui qui résulte de la combinaison mercure et acier. On trouve facilement que, si l'on conserve les proportions de masse oscillante et de diamètre de la tige usitées dans les pendules astronomiques, la hauteur totale de la lentille sera d'environ 14 centimètres pour un pendule battant la seconde. La dilatation que l'on compense étant douze fois plus faible que dans le système ordinaire, les différences de température du haut en bas de la cage, et les écarts provenant des variations rapides de la température seront réduites dans la même proportion. On évitera, de plus, les inconvénients résultant de l'oxydation du mercure, de son évaporation, de la variation de forme du ménisque, et de sa mobilité.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Il est un point sur lequel il convient d'attirer encore l'attention, c'est la possibilité d'arriver, dans l'emploi des nouveaux alliages, à une compensation complète. Lorsqu'on associe du mercure à l'acier, on établit la compensation pour deux températures déterminées, mais on renonce, pour les températures intermédiaires ou extérieures, à une compensation exacte. Il faut, en effet, pour qu'elle soit complète, que le rapport des deux dilatations soit le même à toute température, condition qui est remplie lorsque les deux termes des formules de dilatation sont séparément dans le même rapport. Or, pour l'acier, le deuxième terme est important, alors qu'il est presque nul pour le mercure. Il y a donc, dans le système habituel, avance aux températures intermédiaires et retard aux températures extrêmes.

Si, maintenant, nous nous reportons aux courbes de la figure 9, nous voyons que la dilatation est une fonction linéaire de la température en un point voisin de la dilatation minima; si l'on revient en arrière, on trouvera, entre les deux coefficients, un rapport positif croissant, et l'on pourra, tout en restant dans la région de très faible dilatation, s'arrêter à un alliage qui donne un rapport des deux termes identique à celui du métal choisi pour la lentille. On aura réalisé ainsi la compensation complète à toutes les températures auxquelles les formules trouvées peuvent être appliquées, c'est-à-dire à toutes les températures auxquelles une horloge a quelque chance d'être exposée.

J'ai indiqué plus haut les réserves que commande l'emploi des nouveaux alliages, en raison de leurs variations avec le temps. Le pendule, même de haute précision, est l'un des instruments où ce défaut a le moins d'importance. Dans une horloge, les variations irrégulières et accidentelles sont, en effet, beaucoup plus dangereuses que les variations lentes et systématiques dont la loi est connue. D'ailleurs, comme il a été dit, ces variations peuvent aisément être réduites à un vingtième de seconde en trois mois pour la marche diurne.

Les recherches dont une partie vient d'être exposée sont loin d'être achevées. Une foule de questions restent encore à résoudre, aussi bien pour éclaircir davantage la théorie des aciers au nickel que pour préciser les éléments qu'il faut connaître en vue de leurs applications. Il est curieux d'observer que les plus importantes d'entre elles sont fondées sur une sorte d'instabilité de ces alliages, propriété qui, en bonne logique, devrait être considérée comme leur plus grave défaut.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS CHIMIQUES

COMPTE RENDU DES PROGRÈS RÉALISÉS DANS L'INDUSTRIE DES HUILES ESSENTIELLES ET DES PARFUMS, PAR **M. A. Haller,** *correspondant de l'Institut* (*suite*) (1).

TABLEAU DES PRINCIPALES HUILES ESSENTIELLES ÉTUDIÉES JUSQU'A CE JOUR

Ainsi que nous l'avons fait remarquer dans notre dernière revue (1), l'idée première de ces tableaux appartient à MM. Schimmel, de Leipzig qui les ont publiés dans leur *Bericht* du mois d'octobre 1893, puis dans l'édition française du même *Bulletin* du mois d'octobre 1896. En avril 1897, a paru une seconde édition allemande ainsi qu'une édition anglaise. Dès novembre 1896, nous avons obtenu de MM. Fritsche frères, possesseurs actuels de la maison Schimmel, l'autorisation gracieuse de reproduire ces tableaux, mais nous avons attendu leur réédition en avril 1897 pour les refondre, les compléter, en nous servant des données nouvelles introduites dans notre article « Essences » du deuxième supplément du Dictionnaire de Wurtz, et leur donner la forme actuelle.

Comme le montrent les rubriques inscrites en tête de chaque colonne, nous avons fait figurer, dans la première, le ou, s'il y a lieu, les noms français de la plante, ainsi que la partie de cette plante qui a servi à la préparation de l'essence. Dans la seconde colonne, figurent les noms usuels allemands et anglais. La troisième porte les noms botaniques ainsi que la famille à laquelle appartient la plante. Dans les quatrième, cinquième et sixième colonnes, sont inscrits les rendements pour cent, les poids spécifiques, généralement pris à la température de 15°, et le pouvoir rotatoire de l'essence, déterminé sur une colonne de 100 millimètres.

Enfin, la septième colonne renferme les noms des constituants qui ont été caractérisés avec certitude dans chaque essence.

Pour compléter ces tableaux et les rendre plus utiles encore, il aurait fallu signaler, dans une dernière colonne, les auteurs qui se sont occupés des huiles essentielles et la source de leurs travaux. Mais les indications bibliographiques ne sont réellement utiles qu'aux chercheurs, qu'à ceux qui ont l'intention de pousser plus avant l'étude de ces produits, et ils trouveront aisément ces indications dans les ouvrages spéciaux et en particulier dans le Dictionnaire déjà mentionné.

Sous leur forme actuelle, les tableaux permettent de connaître les principales constantes physiques nécessaires pour s'assurer d'une façon approximative de l'authenticité et de la pureté d'une essence, et les éléments dominants qui contribuent à donner à cette essence son arome, son parfum caractéristique.

(1) *Bulletin* de février, p. 150.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

NOM DE L'ESSENCE ET PARTIES DE LA PLANTE DONT ON L'EXTRAIT.	NOM ALLEMAND ET ANGLAIS.	NOM BOTANIQUE ET FAMILLE.	RENDEMENT POUR 100.	DENSITÉ à 15 DEGRÉS.	POUVOIR ROTATOIRE POUR LONG. 100mm.	CORPS DÉTERMINÉS DANS L'ESSENCE.
					Degrés.	
1. ABSINTHE (1). . . . . Herbe. Fleurs. Semences.	*Wermuth oel.* *Wormwood oil.*	*Artemisia absinthium* L. Composées.	0,02 à 0,04	0,923 à 0,955	»	Thuyone (absinthol). Alcool thuyilique ou tanacétylique, acides palmitique, acétique et isovalérianique, à l'état d'éther; phellandrène, cadinène.
2. ACHILLÉE (2).	»	*Achillea ageratum* L. Composées.	»	0,849 à 24°	»	»
3. ACHILLÉE (3).	*Edelsch afgarben oel.*	*Achillea nobilis.* Composées.	0,25	0,97 à 0,98	»	»
4. ACHILLÉE (4). . . . . Herbe en fleurs. ACHILLÉES, voir *Essences d'Iva* et de *Millefeuilles*	*Achillea oel.* *Achillea oil.*	*Achillea coronopifolia.* Composées.	»	0,924	»	»
5. ACORE OU DE ROSEAU. . Rac. allemande fraîche — — sèche. — japonaise.	*Calmus wurzelöl.* *Calamus oil.*	*Acorus calamus* L. Aroïdées.	» 0,8 1,5 à 3,50 5	» 0,960 à 0,97 0,960 à 0,97 0,985 à 1	» + 20 à + 31 + 31 à + 21 »	»
6. ACORE. . . . . Herbe fraîche.	*Calmus Kraut oel.* *Calamus oil.*	*Acorus calamus* L. Aroïdées.	0,2	0,964	+ 20°,44	»
7. ACORE.	»	*Acorus gramineus*, Ait. Aroïdées.	5	0,915 à 1,00	»	»
8. AIL. . . . . Plante entière fraîche.	*Knoblauch oel.* *Garlic oil.*	*Allium sativum* L. Liliacées.	0,05 à 0,09	1,046 à 1,057	Inactive.	$C^6H^{10}S^2$ bisulfure d'allyle. $C^6H^{12}S^2$ bisulf. d'allyle et de propyle. $C^6H^{10}S^3$ trisulfure d'allyle. $C^6H^{14}S^4$ tétrasulfure de propyle.
9. AIL DES OURS . . . . . Plante entière fraîche.	*Bärlauch oel.* *Allium oil.*	*Allium ursinum.* Liliacées.	0,07	1,013	»	Sulfure et polysulfures de vinyle.
10. AJOWAN . . . . . Fruits.	*Ajowan oel.* *Ajowan oil.*	*Carum ajowan* Bentham. Ombellifères.	3 à 4	0,900 à 0,93	Faiblem. dextrogyre	Cymène. Thymol.
11. AMANDES AMÈRES (5). . .	*Bitter mandeloel.* *Bitter Almond oil.*	*Amygdalus comm.* L. Var. *amara.*	0,5 à 0,7	1,045 à 1,074	Inactive.	Hydrure de benzoyle. Acide cyanhydrique. Phényl oxyacétonitrile.
		Prunus armenica L. *Prunus persica* L. *Prunus padus* L. Rosacées.	0,6 à 1			

(1) L'essence préparée avec les feuilles est fluide. Celle préparée avec les fleurs et les semences est épaisse. — (2) Cultivée en Italie. — (3) Essence jaunâtre. — (4) Essence d'un bleu foncé à odeur de tanaisie. — (5) Renferme de 1,5 à 4 p. 100 d'acide cyanhydrique quand elle est préparée convenablement.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

NOM DE L'ESSENCE ET PARTIES DE LA PLANTE DONT ON L'EXTRAIT.	NOM ALLEMAND ET ANGLAIS.	NOM BOTANIQUE ET FAMILLE.	RENDEMENT POUR 100.	DENSITÉ A 15 DEGRÉS.	POUVOIR ROTATOIRE POUR LONG. 100mm.	CORPS DÉTERMINÉS DANS L'ESSENCE.
					Degrés.	
12. AMBRETTE OU MUSC VÉGÉTAL (1). . . . . Graines.	*Moschus Korner oel.* *Musk seed oil.*	*Abelmoschus moschatus.* Mœnch. Malvacées.	0,1 à 0,25	0,900 à 0,905 à 25°	faiblem. dextrogyre	Acide palmitique.
13. AMBROSIA (2). . . . . Herbe fleurie fraîche.	*Ambrosia oel.* *Ragweed oil.*	*Ambrosia artemisifolia* L. Composées.	0,07	0,870	—26	»
AMBROISIE OU THÉ DU MEXIQUE, voir *Chenopodium ambrosioïdes.*						
14. AMMONIAQUE (3). . . . . (Gomme résine).	*Ammoniak gummi oel.* *Ammoniacum oil.*	*Dorema ammoniacum* Don. Ombellifères.	0,25	0,891	faiblem. dextrogyre	»
15. ANDROPOGON (4) . . . . Herbe sèche.	*Andropogon oel.* *Andropogon oil.*	*Andropogon laniger* Desf. Graminées.	1,0	0,915 à 0,919	—4 à +34,38	Phellandrène.
16. ANDROPOGON (5) . . . . Herbe. Pour d'autres essences d'ANDROPOGON, voir *Essences de citronnelle, Lemongrass, Palmarosa* et *Veliver.*	*Andropogon oel.* *Andropogon oil.*	*Andropogon odoratus,* Lisboa. Graminées.	0,36	0,945 à 0,95	—22 à —23	»
17. ANETH. . . . . Fruits roumains.	*Dill oel.* *Dill oil.*	*Anethum graveolens* L. Ombellifères.	3 à 4	0,895 à 0,915	+70 à +80	Limonène, carvone. Paraffine.
— russes.			4			
— de la Thuringe.			3 à 4			
18. ANETH DES INDES ORIENTALES. . . . . Fruits.	*Dill oel, ostindisches.* *Dill oil, East Indian.*	*Anethum Sowa* D. C. Ombellifères.	2 à 3	0,97	+40	Limonène, carvone, Apiol d'aneth.
19. ANGÉLIQUE. . . . . Herbe fraîche.	*Angelica Kraut oel.* *Angelica oil.*	*Angelica caoff.* Hoff. Ombellifères.	0,92	0,869 à 0,886	+8 à +21	»
20. ANGÉLIQUE. . . . . Semences.	*Angelica samen oel.* *Angelica oil.*	*Angelica off.* Ombellifères.	1 à 1,2	0,856 à 0,89	+11 à +12	Phellandrène, acides méthyléthylacétique et oxymyristique.
21. ANGÉLIQUE. . . . . Racines fraîches.	*Angelica wurzel oel.* *Angelica oil.*	*Angelica off.* Ombellifères.	0,25 à 0,37	0,857 à 0,87	+25 à +32	Phellandrène, acides méthyléthylacétique et oxypentadécylique.
— sèches.			0,35 à 1,00	0,87 à 0,905	envir. +20	
22. ANGÉLIQUE DU JAPON (6). Racine sèche.	*Angelica wurzel oel. jap.* *Angelica oil japanese.*	*Angelica refracta* Fr. Schmidt. Ombellifères.	0,1	0,915	»	»
23. ANGUSTURE. . . . . Écorces.	*Angosturarinde oel.* *Angostura-bark oil.*	*Galipea cusparia.* Saint-Hilaire. *Cusparia trifoliata.* Rutacées.	1,5	0,93 à 0,96 0,924 à 20	—0,36	Sesquiterpène, alcool galipénique $C^{15}H^{26}O$.

(1) Se solidifie à la température ordinaire. — (2) Couleur d'un vert foncé. — (3) Bout entre 250 et 290°. — (4) Bout entre 170 et 250°. — (5) Possède une odeur d'essence de pin. — (6) Se prend à 0° en une masse butyreuse. Renferme un acide gras fondant entre 62 et 63°.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

NOM DE L'ESSENCE ET PARTIES DE LA PLANTE DONT ON L'EXTRAIT.	NOM ALLEMAND ET ANGLAIS.	NOM BOTANIQUE ET FAMILLE.	RENDEMENT POUR 100.	DENSITÉ A 15 DEGRÉS.	POUVOIR ROTATOIRE POUR LONG. 100mm.	CORPS DÉTERMINÉS DANS L'ESSENCE.
					Degrés.	
24. ANIS (1). . . . . Semences du Chili.	*Anis oel.* *Anise oil.*	*Pimpinella anisum* L. Ombellifères.	1,9 à 2,6		faiblem. lévogyre jusqu'à 1,5	Méthychavicol. Anéthol, acétone anisique $C^{10}H^{12}O^2$.
— d'Italie (Bologne).			3,5			
— d'Italie (les Pouilles).			2,7 à 3			
— Macédoine.			2,2			
— Moravie.			2,4 à 3,2	0,98 à 0,99		
— Mexique.			1,9 à 2,1			
— Prusse orientale.			2,4			
— Russie.			2,4 à 3,2			
— Espagne.			3,0			
— Syrie.			1,5 à 6,0			
— Thuringe.			2,4			
25. ANIS. . . . . Écorce de Madagascar.	*Anisrinde oel.* *Anisbark oil.*	Inconnu.	3,5	0,969	— 0,46	Méthycchavicol. Anéthol.
26. ARISTOLOCHE. . . . . Racine sèche.	*Schlangen wurzel oel.* *Snakeroot oil. virginian.*	*Aristolochia serpentaria* L. Aristolochiacées.	2	0,988	»	Bornéol.
27. ARMOISE. . . . . Herbe.	*Beifuss oel.* *Mugwort oil.*	*Artemisia vulg.* L. Composées.	0,2	0,907	»	Cinéol.
28. ARMOISE DES ALPES (2).. Herbe sèche.	*Alpenbeifuss oel.* *Artemisia oil.*	*Artemisia glacialis* R. Composées.	0,15 à 0,3	0,969	»	»
29. ARMOISE. . . . . Sommités fleuries.	*Artemisia oel.* *Artemisia oil.*	*Artemisia Barrelieri* Bess. Composées.	»	0,923	»	Thuyone.
30. ARMOISE MARITIME. . . . Boutons de fleurs.	*Zittwersamen oel.* *Wormseed oil.* Levantine.	*Artemisia marit.* var. *Stechmannia* Composées.	2	0,93 à 0,935	»	Cinéol, dipentène.
31. ARNICA (fleurs) (3) . . . Fleurs sèches.	*Arnicablüthen oel.* *Arnica oil.*	*Arnica montana* L. Composées.	0,04 à 0,07	0,905 à 0,91	»	Acides laurique, palmitique. Paraffine.
32. ARNICA . . . . . Racines.	*Arnicawurzel oel.* *Arnica oil.*	*Arnica montana* L. Composées.	0,5 à 1,0	0,99 à 1,00	— 1,58	Isobutyrate de phlorol. Éthers thymohydroquinone-méthylique et phlorolméthylique.
33. ASA FOETIDA. . . . . Gomme résine.	*Asafœtida oel.* *Asafœtida oil.*	*Ferula asa fœtida* L. Ombellifères.	3,3 à 3,7	0,975 à 0,99	— 9,15	Pinène, $C^7H^{14}S^2$ $C^{10}H^{20}S^2$ $C^8H^{16}S^2$, $C^{10}H^{18}S^2$ $(C^{10}H^{16}O)\,x$.
34. ASARET (Cabaret). . . . Racine sèche.	*Asarum oel.* *Haselwurzel oel.* *Snake-root oil Europ.*	*Asarum europæum.* Aristolochiacées.	1,00	1,05 à 1,07	»	Pinène, méthyleugénol. Asarone.

(1) Son point de solidification est situé entre + 15° et + 19°. — (2) Par suite de sa teneur en acide gras fondant à 61°, cette essence est butyreuse à 0°. — (3) Se prend en masse à froid.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

NOM DE L'ESSENCE ET PARTIES DE LA PLANTE DONT ON L'EXTRAIT.	NOM ALLEMAND ET ANGLAIS.	NOM BOTANIQUE ET FAMILLE.	RENDEMENT POUR 100.	DENSITÉ A 15 DEGRÉS.	POUVOIR ROTATOIRE POUR LONG. 100mm.	CORPS DÉTERMINÉS DANS L'ESSENCE.
					Degrés	
35. ASARUM CANADENSE. . . Racine sèche.	*Schlangen wurzel öel. Canad. Snakeroot oil, Canadian.*	*Asarum canadense* L., Aristolochiacées.	3,5 à 4,5	0,93 à 0,96	»	Pinène, Asarol (linalool ?) Éthers acétique et valérianique de cet alcool, méthyleugénol.
36. ASPIC . . . . . Herbe en fleur.	*Spik oel. Spike oil.*	*Lavandula spica* D. C. Labiées.	»	0,905 à 0,915	En gén. +3 allant parfois à +7.	Pinène, camphène, cinéol, linalool, bornéol, terpinol? geraniol?
37. AVOCATIER. . . . . Feuilles sèches.	*Persea oel. Persea oil.*	*Persea gratissima* Gaertner. Laurinées.	0,5	0,960	+1,50	Méthylchavicol ou estragol.
38. ACNÉE (1) . . . . . Racine.	*Alant oel. Elecampane oil.*	*Inula helenium* L. Composées.	1 à 2	»	»	Alantolactone, acide alantique $(C^6H^8O)x$.
39. BADIANE OU ANIS ÉTOILÉ DE CHINE (1). . . . . Fruits.	*Sternanis oel. Star-anise oil.*	*Illicium verum.* Hook. Magnoliacées.	5	0,98 à 0,99	+0,40 à −2	Pinène, phéllandrène, méthylchavicol ou estragol, anéthol, safrol, éthylhydroquinone.
BALSAMITE, voir *Tanaisie des jardins.*						
40. BASILIC	*Basilicum oel.*	*Ocimum*				
Herbe française sèche.	*Basilicum oil.*	*basilicum* L.	1,5	0,9154	−7,40	Estragol, linalool gauche.
Herbe française fraîche.		Labiées.	0,04			
Herbe allemande fraîche.			0,02 à 0,05	0,909 à 0,99	−21,15	Pinène, cinéol, estragol, linalool?
Essence de la Réunion.				0,954	+10,12	Pinène, camphre droit, cinéol, estragol, linalool?
41. BAY. . . . . Feuilles sèches.	*Bay oel. Bay oil.*	*Pimenta acris.* Wright. Myrtacées.	2,3 à 2,5	0,963 à 0,983	faiblem. levogyre jusqu'à −2	Myrcène, phellandrène, méthylchavicol, citral, méthyleugénol, chavicol, eugénol.
42. BERGAMOTE. . . . . Zeste frais.	*Bergamott oel. Bergamot oil.*	*Citrus bergamia.* Risso. Rutacées.	»	0,883 à 0,886	+9 à +15	Limonène, dipentène, linalool, acétate de linalyle (environ 38 p. 100).
43. BÉTEL	»	*Piper betle* L. Pipéracées.				Toutes les essences de bétel renferment du bételphénol et du cadinène; quelquefois aussi du chavicol.
Feuilles sèches de Bangkok.			0,6 à 0,9	1,034		
— fraîches de Java.				0,958	+2,53	
— fraîches de Manille.				1,044		

(1) Solide à la température ordinaire. — (2) Point de solidification de + 14° à + 18°.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

NOM DE L'ESSENCE ET PARTIES DE LA PLANTE DONT ON L'EXTRAIT.	NOM ALLEMAND ET ANGLAIS.	NOM BOTANIQUE ET FAMILLE.	RENDEMENT POUR 100.	DENSITÉ A 15 DEGRÉS.	POUVOIR ROTATOIRE POUR LONG. 100mm.	CORPS DÉTERMINÉS DANS L'ESSENCE.
					Degrés.	
44. BENZOIN ODORIFERUM . .	*Spicewood oel.*	*Benzoin odoriferum*. Nees.				Salicylate de méthyle.
Baies.	*Spice-wod oil.*	Laurinées.	5	0,855	»	
Feuilles.			0,3	0,888		
Écorce.			0,43	0,923		
Rameaux.			0,3	0,923		
45. BOLDO (1)	*Boldo oel.*	*Peumus Boldus.*	2,0	0,918	»	»
Feuilles sèches.	*Boldo oil.*	Mal.		à 0,945		
		Monomiacées.				
46. BOULEAU.	*Wintergrün oel*	*Betula lenta* L.	0,6	1,180	inactive	Salicylate de méthyle, éther $C^{14}H^{24}O^2$ paraffiné.
Écorce.	ou *Birken oel.*	Cupulifères.		à 1,187		
	Wintergreen oil.					
47. BUCCU.	*Buccu oel.*	*Barosma*	1,0	0,944	»	Diosphénol.
Feuilles.	*Buccu oil.*	*serratifolia* W.				Cétone $C^{10}H^{18}O$.
		Barosma betulina.	2,0	0,944 à 27		
		Bartl.				
		Rutacées.				
48. CAJEPUT	*Cajeput oel.*	*Melaleuca leucadendron* L et	»	0,92 à 0,93	—0,10 à —2	Aldéhydes valérianique? benzoïque? pinène? cinéol, terpinéol, acétate de terpényle.
Feuilles.	*Cajeput oil.*	*Melaleuca minor*				
		Sm.				
		Myrtacées.				
49. CAMOMILLE.	*Chamillen oel.*	*Matricaria*				Paraffine.
Sommités fleuries allemandes.	*Chamomile oil.*	*chamomilla* L.				
		Composées.	0,13 à 0,24	0,93 à 0,94	»	
Sommités fleuries hongroises.			0,15			
Sommités fleuries russes.			0,13 à 0,3			
50. CAMOMILLE ROMAINE. . .	*Chamillen oel*	*Anthemis*	0,8 à 1,0	0,905	»	Isobutyrate et angélate d'isobutyle, angélate et tiglate d'amyle et d'hexyle, anthémol.
Sommités fleuries.	*römisch.*	*nobilis* L.		à 0,915		
	Chamomile oil, roman.	Composées.				
51. CAMPHRE.	*Campherblätter oel.*	*Camphora off.*	1,85	0,932	+4,52	Camphre.
Feuilles sèches.	*Camphor oil.*	Nees.				
		Laurinées.				
52. CAMPHRE.	*Campher holz oel.*	*Camphora off.*	4	»	»	Demi solide à la température ordinaire. Pinène, camphène? phellandrène, cinéol, dipentène, camphre, terpinéol? safrol, eugénol, cadinène.
Bois et racines.	*Camphor oil.*	Nees.				
		Laurinées.				
53. CAMPHRE.	*Campher holz oel.*	*Nectandra?* ou	1,15	1,155	+2,40	Apiol?
Bois de Vénézuela.	*Camphor oil.*	*Ocotea.*				
		Laurinées.				

(1) Bout entre 175° et 250°,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

NOM DE L'ESSENCE ET PARTIES DE LA PLANTE DONT ON L'EXTRAIT.	NOM ALLEMAND ET ANGLAIS.	NOM BOTANIQUE ET FAMILLE.	RENDEMENT POUR 100.	DENSITÉ A 15 DEGRÉ S.	POUVOIR ROTATOIRE POUR LONG. 100mm.	CORPS DÉTERMINÉS DANS L'ESSENCE.
54. Cananga. . . . . Fleurs.	*Cananga ou Ylang. Ylang oil.*	*Cananga odorata* (Hoof. fil. et Thoms.	»	0,910 à 0,940	Degrés. —20 à —55	Pinène, linalool, géraniol (éthers acétique et benzoïque) cadinène, éther paracrésol méthylique. Ces deux essences ont même origine; celle de cananga est préparée avec des matériaux inférieurs.
(Ylang Ylang).	*Canango ou Ylang. Ylang oil.*	Anonacées.	»	0,935 à 0,950	—40 à —45	
55. Cannelle blanche . . . Écorces.	*Zimt oel weiss. Canella bark oil.*	*Canella alba.* Murray. Clusiacées.	0,75 à 1	0,92 à 0,935	+1,8	Pinène, cinéol, eugénol, caryophyllène.
56. Cannelle de Ceylan . . Écorce.	*Zimt oel Ceylan. Cinnamon oil Ceylon.*	*Cinnamomum zeylanicum.* Breyne. Laurinées.	0,5 à 0,10	1,025 à 1,035	jusqu'à —1	Phéllandrène, aldéhyde cinnamique, eugénol.
57. Cannelle de Ceylan. . Feuilles.	*Zimtblätter oel Ceylon. Cinnamon oil Ceylon.*	*Cinnamomum zeylemcum* (Breyne). Laurinées.	1,8	1,045 à 1,06	faiblem. dextrogyre ou lévogyre	Aldéhyde cinnamique, eugénol, safrol.
58. Cannelle de Chine. . . Feuilles et rameaux.	*Cassia oel. Cassia oil.*	*Cinnamomum Cassia* Bl. Laurinées.	»	1,055 à 1,065	faiblem. lévogyre ou dextrogyre	L'essence du commerce contient 75 à 90 p. 100 d'aldéhyde cinnamique, de l'acétate de cinnamyle et de l'aldéhyde β-méthoxycoumarique.
59. Cannelle de Chine (1). Feuilles. Boutons de fleurs. Tiges de fleurs. Écorce. Rameaux.	*Cassia oel. Cassia oil.*	*Cinnamomum Cass.* Bl. Laurinées.	0,54 1,9 1,7 1,2 0,2	1,056 1,031 1,046 1,041 1,045	»	Teneur en aldéhyde : 93 p. 100. / 80,4 — / 92 — / 89 — / 90 —
60. Cardamome du Bengale. Fruits.	*Cardamome oel Bengale. Cardamom oil, Bengale.*	*Amomum aromaticum.* Zingibéracées.	»	0,920	+12,41	Cinéol.
61. Cardamome de Cameron. Fruits.	*Cardarmome oel Kamerum. Cardomom oil, Kameron.*	*Amomum Danelli* (Hook). *Amomum angustifolium.* Zingiberacées.	2,33	0,907	—20,34	Cinéol.
62. Cardamome de Ceylan. Fruits.	*Cardamome oel Ceylon. Cardomom oil Ceylon.*	*Eletteria cardamomum*, var. B. (White). Zingiberacées.	4,0 à 6,0	0,895 à 0,91	+12 à +13	Terpinène, dipentène, terpinéol?

(1) Distillés par Schimmel et Cᵉ.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

NOM DE L'ESSENCE ET PARTIES DE LA PLANTE DONT ON L'EXTRAIT.	NOM ALLEMAND ET ANGLAIS.	NOM BOTANIQUE ET FAMILLE.	RENDEMENT POUR 100.	DENSITÉ A 15 DEGRÉS.	POUVOIR ROTATOIRE POUR LONG. 100mm.	CORPS DÉTERMINÉS DANS L'ESSENCE.
					Degrés.	
63. CARDAMOME KORARIMA. . Fruits.	*Cardamome oel Korarima. Cardomom oil Korarima.*	*Amomum Korarima.* (Pereira). Zingibéracées.	2,1	»	»	»
64. CARDAMOME . . . . . Madras et Malabar. Fruits.	*Cardamome oel. Cardamome oil.*	*Elleteria cardamomum* (Whitte). Zingibéracées.	2,14 à 8	0,943	+34,52 à 14	Acide acétique libre, cinéol, terpinéol droit.
65. CARDAMOME DE SIAM . . Fruits.	*Cardamome oel. Cardamom oil.*	*Amomum cardamum.* L. Zingibéracées.	2,4	0,905 à 42	+38,4 à 42	Demi solide à la température ordinaire. Camphre et bornéol droits.
66. CARLINE . . . . . Racine.	*Eberwurzel oel. Carlina oil.*	*Carlina acaulis* L. Composées.	1,5 à 2	1,033 à 1,036	»	»
67. CAROTTE. . . . . Fruit.	*Daucus oil. Carrot oil.*	*Daucus carota* L. Ombellifères.	0,8 à 1,6	0,87 à 0,93	—13 à —37	Pinène, terpinéol?
68. CARVI . . . . . *Semences :*	*Kummel oel. Caraway oil.*	*Carum carvi* L. Ombellifères.				
de Bavière (sauvages),			6,5 à 7	0,905 à 0,915	+70 à +85	Limonène, carvène.
allemandes (cultivées),			3,5 à 5			
de Finlande,			5 à 6			
de Galicie,			4,5			
de Hesse (sauvages),			6 à 7			
de Hollande (cultiv.),			4 à 6,5			
de Moravie,			4			
de Norvège (sauvages),			5 à 6,5			
de la Frise orientale,			5,5 à 6			
de la Prusse orientale (cultivées),			5 à 5,5			
de Russie,			3,2 à 3,6			
de Suède,			4 à 6,5			
de Syrie,			6			
du Tyrol (sauvages),			6,5			
du Wurtemberg.			5,5 à 6			
69. CASCA PRETIOSIA . . . . Écorce.	*Casca pretiosa oel. Casca pretiosa oil.*	*Mespilodaphne pretiosa.* (Nees et Mart.) Myrtacées.	1,16	1,118	»	»
70. CASCARILLE . . . . . Écorce.	*Cascarill oel. Cascarilla oil.*	*Croton Eluteria.* (Benn). Euphorbiacées.	1,5 à 3,0	0,890 à 0,93	+5	»
71. CATAIRE . . . . . Herbe.	*Katzenminz oel. Catnep oil.*	*Nepeta cataria* L.	»	1,041	»	»
72. CÈDRE (Bois de)	*Cedernholz oel. Cedarwood oil.*	*Juniperus virginiana* L. Conifères.	2,5 à 4,5	0,940 à 0,96	—30 à —40	Cédrène $C^{15}H^{24}$. Cédrol ou camphre de cèdre $C^{15}H^{20}O$, fondant à 85-86°.
73. CÈDRE (Bois de). . . . Corinthe.	*Cedernholtz oel. Corinto. Cedarwood oil, Corinto.*	Inconnu.	2,3	0,906	—17,23	»

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

NOM DE L'ESSENCE ET PARTIES DE LA PLANTE DONT ON L'EXTRAIT.	NOM ALLEMAND ET ANGLAIS.	NOM BOTANIQUE ET FAMILLE.	RENDEMENT POUR 100.	DENSITÉ A 15 DEGRÉS.	POUVOIR ROTATOIRE POUR LONG. 100mm.	CORPS DÉTERMINÉS DANS L'ESSENCE.
					Degrés.	
74. Cèdre (Bois de). . . . Cuba.	*Cerdern holz oel Cuba. Cedarwood oil.*	Inconnu.	1,75	0,923	+ 18,6	Cadinène.
75. Cèdre (Bois de). . . . La Plata.	*Cedern holz oil. La Plata. Cedarwood oel.*	Inconnu.	0,59	0,928	Inactive	Couleur bleu clair.
76. Cèdre (Bois de). . . . Punta Arenas.	*Cedern holz oel. Punta Arenas. Cedarwood oil.*	Inconnu.	3	0,915	— 5,53	Cadinène.
77. Cèdre (Feuilles de) . . Feuilles.	*Cedernblatter oel. Cedar leaf oil.*	*Juniperus virginiana* L. Conifères.	0,2	0,884 à 0,886	+ 59,5	»
78. Cédrelat (Brésil) . . . Bois.	*Cedrelaholz oel. Cadrela-wood oil.*	*Cedrelat odorata* L. Méliacées.	0,5	0,934	— 0,22	Couleur bleu clair.
79. Cédrat . . . . . Zestes frais.	*Cedro oel. Citron oil.*	*Citrus medica* Risso. Rutacées.	»	0,871	+ 67,8	Citrol.
80. Céleri. . . . . Herbe fraîche.	*Sellerie Kraut oel. Celery oil.*	*Apium graveolens* L. Ombellifères.	0,1	0,848 à 0,850	+48 à +52	Limonène.
81. Céleri. . . . . Semences.	*Sellerie samen oel. Celery oil.*	*Apium gravéoleus* L. Ombellifères.	2,5 à 3,0	0,870 à 0,895	+67 à +79	Acide palmitique, gayacol, un corps $C^{16}H^{20}O^{3}$ fondant à 66°-67°, un carbure terpénique $C^{15}H^{24}$, sédanolide $C^{12}H^{18}O^{2}$, acide sédanonique $C^{12}H^{18}O^{3}$.
82. Cerisier sauvage . . . Écorce.	*Wild kirschen-rinde oel. Wild Cherry bark oil.*	*Prunus virginiana* L. Rosacées.	0,2	1,045 à 1,05	»	Aldéhyde benzoïque. Acide cyanhydrique.
83. Champaca . . . . . Fleurs.	*Champaca oel. Champaca oil.*	*Michelia champaca.* Magnolacées.	»	0,907 à 0,94	— 12,18 à — 55	»
84. Chanvre. . . . . Plante sèche.	*Hanf oel. Hemp oil.*	*Cannabis sativa* L. Urticacées.	0,1	0,932	»	»
85. Chenopodium. . . . . Herbe sèche.	*Chenopodium oel. Wormseed oil. American.*	*Chenopodium ambrosioides* L. Chenopodiacées.	0,25	0,901	»	Possède une odeur de triméthylamine.
86. Chenopodium anthelmintique. . . . . Semences de Baltimore.	*Wurmsamen oel Baltimore. Wormseed oil American.*	*Chenopodium ambrosioides* L. Var. *anthelminthicum* (Gray). Chenopodiacées.	1	0,90 à 0,975	— 5 à — 18	»

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

NOM DE L'ESSENCE ET PARTIES DE LA PLANTE DONT ON L'EXTRAIT.	NOM ALLEMAND ET ANGLAIS.	NOM BOTANIQUE ET FAMILLE.	RENDEMENT POUR 100.	DENSITÉ A 15 DEGRÉS.	POUVOIR ROTATOIRE POUR LONG. 100mm.	CORPS DÉTERMINÉS DANS L'ESSENCE.
					Degrés.	
87. CIRIER DE LA LOUISIANE. Feuilles.	*Wachsmyrtenoel. Wax-myrtle oil.*	*Myrica cerifera* L. Myricacées.	0,02	0,886	—5,5	»
88. CISTUS. . . . . Feuilles.	*Cistusblätter oel. Cistus oil.*	*Cistus ladaniferus* L. Cistacées.	»	0,925	»	»
89. CITRON. . . . . Zestes frais.	*Citroneoel. Lemon oil.*	*Citrus limonum* Risso. Rutacées.	«	0,858 à 0,861	+59 à +67	Limonène, citral, phellandrène.
90. CITRONNELLE. . . . . Herbe.	*Citronelloel. Citronella oil.*	*Andropogon nardus* L. Myrtacées.	40 à 80	0,890 à 0,891	Lévogyre jusqu'à —14	Camphène, dipentène, méthylheptenone, citronellal, bornéol, géraniol.
91. CITRUS. . . . . Zestes frais.	*Citrusoel. Sheddok oil.*	*Citrus decumana* L. Rutacées	»	0,860	+94,30	»
92. COCHLÉARIA . . . . . Plante entière fraîche et fleurie.	*Löffelkraut oel. Spoonwort oil.*	*Cochlearia off.* L. Crucifères.	0,008	0,954	»	Isosulfocyanate d'isobutyle.
93. COMPTONIA. . . . . Feuilles.	*Comptonia oel. Sweet-fern oil.*	*Comptonia asplenifolia* (Banks). Myricacées.	0,08	0,926	»	»
94. COPAHU . . . . . Baume.	*Copaiva balsam oel. Copaiba oil.*	*Copaifera species.* Césalpinées.	40 à 80	0,90 à 0,91	—7 à —20	Caryophyllène.
95. CORIANDRE. . . . . Semences françaises.	*Coriander oel. Coriander oil.*	*Coriandrum sativum* L. Ombellifères.	0,4	0,87 à 0,88	+8 à +13	Pinène, linalool.
— hollandaises			0,6			
— italiennes.			0,5			
— de Moravie.			0,8			
— du Maroc. .			0,2 à 0,3			
— des Indes orientales.			0,15 à 0,2			
— de Russie.			0,8 à 1,00			
96. COSTUS SPECIOSUS. . . . Racine sèche.	*Costuswurzel oel. Costus oil.*	*Aplotaxis Lappa* (Decaisne). Composées.	0,8 à 1	0,982 à 0,987	+15 à +16	»
97. CUBÈBE. . . . . Semences.	*Cubeben oel. Cubeb oil.*	*Piper cubeba* L. Piperacées.	10 à 18	0,910 à 0,93	—30 à —40	Dipentène, cadinène, camphre de cubèbe.
98. CULILABAN. . . . . Écorce.	*Culilavanoel. Culilaban oil.*	*Cimamomum culilavan* Nees. Laurinées.	3,5 à 4	1,051	«	Eugénol, méthyleugénol.
99. CUMIN. . . . . Fruits maltais.	*Cumin oel. Cumin oil.*	*Cuminum cyminum* L. Ombellifères.	3,5	0,89 à 0,93	+4 a 6	Cymène, aldéhyde cuminique.
— du Maroc.			3,0			
— des Indes orientales.			3 à 3,5			
— de la Syrie.			2,5 à 4			

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

NOM DE L'ESSENCE ET PARTIES DE LA PLANTE DONT ON L'EXTRAIT.	NOM ALLEMAND ET ANGLAIS.	NOM BOTANIQUE ET FAMILLE.	RENDEMENT POUR 100.	DENSITÉ A 15 DEGRÉS.	POUVOIR ROTATOIRE POUR LONG. 100mm.	CORPS DÉTERMINÉS DANS L'ESSENCE.
					Degrés.	
100. CUNILA . . . . . Herbe sèche.	*Cunila oel.* *Dittany oil, American.*	*Cunila mariana L.* Labiées.	0,7	0,915	»	Thymol.
101. CURCUMA . . . . . Rhizomes.	*Curcuma oel.* *Turmeric oil.*	*Curcuma longa* L. Zingibéracées.	5,2 à 5,4	0,94	»	Phellandrène.
102. CYPRÈS . . . . . Feuilles.	*Cypressen oel.* *Cypress oil.*	*Cupressus sympervirens* L. Conifères.	0,6 à 1,2	0,882 à 0,887	+4 à +6	Pinène.
103. DAMIANA. . . . . Feuilles sèches.	*Damiana oel.* *Damiana oil.*	*Turnera species.* Turnéracées.	0,9 à 1,0	0,94 à 0,99	—23,50	»
104. DILEM ou DILAM (1). . . Feuilles sèches.	*Dilemblatter oel.* *Pogostemon oil.*	*Pogostemon comosus* Miq. Labiées.	0,9	0,962	»	»
105. ELÉMI . . . . . Résine.	*Elemi oel.* *Elemi oil.*	*Canarium* Spec? Burséracées.	15 à 30	0,87 à 0,91	+45	Phellandrène. Dipentène.
106. ENCENS ou OLIBAN. . . Résine.	*Weihrauch oel.* *Frankincense oil.*	*Boswellia species.* Burseracées.	3 à 8	0,875 à 0,885	—14,35	Pinène, phellandrène, dipentène.
107. ERIGERON. . . . . Plante fleurie fraîche.	*Erigeronoel.* *Fleabane oil.*	*Erigeron canadensis* L. Composées.	0,3	0,855 à 0,89	+52	Limonène, terpinéol.
108. ESTRAGON. . . . . Herbe fraîche. Herbe sèche.	*Estragonoel.* *Estragon oil.*	*Artemisia dracunculus* L. Burséracées.	15 à 30	0,87 à 0,91	+2 à +9	Méthylchavicol ou estragol.
109. EUCALYPTUS. . . . . Feuilles.	*Eucalyptus oel.* *Eucalyptus oil.*	*Backousia citriodora* F. v. M. Myrtacées.	4,1	0,900	»	Citral.
110. EUCALYPTUS. . . . . Feuilles fraîches.	*Eucalyptus oel.* *Eucalyptus oil.*	*Eucalyptus amygdalina* Labill. Myrtacées.	3,3	0,855 à 0,89	—27 à —71	Phellandrène, cinéol.
111. EUCALYPTUS. . . . . Feuilles fraîches.	*Eucalyptus oel.* *Eucalyptus oil.*	*Eucalyptus Baileyana* F. v. M. Myrtacées.	0,9	0,89 à 0,94	»	Cinéol.
112. EUCALYPTUS. . . . . Feuilles.	*Eucalyptus oel.* *Eucalyptus oil.*	*Eucalyptus citridora* (Hook). *Eucalyptus maculata* Var. *citridora* (Herit). Myrtacées.	1 à 4	0,87 à 0,905	Inactive ou +2	Citronnellal, géraniol?
113. EUCALYPTUS. . . . . Feuilles fraîches. — sèches.	*Eucalyptus oel.* *Eucalyptus oil.*	*Eucalyptus de alba.* *Eucalyptus viminalis* (Labill.). Myrtacées.	2,7	0,885 0,946	»	Citronnellal.
114. EUCALYPTUS. . . . . Feuilles.	*Eucalyptus oel.* *Eucalyptus oil.*	*Eucalyptus dumosa.* Myrtacées.	»	0,88 à 0,915	+0,6 à +7	Cinéol.

(1) Bout entre 250° et 300°.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

NOM DE L'ESSENCE ET PARTIES DE LA PLANTE DONT ON L'EXTRAIT.	NOM ALLEMAND ET ANGLAIS.	NOM BOTANIQUE ET FAMILLE.	RENDEMENT POUR 100.	DENSITÉ A 15 DEGRÉS.	POUVOIR ROTATOIRE POUR LONG. 100mm.	CORPS DÉTERMINÉS DANS L'ESSENCE.
					Degrés.	
115. EUCALYPTUS. . . . . Feuilles fraîches.	*Eucalyptus oel.* *Eucalyptus oil.*	*Eucalyptus globulus* (Labill.). Myrtacées.	0,8	0,91 à 0,93	+1 à +20	Aldéhydes butyrique, valérianique, caproïque, alcools éthylique et amylique, pinène, cinéol.
— sèches.			1,6 à 3			
116. EUCALYPTUS. . . . . Feuilles fraîches.	*Eucalyptus oel.* *Eucalyptus oil.*	*Eucalyptus haemastoma* (Smith). Myrtacées.	1,8 à 1,9	0,88 à 0,89	»	Cymène, menthone? aldéhyde cuminique.
117. EUCALYPTUS (1) . . . Feuilles.	*Eucalyptus oel.* *Eucalyptus oil.*	*Eucalyptus maculata* Hook. Myrtacées.	»	0,900	»	Citronellal.
118. EUCALYPTUS. . . . . Feuilles fraîches.	*Eucalyptus oel.* *Eucalyptus oil.*	*Eucalyptus microcorys* F.v.M. Myrtacées.	1 à 2	0,896 à 0,935	»	Cinéol.
119. EUCALYPTUS. . . . . Feuilles fraîches.	*Eucalyptus oel.* *Eucalyptus oil.*	*Eucalyptus odorata* (Behr). Myrtacées.	1,4	0,90 à 0,925	»	Cinéol. Aldéhyde cuminique.
120. EUCALYPTUS. . . . . Feuilles fraîches.	*Eucalyptus oel.* *Eucalyptus oil.*	*Eucalyptus oleosa* F.v.M. Myrtacées.	1,25	0,905 à 0,93	—5 à —5	Cinéol. Aldéhyde cuminique.
121. EUCALYPTUS. . . . . Feuilles.	*Eucalyptus oel.* *Eucalyptus oil.*	*Eucalyptus Risdonia.* Myrtacées.	»	0,91 à 0,92	—4 à —5	Phellandrène. Cinéol.
122. EUCALYPTUS. . . . . Feuilles fraîches.	*Eucalyptus oel.* *Eucalyptus oil.*	*Eucaliptus rostrata* Schlechtd. Myrtacées.	0,09	0,915 à 0,93	0,5 à +13	Aldéhyde valérianique.
123. EUCALYPTUS. . . . . Feuilles.	*Eucalyptus oel.* *Eucalyptus oil.*	*Eucalyptus Staigeriana* F.v.M. Myrtacées.	2,75 à 3,7	0,88 à 0,905	»	Citral?
124. EUGÉNIA CHEKEN. . . . Feuilles.	*Chekenblatter oel.* *Chekenleaf oil.*	*Eugenia Cheken* Spreng. Myrtacées.	1	0,879	environ +20	Pinène, cinéol.
125. FENOUIL. . . . . *Semences :*	*Fenchel oel.* *Fennel oil.*	*Fœniculum vulg.* et *variétés* Gaertner. Ombellifères.				Pinène, phellandrène, dipentène, limonène.
françaises amères,			4,3	0,91 à 0,955	+22 à +48	Fénone, anéthol.
— douces,			2,5	0,976	7,50	
de Galicie,			4,5 à 6	0,964 à 0,975	+22 à +16	Tous ces constituants ne se rencontrent pas tous en même temps dans chaque essence de fenouil, certaines d'entre ces essences ne renferment par exemple pas de phellandrène, d'autres pas de fénone, d'autres enfin pas d'anéthol.
du Japon,			2,7	0,975 à 0,976	+10 à +16	
d'Asie Mineure (Alep),			0,75	0,987	—	
de Macédoine,			3,4 à 3,8	0,97 à 0,975	+6 à +12	
de Moravie,			4	0,965 à 0,975	+12 à +13	
de Milan,			4,2	0,957	—	
des Indes orientales,			1,2	0,973	—	
de Roumanie,			4,6	0,965 à 0,975	+14 à +16	
de Saxe,			4,4 à 5,5	0,965 à 0,975	+16 à +18	
de Syrie (Damas),			1,6	0,972	—	
d'Espagne,			»	0,920	—	

(1) Bout entre 160° et 200°.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

NOM DE L'ESSENCE ET PARTIES DE LA PLANTE DONT ON L'EXTRAIT.	NOM ALLEMAND ET ANGLAIS.	NOM BOTANIQUE ET FAMILLE.	RENDEMENT POUR 100.	DENSITÉ A 15 DEGRÉS.	POUVOIR ROTATOIRE POUR LONG. 100mm.	CORPS DÉTERMINÉS DANS L'ESSENCE.
					Degrés.	
126. Fenouil d'eau. . . . . Fruits.	*Wasserfenchel oel.* *Water fennel oil.*	*Œnanthephellandrum* L. K. Ombellifères.	1,1 à 1,6	0,860 à 0,890	»	Phellandrène.
127. Fenouil de Sicile. . . Fruits.	*Fenchel oel. Sicilian.* *Fennel oil. Sicilian.*	*Fœniculum piperitum* D.C. Ombellifères.	2,9	0,931	»	»
128. Galanga . . . . . Racine sèche.	*Galgant oel.* *Galanga oil.*	*Alpinia Galanga.* Sw. Zingibéracées.	0,5 à 1,5	0,915 à 0,925	— 1 à — 4	Cinéol.
129. Galbanum. . . . . Gomme-résine.	*Galbanum oel.* *Galbanum oil.*	*Peucedanum galbanifluum* (Baill.) et d'autres espèces. Ombellifères.	14 à 22	0,91 à 0,94	— 5 à + 20	Pinène, cadinène.
130. Gaulthéria. . . . . Feuilles.	*Wintergreen oel.* *Wintergreen oil.*	*Gaultheria procumbeus* L. Ericacées.	0,75	1,177 à 1,187	— 0,25	Salicylate de méthyle, alcool $C^8H^{16}O$, éther $C^{14}H^{24}O^2$.
131. Gayac . . . . . Bois.	*Guayacholzoel.* *Guajacum wood oil.*	Inconnu.	5 à 6	0,968 à 30	— 6,3 à 30	Alcool gayacique. L'essence est solide à la température ordinaire et est souvent appelée improprement essence de Champaca.
132. Genièvre. . . . . Fruits de Bavière.	*Wacholderbeer oel.* *Juniper-berry oil.*	*Juniperus communis* L. Conifères.	1 à 1,2	0,865 à 0,885	Inactive ou lévogyre jusqu'à — 18	Pinène, cadinène, camphre de genièvre.
— d'Italie.			1 à 1,5			
— de la Prusse orientale.			0,6			
— de Pologne.			0,9			
— de Thuringe.			0,7			
— de Hongrie.			0,8 à 1			
133. Genièvre de Smyrne. . Fruits.	*Wacholderbeer oel. smyrnaisches.* *Juniper-berry oil Smyrna.*	*Juniperus phœnicea* L. Conifères.	1	0,854	— 4,55	»
134. Géranium. . . . . Herbe fraîche d'Algérie.	*Géranium oel.* *Géranium oil.*	*Pelargonium species.* Geraniacées.	0,18	0,892 à 0,90	— 6,30 à 10	Teneur en éthers (calculée en tiglate de géranyle).
Herbe fraîche d'Allemagne.				0,906	— 16	Citronellol, géraniol et tiglates correspondants.
Herbe fraîche de France.				0,897 à 0,905	— 7,30 à — 9,30	19 à 29 0/0
Herbe fraîche de la Réunion.				0,889 à 0,893	— 8 à — 11	25 à 28 —
Herbe fraîche de l'Inde.						27 à 33 —
(Voir essence de Palmarosa).						
135. Gingembre . . . . . Rhizomes.	*Ingwer oel.* *Ginger oil.*	*Zingiber off.* Roxb. Zingibéracées.	2 à 3	0,875 à 0,885	— 26 à — 44	Camphène, phellandrène.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

NOM DE L'ESSENCE ET PARTIES DE LA PLANTE DONT ON L'EXTRAIT.	NOM ALLEMAND ET ANGLAIS.	NOM BOTANIQUE ET FAMILLE.	RENDEMENT POUR 100.	DENSITÉ A 15 DEGRÉS.	POUVOIR ROTATOIRE POUR LONG. 100mm.	CORPS DÉTERMINÉS DANS L'ESSENCE.
136. GIROFLE. . . . . Clous.	*Nelken oel.* *Clove oil.*	*Eugenia caryophyllata* (Thumb.) Myrtacées.	15 à 18	1,045 à 1,070	Degrés. jusqu'à —1,10	Alcool méthylique, furfurol, eugénol, acétyl eugénol. Caryophyllène. Méthyl amylcétone normale (heptanone 2 $C^7H^{14}O$).
137. GIROFLE. . . . . Tiges.	*Nelkenstiel oel.* *Clove oil.*	*Eugenia caryophyllata* (Thumb.) Myrtacées.	5,5 à 6	1,040 à 1,065	jusqu'à —1,20	Alcool méthylique, furfurol, eugénol. Caryophyllène.
138. GLECHOMA HEDERACEA. Herbe sèche.	*Gundermann oel.* *Ground Ivy oil.*	*Glecoma hederacea* L. Labiées.	0,03	0,925	»	»
139. GURJUM. . . . . Baume.	*Gurjun balsam oel.* *Gurjun-balsam oil.*	*Dipterocarpus spec.* Dipterocarpées.	jusqu'à 70	0,92 à 0,93	—35 à —106	»
140. HEDYCHIUM . . . . . Fleurs.	*Hedychium oel.* *Hedychium oil.*	*Hedychium coronarium* L. Zingibéracées.	»	0,869	—0,28	»
141. HELICRYSUM. . . . . Herbe fleurie.	*Helichrysum oel.* *Hélichrysum oil.*	*Helichrysum stœchas.* D. C. Composées.	»	0,873	»	Pinène?
142. HERACLEUM . . . . . Fruits.	*Heracleum oel.* *Heracleum oil.*	*Heracleum sphondylium* L. Ombellifères.	1 à 3	0,80 à 0,88	+0,15	Butyrate d'éthyle, acétates d'hexyle et d'octyle. Caproate d'octyle.
143. HOUBLON . . . . . Fleurs.	*Hopfenoel.* *Hop oil.*	*Humulus lupulus* L. Urticacées.	0,3 à 1	0,855 à 0,88	jusqu'à +0,40	Humulène, terpènes oléfiniques?
144. HOUBLON D'ESPAGNE OU ORIGAN DE CRÈTE. . . Herbe sèche.	*Spanisch Hopfen oel.* *Origanum oil, Crétian.*	*Origanum hirtum* L. Labiées.	2 à 3	0,94 à 0,98	Inactive ou faiblem. lévogyre	Cymène, carvacrol (60 à 85 p. 100.)
145. HOUBLON DE SMYRNE OU ORIGAN DE SMYRNE. . Herbe.	*Spanish Hopfen oel.* *Origanum oil, Cretian.*	*Origanum smyrnæum* L. Labiées.	»	0,915 à 0,945	—3 à —13	Cymène, carvacrol (30 à 60 p. 100), linalool.
146. HYSOPE. . . . . Herbe.	*Isop oel.* *Hyssop oil.*	*Hyssopus off.* L. Labiées.	0,3 à 0,9	0,925 à 0,94	—19 à —23	»
147. IMPÉRATOIRE (1) . . . . Racine sèche.	*Meisterwurzel oel.* *Master wort oil.*	*Imperatoria osthrutium* L. Ombellifères	0,9	0,877	»	»
148. INDIGOFERA . . . . . Herbe fraîche.	*Indigofera oel.* *Indigofera oil.*	*Indigofera galegoïdes.* Papillionacées.	0,2	1,046	»	Alcools méthylique, éthylique? aldéhyde benzoïque, acide cyanhydrique.
149. IRIS . . . . . Racine sèche.	*Iris oel.* *Orris-root oil.*	*Iris germanica* L. *Iris pallida* Lam. *Iris florentina* L. Iridées.	0,10 à 0,20	»	»	Irone, acides myristique et oléique, leurs éthers méthyliques, aldéhyde oléique.

(1) Bout entre 170° et 190°.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

NOM DE L'ESSENCE ET PARTIES DE LA PLANTE DONT ON L'EXTRAIT.	NOM ALLEMAND ET ANGLAIS.	NOM BOTANIQUE ET FAMILLE.	RENDEMENT POUR 100.	DENSITÉ A 15 DEGRÉS.	POUVOIR ROTATOIRE POUR LONG. 100mm.	CORPS DÉTERMINÉS DANS L'ESSENCE.
					Degrés.	
150. IVA. . . . . Herbe fleurie sèche.	*Iva oel.* *Iva oil.*	*Achillea moschata* L. Composées.	»	0,932	»	Cinéol. Essence d'une couleur bleue.
151. JABORANDI . . . . . Feuilles sèches.	*Jaboraudi oel.* *Jaborandi oil.*	*Pilocarpus pennatifolius* Lem. Rutacées.	0,4	0,875	»	Dipentène?
152. KAEMPFERIA. . . . . Racines.	*Kaempferia oel.* *Kaempferia oil.*	*Kaempferia rotunda* L. Zingibéracées.	0,2	0,945	+13,4	Cinéol.
153. KURO MOJI . . . . . Feuilles et jeunes pousses.	*Kuromoji oel.* *Kuromoji oil.*	*Lindera cericea* Bl. Laurinées.	»	0,89 à 0,915	—0,4	Limonène, dipentène, terpinéol, carvone.
KESSO, voir *Valériane.*						
154. LADANUM (1). . . . . Gomme-résine.	*Ladanum oel.* *Ladanum oil.*	*Cistus creticus* L. Cistacées.	0,9	1,011	»	»
155. LANTANA . . . . . Herbe.	*Lantana oel.* *Lantana oil.*	*Lantana camara* L. Verbénacées.	»	0,952	0,24	»
156. LAURIER . . . . . Bois.	*Lorbeer oel.* *Laurel-berry oil.*	*Laurus nobilis* L. Laurinées.	0,8	0,925	»	Pinène, cinéol.
157. LAURIER . . . . . Feuilles.	*Lorbeerblätter oel.* *Laurel oil.*	*Laurus nobilis* L. Laurinées.	1 à 2,5	0,92 à 0,093	—15 à —18	Pinène, cinéol.
158. LAURIER DE CALIFORNIE. Feuilles.	*Lorbeer oel Calif.* *Laurel oil Calif.*	*Oreodaphne Californica* (Nees) Laurinées.	»	0,947	»	Cinéol.
159. LAURIER-CERISE . . . . Feuilles fraîches.	*Kirschlorbeer oel.* *Cherry-laurel oil.*	*Prunus laurocerasus* L. Amygdalinées	0,5	1,054 à 1,066	Inactive	Aldéhyde benzoïque, alcool benzylique? acide cyanhydrique.
160. LAVANDE . . . . . Sommités fleuries. Essence française.	*Lavendel oel.* *Lavender oil.*	*Lavendula vera* D. C. Labiées.	»	0,885 à 0,895	—3 à —9	Traces de pinène et de cinéol, linalool, acétate de linalyle (30 à 45 p. 100), géraniol (?) sesquiterpène (?)
— anglaise.	»	»	»	0,885 à 0,90	—7 à —9	Beaucoup de cinéol, limonène, acétate de linalyle (7 à 10 p. 100), sesquiterpène.
— espagnole.	»	»	»	0,912 à 0,916	+13,2 à +16,25	Teneur en éthers 3 à 4 p. 100, alcools titrés 44 à 50 0/0. Bornéol.
161. LAVANDE . . . . . Fleurs.	*Lavendel oel.* *Lavender oil.*	*Lavendula dentata* L. Labiées.	»	0,926	»	Cinéol.

(1) Abandonne des cristaux à la longue.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

NOM DE L'ESSENCE ET PARTIES DE LA PLANTE DONT ON L'EXTRAIT.	NOM ALLEMAND ET ANGLAIS.	NOM BOTANIQUE ET FAMILLE.	RENDEMENT POUR 100.	DENSITÉ A 15 DEGRÉS.	POUVOIR ROTATOIRE POUR LONG. 100mm.	CORPS DÉTERMINÉS DANS L'ESSENCE.
					Degrés.	
161 *bis.* LAVANDE (1). . . . Fleurs.	*Lavendel oel. Lavander oil.*	*Lavendula Stœchas* L. Labiées.	»	0,942	»	Cinéol.
162. LEDON (2). . . . . Feuilles. Sommités fleuries.	*Porsch oel. Marsh-tea oil.*	*Ledum palustre* L. Ericacées.	0,3 à 0,4 1,2	0,932 0,963	»	Camphre de Lédon.
163. LEMONGRASS. . . . . Herbe.	*Lemongrass oel. Lemongrass oil.*	*Andropogon citratus* D. C. Graminées.	»	0,895 à 0,905	+1 à —3	Méthylhepténone, citral, géraniol.
164. LIMETTE DES INDES ORIENTALES . . . . . Zestes frais.	*Limettoel West Indian. Lime oil West Indian.*	*Citrus medica.* Var. *acida, Broudis.* Rutacées.	»	0,880 à 0,885	+35 à +40	Limonène, citral.
165. LIMETTE D'ITALIE. . . . Zestes frais.	*Limett oel Ital. Lime oil Italian.*	*Citrus Limetta* Risso. Rutacées.	»	0,872	+58,15	Limonène, linalool, acétate de linalyle 26 p. 100.
166. LINALOË (Guyane). . . Bois.	*Linaloe oel, Guy. Linaloe oil, Guy.*	*Bursera species.* Burséracées.	1	0,87 à 0,88	—15 à —16	Méthylhepténone, linalool, géraniol.
167. LINALOË (Mexique) . . Bois.	*Linaloe oel, Mex. Linaloe oil, Mex.*	*Bursera species.* Burséracées.	7 à 9	0,875 à 0,895	—5 à —12	Méthylhepténone, linalool, géraniol.
168. LIVÈCHE. . . . . Plante fraîche.	*Liebstock kraut oel. Lovage oil.*	*Levisticum off.* K. Ombellifères.	0,1 à 0,2	0,92 à 0,945	+35 à +45	»
169. LIVÈCHE. . . . . Semences.	*Liebstocksamen-oel. Lovage oil.*	*Levisticum off.* K. Ombellifères.	1 à 2	0,935	»	»
170. LIVÈCHE. . . . . Racines.	*Liebstockwurzel-oel. Lovage oil.*	*Levisticum off.* K. Ombellifères.	0,3 à 1	1,0 à 1,04	+3 à +5	Terpinéol droit (+ 79° 18' à 22°).
171. LYCOPUS . . . . . Herbe sèche.	*Lycopus oel. Bugle weed oil.*	*Lycopus virginicus* Mich. Labiées.	0,75	0,924	»	»
172. MACIS . . . . . Arilles.	*Macisoel. Mace oil.*	*Myristica fragrans* Houtt. Myristiacées.	4 à 15	0,91 à 0,93	+10	Pinène, myristicène.
173. MANDARINES. . . . . Zestes frais.	*Mandarenin oel. Mandarin oil.*	*Citrus madurensis* Loureiro. Rutacées.	»	0,854 à 0,858	+65 à +75	Limonène droit, citral, citronnelal?
174. MARJOLAINE. . . . . Herbe sèche. — fraîche.	*Marjoran oel. Majoram oil, sweet.*	*Origanum majorana* L. Labiées.	0,3 à 0,4 0,7 à 0,9	0,89 à 0,91	+15 à +18	»
175. MASSOY. . . . . Ecorce.	*Massoyrinden oel. Massoybark oil.*	*Massoia aromatica* (Beccari). Laurinées.	6,5 à 8	0,877	»	Pinène, limonène, dipentène, eugéniol, safrol.
176. MASTIC. . . . . Résine.	*Mastix oel. Mastix oil.*	*Pistacia lentiscus* L. Anacardiacées.	0,9 à 2,5	0,855 à 0,87	+22 à +27	»

(1) Bout entre 170° et 200°. — (2) Bout entre 180° et 250°.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

NOM DE L'ESSENCE ET PARTIES DE LA PLANTE DONT ON L'EXTRAIT.	NOM ALLEMAND ET ANGLAIS.	NOM BOTANIQUE ET FAMILLE.	RENDEMENT POUR 100.	DENSITÉ A 15 DEGRÉS.	POUVOIR ROTATOIRE POUR LONG. 10 mm.	CORPS DÉTERMINÉS DANS L'ESSENCE.
					Degrés.	
177. MATICO. . . . . Feuilles sèches. — et fleurs.	*Maticooel.* *Matico oil.*	*Piper angustifolium* (Ruiz et Pavon). Pipéracées.	1 à 3,5 3,5 à 5,5	0,93 à 1,07 1,132	+5,34	Camphre de matico.
178. MELALEUCA . . . . . Feuilles.	*Melaleuca oel.* *Melaleuca oil.*	*Melaleuca acuminata* F.v.M.	»	0,892	—15,20	Cinéol, terpinéol.
		Melaleuca leucadendron. Var. *lancifolia.*		0,955	— 3,38	
		Melal. uncinata (Rob. Brown.) Myrtacées.		0,925	+1,40	
179. MÉLISSE. . . . . Herbe fraîche.	*Melissen oel.* *Melissa oil.*	*Melissa officinalis* L. Labiées.	0,015 à 0,1	0,89 à 0,925	+0,30 à —6,30	Citral, citronellal?
180. MENTHE AQUATIQUE . . Herbe sèche.	*Mentha oel.* *Mint oil.*	*Mentha aquatica* L. Labiées.	0,34	0,880	—2,14	»
181. MENTHE. . . . . Herbe sèche.	*Mentha oel.* *Mint oil.*	*Mentha arvensis* L. Labiées.	0,22	0,857	—2,44	»
182. MENTHE DU CANADA . . Herbe sèche.	*Mentha oel.* *Mint oil.*	*Mentha Canadensis* L. Labiées.	1,23	0,943	»	»
183. MENTHE POIVRÉE. . . . Herbe d'Amérique.	*Pfefferminz oel.* *Peppermint oil.*	*Mentha piperita* L. Labiées.		0,91 à 0,92	—25 à 33	Aldéhydes acétique et isovalérianique, sulfure de méthyle, alcool amylique, acide isovalérianique, pinène, phellandrène, cinéol, limonène, menthol, acétate et isovalérianate de menthol, menthone, cadinène, lactone $C^{10}H^{16}O^2$.
— d'Allemagne fraîche.			0,1 à 0,25	0,90 à 0,915	—25 à —32	On n'a caractérisé jusqu'à présent que le menthol avec ses éthers et la menthone. Il est cependant probable que ces essences renferment la majeure partie des composés qui font partie constituante de l'essence américaine.
— d'Allemagne sèche.			0,5 à 1,5	0,905 à 0,915	—25 à —32	
— d'Angleterre.				0,900 à 0,910	—22 à —31	
— de France.				0,900 à 0,92	—8 à —30	
— d'Italie.				0,91 à 0,925	—13 à —18	
— de Norvège.				0,908	—23 à —24	
— de Russie.				0,900 à 0,905	—21	Pinène (?), menthène (?), limonène, menthol, menthone.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

NOM DE L'ESSENCE ET PARTIES DE LA PLANTE DONT ON L'EXTRAIT.	NOM ALLEMAND ET ANGLAIS.	NOM BOTANIQUE ET FAMILLE.	RENDEMENT POUR 100.	DENSITÉ A 15 DEGRÉS.	POUVOIR ROTATOIRE POUR LONG. 100mm.	CORPS DÉTERMINÉS DANS L'ESSENCE.
184. MENTHE POIVRÉE DU JAPON. . . . . Herbe.	*Pfefferminz oel Japan. Peppermint oil, Japan.*	*Mentha arvensis.* Var. *piperascens* (Holmes). Labiées.	»	0,895 à 0,905	Degrés. —26 à —42	Menthol et ses éthers, menthone.
185. MENTHE POULIOT. . . . Herbe.	*Poleï oel. Penny royal oil.*	*Mentha pulegium* L. Labiées.	»	0,93 à 0,96	+17 à +23	Pulégone.
186. MENTHE VERTE OU MENTHE CRÉPUE . . . . Herbe fraîche.	*Krauseminz oel. Spearmint oil.*	*Mentha viridis* L. Labiées.	0,3	0,92 à 0,98	jusqu'à 43	Carvone.
187. MEUM ATHAMANTICUM (1). Racines sèches.	*Bärwurzel oel. Mew oil.*	*Meum athamanticum* (Jacq.) Ombellifères.	0,67	1,005	»	»
188. MILLEFEUILLES. . . . . Herbe fleurie fraîche.	*Schafgarben oel. Milfoil oil.*	*Achillea millefolium* L. Composées.	0,07 à 0,13	0,905 à 0,925	»	Cinéol.
189. MICHELIA (2) . . . . . Fleurs.	*Michelia oel. Michelia oil.*	*Michelia longifolia* Bl. Magnoliacées.	»	0,883	—12,50	»
190. MONARDE . . . . . Plante entière.	*Monarden oel. Horse mint oil.*	*Monarda punctata* L. Labiées.	3,3	0,93 à 0,94	faiblem. dextrogyre	Cymène, thymol.
191. MOUTARDE . . . . . Graines.	*Senfoel. Mustard oil.*	*Brassica nigra* K. *Brassica juncea* Y. Hoock et Thoms. Crucifères.	»	1,015 à 1,030	Inactive	Isosulfocyanate d'allyle, cyanure d'allyle, sulfure de carbone.
192. MUSCADE . . . . . Fruits.	*Muskatnuss oel.*	*Myristica fragrans* Houtt. Myristicacées.	8 à 15	0,865 à 0,920	+14 à +30	Pinène, myristicine.
193. MYRRHE. . . . . Résine.	*Myrrhenoel. Myrrh oil.*	*Commiphora Abyssinica* (Engl.) et autres espèces Burséracées.	2,5 à 8,5	0,985 à 1,01	jusqu'à —76	»
194. MYRTE . . . . . Feuilles.	*Myrthenoel. Myrtle oil.*	*Myrtus communis* L. Myrtacées.	»	0,985 à 0,915	+10 à +25	Pinène, dipentène, cinéol.
195. NARD CELTIQUE . . . . Racines.	*Speik oel. Valerian oil.*	*Valeriana celtica* L. Valérianées	1,5 à 1,75	0,967	»	»
196. NEROLI. . . . . Fleurs fraîches d'oranges amères.	*Orangenbluthenoel bitter. Neroli oil bitter.*	*Citrus bigaradia.* Risso. Rutacées	0,1	0,870 à 0,885	jusqu'à 10	Limonène, linalool, acétate de linalyle, géraniol, paraffine.
197. NEROLI. . . . . Fleurs fraîches d'oranges douces.	*Orangenbluthenoel, süss. Neroli oil sweet.*	*Citrus aurantium.* Risso. Rutacées.	0,1	0,87 à 0,89	+16 à +29	»

(1) Bout entre 170° et 300°. — (2) V. aussi Champaca.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

NOM DE L'ESSENCE ET PARTIES DE LA PLANTE DONT ON L'EXTRAIT.	NOM ALLEMAND ET ANGLAIS.	NOM BOTANIQUE ET FAMILLE.	RENDEMENT POUR 100.	DENSITÉ A 15 DEGRÉS.	POUVOIR ROTATOIRE POUR LONG. 100mm.	CORPS DÉTERMINÉS DANS L'ESSENCE.
					Degrés.	
198. NIGELLE. . . . . Semences.	*Nigella oel.* *Nigella oil.*	*Nigelle damascena* L. Renonculacées.	0,5	0,906	»	Damascénine.
199. NIGELLE CULTIVÉE . . . Semences.	*Nigella oel.* *Nigella oil.*	*Nigella sativa* L. Renonculacées.	0,46	0,875	+1,26	»
200. NOYER (feuilles de) (1).	*Nussbaumblätter oel.*	*Juglans regia* L. Juglandacées.	0,03	»	»	»
201. OIGNON. . . . . Herbe fraîche avec bulbe.	*Zwiebel oel.* *Onion oil.*	*Allium cepa* L. Liliacées.	0,004	1,040	—5	$C^6H^{12}S^2$.
202. OPOPANAX. . . . . Résine.	*Opopanax oel.* *Opopanax oil.*	*Balsamodendron Kafal* (Kunth). Burséracées.	6 à 10	0,86 à 0,91	—10 à +43	»
203. ORANGES AMÈRES. . . . Zestes frais.	*Pomeranzen oel (bitter).* *Orange oil (bitter).*	*Citrus bigaradia.* Risso. Rutacées.	»	0,848 à 0,852	+92 à +98	Limonène.
204. ORANGES DOUCES. . . . Zestes frais.	*Pomeranzen oel (süss).* *Orange oil, (sweet).*	*Citrus aurantium* Risso. Rutacées.	«	0,848 à 0,852	+96 à +98	Limonène, citral.
205. ORIGAN. . . . . Herbe sèche.	*Dosten oel.* *Marjoram oil, wild.*	*Origanum vulg.* L. Labiées.	0,24	0,893	»	»
206. PALMAROSA . . . . . Herbe.	*Palmarosa oel.* *Palmarosa oil.*	*Andropogon schœnanthus* L. Graminées.	»	0,888 à 0,896	—1,40 à +1,45	Méthylhepténone, dipentène, acétate de géranyle, caproate de géranyle, geraniol.
207. PARACOTO (Écorce) . .	*Paracotorindenoel.* *Paracotobark oil.*	Inconnu.	1,5	1,018	+5,40	Méthyleugénol, cadinène.
208. PARADIS (Graines de) .	*Paradieskörner oel.*	*Amomum melegueta* (Roscoe).	0,75	0,894	—3,58	»
209. PASTINACA SATIVA (Panais) . . . . . Semences.	*Pastinac oel.* *Pastinac oil.*	*Pastinaca sativa* L. Ombellifères.	1,5 à 2,5	0,87 à 0,89	—0,15 à —0,30	Alcool éthylique, propionate et butyrate d'octyle.
210. PATCHOULI . . . . . Feuilles sèches.	*Patchouli oel.* *Patchouly oil.*	*Pogostemon Patchouli* Pillot. Labiées.	1,5 à 4	0,975 à 0,995	—50 à —65	Cadinène, camphre de patchouli.
211. PERSIL . . . . . Plante fraîche.	*Petersilienkraut oel.* *Parsley oil.*	*Petroselinum sativum* Hoffmann. Ombellifères.	0,02 à 0,08	0,923 à 0,924	+0,16 à +3,10	»
212. PERSIL . . . . . Racine fraîche. . . .	*Pertersilienwurzel oel.* *Parsley oil.*	*Id.*	0,54	1,012	+1,24	»
213. PERSIL . . . . . Semences.	*Petersiliensamen oel.* *Parsley oil.*	*Id.*	2 à 6	1,05 à 1,10	—7,20	Pinène, apiol.

(1) Solide à la température ordinaire.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

NOM DE L'ESSENCE ET PARTIES DE LA PLANTE DONT ON L'EXTRAIT.	NOM ALLEMAND ET ANGLAIS.	NOM BOTANIQUE ET FAMILLE.	RENDEMENT POUR 100.	DENSITÉ A 15 DEGRÉS.	POUVOIR ROTATOIRE POUR LONG. 100mm.	CORPS DÉTERMINÉS DANS L'ESSENCE.
214. Petit Grain . . . . . Fruits non mûrs, feuilles et bourgeons.	*Petit-grain oel.* *Petit-grain oil.*	*Citrus bigaradia* Risso. Rutacées.	»	0,887 à 0,900	Degrés. —1,20 à +3,43	Limonène, linalool, acétate de linalyle, sesquiterpène.
215. Peucedanum. . . . . Fruits.	*Peucedanum oel.* *Peucedanum oil.*	*Peucedanum* Grande. C. B. Clarke. Ombellifères.	»	0,900	+36	»
216. Peucedanum. . . . . Racine fraîche.	*Peucedanum oel.* *Peucedanum oil.*	*Peucedanum off.* L. Ombellifères.	0,2	0,902	+29,4	»
217. Peuplier (Bourg. de).. Bourgeons.	*Pappelknospen oel.* *Poplar oil.*	*Populus nigra* L. Salicinées.	0,3 à 0,5	0,90 à 0,905	»	»
218. Piment . . . . . Fruits.	*Piment oel.* *Allspice oil.*	*Pimenta off.* Berg. Myrtacées.	»	1,04 à 1,055	jusqu'à —4	Eugénol, sesquiterpène.
219. Pimprenelle. . . . . Racine sèche.	*Pimpinell oel.* *Pimpinella oil.*	*Pimpinella saxifragia* L. Ombellifères.	»	0,959	»	»
220. Pin pumilio. . . . . Feuilles et jeunes pousses.	*Latschenkiefer oel.* *Pine-needle oil.*	*Pinus pumilio* Haenke. Conifères.	0,2 à 0,8	0,865 à 0,875	—4,30 à —9	Pinène, phellandrène, sylvestrène, acétate de bornyle (4 à 7 p. 100), sesquiterpène.
221. Pin sylvestre. . . . . Aiguilles d'Allemagne	*Kiefernadel oel.* *Pine-needle oil.* *Fir oil.*	*Pinus sylvestris* L. Conifères.	0,45 à 0,55	0,884 à 0,886	+7 à +10	Cadinène. Pinène, sylvestrène, dipentène (?), acétate de bornyle.
— de Suède.			0,13 à 0,5	0,872	+10,40	
— d'Ecosse.				0,885 à 0,889	—7,45 à —19	Pinène, sylvestrène, acétate de bornyle?
— d'Amérique.			0,8	0,884	—24,8 à —18	Acétate de bornyle?
222. Pin vulgaire . . . . . Aiguilles.	*Fichten nadel oel.* *Pine needle oil.*	*Pinus vulgaris*, L. K. Conifères.	0,15	0,888	—21,40	Pinène, phellandrène, dipentène, acétate de bornyle, cadinène.
223. Poivre du Japon . . . Fruits.	*Pfeffer oel (Japanisches).* *Pepper oil (Japanese).*	*Xanthoxylum piperitum.* D. C. Piperacées.	3,16	0,973	»	Citral.
224. Poivre long (1). . . . Fruits.	*Pfeffer oel.* *Pepper oil.*	*Piper longum* L. Piperacées.	»	0,861	»	»
225. Poivre noir. . . . . Fruits.	*Pfeffer oel.* *Pepper oil.*	*Piper nigrum.* Piperacées.	1 à 2,3	0,880 à 0,905	—5	Phellandrène.
226. Pouliot d'Amérique. . Feuilles sèches.	*Polei oel Americ.* *Pennyroyal oil, Americ.*	*Hedeoma pulegium* L. Labiées.	»	0,925 à 0,94	+18 à +22	Hedeomol ($C^{10}H^{18}O$) pulégone.
227. Pycnanthemum . . . . Plante sèche.	*Pycnanthemum-oel.* *Mountain mint oil.*	*Pycnanthemum incanum* Mich. Labiées.	0,98	0,935	»	»

(1) Bout entre 250° et 300°.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

NOM DE L'ESSENCE ET PARTIES DE LA PLANTE DONT ON L'EXTRAIT.	NOM ALLEMAND ET ANGLAIS.	NOM BOTANIQUE ET FAMILLE.	RENDEMENT POUR 100.	DENSITÉ A 15 DEGRÉS.	POUVOIR ROTATOIRE POUR LONG. 100mm.	CORPS DÉTERMINÉS DANS L'ESSENCE.
					Degrés.	
228. PYRÈTHRE. . . . . Plante fleurie fraîche. — sèche.	*Pyrethrum oel.* *Pyrethrum oil.*	*Pyrethrum parthenium* Sm. Composées.	0,068 0,028	0,905 à 0,96	»	Camphre? bornéol.
229. PYRÈTHRE INDIEN (Kiku). Feuilles (1).	*Kiku oel.* *Kiku oil.*	*Pyrethrum indicum* Cass. Composées.	»	0,885	»	»
230. QUÏPITA (Bois de) . . . Bois.	*Quipitaholzoel.* *Quipita oil.*	Inconnu.	1	0,934	—34,31	»
231. RÉSÉDA (2) . . . . . Fleurs.	*Reseda blüthen oel.* *Mignonette oil.*	*Reseda odorata* L. Résédacées.	0,002	»	»	»
232. RÉSÉDA. . . . . Racines fraîches.	*Reseda wurzel oel.* *Mignonette oil.*	*Reseda odorata* L. Résédacées.	0,01 à 0,04	1,01 à 1,09	+1,30	Isosulfacyanate de phényléthyle.
233. ROMARIN . . . . . Feuilles de France. — d'Italie.	*Rosmarin oel.* *Rosemary oil.*	*Rosmarmus off.* L. Labiées.	»	0,90 à 0,916 0,90 à 0,900	+1,30 +22 +0,45à4,30	Pinène, cinéol, camphre, bornéol.
234. ROSES . . . . . Feuilles fraîches allemandes. — fraîches bulgares. — fraîches françaises.	*Rosen oel.* *Rose oil.*	*Rosa damascena* Mill. Rosacées.	0,02	0,845 à 0,855 à 30 0,856 à 0,867 à 20 0,8225 à0,8407 à30	+1 à +1 jusqu'à +4 —6,45 à —8,30	Géraniol, citronnellol, paraffine.
235. RUE (3). . . . . Herbe.	*Rauten oel.* *Rue oil.*	*Ruta graveolens* L. Rutacées.	»	0,833 à 0,840	+0,13 à 2,10	Méthylnonylcétone.
236. SABINE . . . . . Rameaux.	*Sadebaum oel.* *Savin oil.*	*Junipérus sabina* L. Conifères.	4 à 5	0,91 à 0,925	+45 à +60	Pinène, cadinène.
237. SANTAL (Bois de) . . . Bois des Indes orient. — des Indes de Macassar.	*Sandelholz oel.* *Sandal wood oil.*	*Santalum album* L. Santalacées.	3 à 5 1,6 à 3	0,975 à 0,98	—17 à —20	Santalol.
238. SANTAL D'AUSTRALIE . . Bois.	*Sandelholz oel Austr.* *Sandal wood oil, Austr. (Swan River).*	*Santalum cygnorum* Miq. Santalacées.	»	0,953	+5,20	»
239. SANTAL D'AUSTRALIE (4). Bois.	*Sandelholz oel, Austr.* *Sandalwood oil, Austr.*	*Santalum Preissianum* Miq. Santalacées	5	1,022	»	Alcool $C^{15}H^{24}O$.
240. SANTAL DES INDES OCCIDENTALES . . . . . Bois.	*Sandelholzoel, Westind.* *Sandal wood oil. West. Ind.*	Inconnu.	1,5 à 3,5	0,963 à 0,967	+24 à +29	»
241. SAPIN DU CANADA . . . Aiguilles et jeunes pousses.	*Hemlocktannenoel.* *Hemlock-spruce oil.*	*Abies Canadensis.* Mich. Conifères.	»	0,907	—20 à —26	Pinène, camphène, acétate de bornyle, sesquiterpène.

(1) Bout de 165° à 175°. — (2) Solide à la température ordinaire. — (3) Se solidifie de +9° à +10°. — (4) Se solidifie à la température ordinaire.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

NOM DE L'ESSENCE ET PARTIES DE LA PLANTE DONT ON L'EXTRAIT.	NOM ALLEMAND ET ANGLAIS	NOM BOTANIQUE ET FAMILLE	RENDEMENT POUR 100.	DENSITÉ A 15 DEGRÉS.	POUVOIR ROTATOIRE POUR LONG. 100mm.	CORPS DÉTERMINÉS DANS L'ESSENCE.
					Degrés.	
242. Sapin. . . . . Aiguilles.	*Edeltannen (nadel oel). Pine needle oil.*	*Abies pectinata* D. C. Conifères.	»	0,865 à 0,875	—20 à —60	Pinène, limonène, acétate de bornyle (4,5 à 7 p. 100), sesquiterpène.
243. Sapin (bourgeons). . . Jeunes cônes.	*Edeltannen (zapfen oel). Pine cone oil.*	*Abies pectinata* D. C. Conifères.	»	0,855 à 0,87	—60 à —80	Pinène, limonène, éther $C^{10}H^{17}O$ C^2H^3O, 0,5 à 3 p. 100.
244. Sapin balsamique . . . Aiguilles.	*Balsam tannen-oel. Balsam fir oil.*	*Abies balsamea* Miller. Conifères.	»	0,894	—29,2	Pinène? acétate de bornyle.
245. Sapin de Sibérie. . . . Aiguilles.	*Tannen nadel oel, Sibir. Pine needle oil, Sibérian.*	*Abies Sibirica.* Conifères.	»	0,91 à 0,92	—40 à —45	Acétate de bornyle.
246. Sarriette des jardins. Herbe fraîche.	*Satureja oel, Bohnenkraut oder Pfefferkraut oel. Satureya (savory) oil.*	*Satureja hortensis* L. Labiées.	0,1	0,913 à 0,924	»	Carvacrol, cymol.
247. Sarriette des montagnes . . . . . Herbe fraîche.	*Satureja oel. Satureja oil.*	*Satureja montana* L. Labiées.	0,18	0,939	—2,35	Carvacrol.
248. Sarriette. . . . . Herbe.	*Satureja oel. Satureja oil.*	*Satureja thymbra* L. Labiées.	»	0,906	»	Pinène, cymène, dipentène, acétate de bornyle.
249. Sassafras . . . . . Feuilles.	*Sassafrasblätter-oel. Sassafras oil.*	*Sassafras off.* Nees. Laurinées.	0,028	0,872	—6,25	»
250. Sassafras . . . . . Écorces de racines.	*Sassafras rinde oel. Sassafras oil.*	*Sassafras off.* Nees. Laurinées.	7 à 8	1,065 à 1,095	1 +4	Pinène, phellandrène, camphre, safrol, eugénol, sesquiterpène.
251. Sauge . . . . . Feuilles sèches.	*Salbei oel. Sage oil.*	*Salvia off.* L. Labiées.	1,5 à 2,5	0,915 à 0,980	—17 à —19	Pinène, cinéol, thuyone, bornéol.
252. Sauge musquée . . . . Feuilles.	*Salbei oel, muscateller. Sage oil (Clarry).*	*Salvia sclarea* L. Labiées.	0,15	0,928	—24,1	Acétate de linalyle.
253. Schinus molle. . . . . Poivrier d'Amérique, du Pérou, des Espagnols. Baies.	*Schinus molle. Schinus (Pepper tree) oil.*	*Schinus molle* L.	5,2	0,850	+46,4	Phellandrène, droit et gauche, carvacrol, pinène?
254. Serpolet . . . . . Herbe sèche.	*Feldthymian oel. Thyme oil, Wild.*	*Thymus serpyllum* L. Labiées.	0,15 à 0,6	0,905 à 0,93	—1 à —11	Cymène, carvacrol, thymol.
255. Silaus . . . . . Fruits.	*Silaus oel. Silaus oil.*	*Silaus pratensis* Bess. Ombellifères.	1,4	0,982	+0,7	»

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

NOM DE L'ESSENCE ET PARTIES DE LA PLANTE DONT ON L'EXTRAIT.	NOM ALLEMAND ET ANGLAIS.	NOM BOTANIQUE ET FAMILLE.	RENDEMENT POUR 100.	DENSITÉ A 15 DEGRÉS.	POUVOIR ROTATOIRE POUR LONG. 100mm.	CORPS DÉTERMINÉS DANS L'ESSENCE.
					Degrés.	
257. SOLIDAGO DU CANADA. . Herbe fleurie fraîche.	*Golden-ruthen oel Can. Golden-rod oil, Can.*	*Solidago canadensis* L. Composées.	0,63	0,859	—11,10	»
258. SOLIDAGO . . . . . Herbe.	*Goldenruthen oel. Goldenrod oil.*	*Solidago odorata* Ait. Composées.	»	0,963	»	»
259. STORAX. . . . . Baume.	*Storax oel. Storax oil.*	*Liquidambar orientalis* Mill. Hamamalidacées.	0,4 à 1	0,89 à 1,06	—15,40	Styrol, éthers cinnamiques.
260. SUMBUL. . . . . Racine sèche.	*Moschus wurzel oel. Musk-root oil.*	*Ferula sumbul* Hook. Ombellifères.	0,2 à 0,4	0,95 à 0,965	»	«
261. TANAISIE . . . . . Herbe fraîche. — sèche.	*Rainfarn oel. Tansy oil.*	*Tanacetum vulgare* L. Composées.	0,1 à 0,2 0,2 à 0,3	0,925 à 0,950	+30 à +45 anglaise —27,27	Thuyone, camphre, bornéol.
262. TANAISIE DES JARDINS (Balsamite) (1). . . Herbe fraîche.	*Balsam kraut oel. Balsam Tansy oil.*	*Tanacetum balsamita* L. Composées.	0,064	0,943	—53,48 à 16	»
263. TETRANTHERA . . . . . Fruits.	*Tetranthera oel. Tetranthera oil.*	*Tetranthera Citrata* Nees. Laurinées.	5,5	0,895 à 0,98	»	Citral.
264. TÉRÉBENTHINE D'AMÉRIQUE. . . . . Résine.	*Terpentin oel Amer. Turpentine oil Amer.*	*Pinus Australis* Mich. *Pinus taeda* L. Conifères.	»	0,855 à 0,870	jusqu'à +10, rarement lévogyre	Pinène.
265. TÉRÉBENTHINE . . . . . d'Allemagne, de Pologne, de Russie, de Suède, Bois des racines.	*Terpentin oel. Turpentin oil.*	*Pinus sylvestris* L. Conifères.	»	0,865 à 0,870	+16 à +20	Pinène, sylvestrène.
266. TÉRÉBENTHINE D'AUTRICHE. . . . . Résine.	*Terpentin oel, österr. Turpentine oil, Austrian.*	*Pinus laricio* Poir. Conifères.	»	0,866	+3,46	Pinène.
267. TÉRÉBENTHINE CHIO. . . Résine.	*Terpentin oel, Chio. Turpentine oil, Chios.*	*Pistacia terebenthus* L. Anacordiacées.	14	0,862 à 0,868	+11,51 à +19,45	»
268. TÉRÉBENTHINE FRANÇAISE Résine.	*Terpentin oel, Franz. Turpentine oil, French.*	*Pinus pinaster* Col. Conifères.	16	0,855 à 0,875	—20 à —40	Pinène.
269. TÉRÉBENTHINE DE VENISE. Résine.	*Terpentin oel, Venetian. Terpentine oil, Venetian.*	*Larix europea.* D. C. Conifères.	13 à 14	0,875	—11	Pinène.

(1) Indice de saponification, 21.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

NOM DE L'ESSENCE ET PARTIES DE LA PLANTE DONT ON L'EXTRAIT.	NOM ALLEMAND ET ANGLAIS.	NOM BOTANIQUE ET FAMILLE.	RENDEMENT POUR 100.	DENSITÉ A 15 DEGRÉS.	POUVOIR ROTATOIRE POUR LONG. 100mm.	CORPS DÉTERMINÉS DANS L'ESSENCE.
270. Térébenthine de Venise. Aiguilles.	*Lärchennadel oel. Turpentine oil, Vénét.*	*Larix europea.* D. C. Conifères.	0,22	0,878	Degrés. + 0,22 à + 18	Pinène, acétate de bornyle ?
271. Thuya . . . . . Feuilles.	*Thujablätter oel. Thuja oil.*	*Tuja occidentalis* L. Conifères.	0,5	0,915 à 0,925	—6 à 13	Pinène, fénone, thuyone, carvone.
272. Thuya . . . . . Racines.	*Thuja wurzel oel. Thuja oil.*	*Thuja occidentatalis* L. Conifères.	27,5	0,979	»	»
273. Thym. . . . . Herbe.	*Thymian oel. Thyme oil.*	*Thymus camphoratus* Hoffm. et L. K. Labiées.	»	0,904	»	»
274. Thym. . . . . Herbe.	*Thymian oel. Thyme oil.*	*Thymus capitatus* L. K. Labiées.	»	0,901	»	Pinène, cymène, dipentène, acétate de bornyle, thymol, carvacrol ?
275. Thym commun . . . . . Plante fraîche allemande.	*Thymian oel. Thyme oil.*	*Thymus vulgaris* L. Labiées.	0,3 à 0,4	0,925 à 0,935	faiblem. lévogyre	Pinène, cimène, linalool, acétate de bornyle, carvacrol, thymol.
— sèche allemande.			1,7	0,909		
— fraîche française.			0,9	0,900 à 0,934		
— sèche française.			2,5 à 2,6	0,909 à 0,918		
— fraîche espagnole.			»	0,925 à 0,950		
276. Tolu. . . . . Baume.	*Tolubalsam oel. Tolubalsam oil.*	*Toluifera balsamum* Mill. Papilionacées.	1,5 à 3,0	0,935 à 1,09	faiblem. dextrogyre	Ethers des acides benzoïque et cinnamique.
277. Valériane . . . . . Racine de Hollande.	*Baldrian oel. Valerian oil.*	*Valeriana off.* L. Valérianacées.	1,00	0,93 à 0,955	—8 à —13	Pinène, camphène, limonène (?), bornéol, formiate de bornyle, acétate de bornyle, isovalérianate de bornyle, terpinéol, sesquiterpène, alcool $C^{10}H^{20}O^2$.
— de Thuringe.			0,5 à 0,9			
278. Valériane du Japon (essence de Kesso). Racines.	*Baldrian oel. Jap. Valerian oil, Jap.*	*Valeriana off.* L. Var. *angustifolia* Miq. Valerianacés.	6,0 à 6,5	0,99 à 0,996	Lévogyre	Pinène, camphène, dipentène, terpinéol (?), bornéol, acétate et isovalérianate de bornéol, sesquiterpène, acétate de kessyle $C^{14}H^{23}O^2CH^3CO$.
279. Valériane du Mexique. Racines.	*Baldrian oel, Mex. Valerian oil, Mex.*	*Valeriana mexicana* D. C. Valerianacées.	»	0,949	Inactive	Acide valérianique 89 p. 100.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

NOM DE L'ESSENCE ET PARTIES DE LA PLANTE DONT ON L'EXTRAIT.	NOM ALLEMAND ET ANGLAIS.	NOM BOTANIQUE ET FAMILLE.	RENDEMENT POUR 100.	DENSITÉ A 15 DEGRÉS.	POUVOIR ROTATOIRE POUR LONG. 100mm.	CORPS DÉTERMINÉS DANS L'ESSENCE.
					Degrés.	
280. VÉTIVER . . . . . Racine.	*Vetiver oel.* *Vetivert oil.*	*Andropogon muriaticus* Retz. Graminées.	0,4 à 0,9	1,02 à 1,03	+26 à +40	»
281. WINTER (Écorce de) Écorce.	*Wintersrinden oel.* *Winter's bark oil.*	*Drimys Winteri* Forster. Magnolacées.	0,64	0,945	»	»
282. XANTHORRHÉA (Résine de) . . . . . Résine.	*Xanthorrhoeaharz oel.* *Xanthorrhoea oil.*	*Xanthorrhoea Hastilis* R. Br.	0,37	0,937	—3,14	Acide cinnamique, styrol.
YLANG-YLANG (voir *Cananga*).	»	»	»	»	»	»
283. ZÉDOAIRE . . . . . Racines.	*Zittwerwurzel oel.* *Zedoary oil.*	*Curcuma Zedoaria* Roscœ. Zingibéracées.	1 a 2	0,99 à 1,01	»	Cinéol.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

AGRICULTURE

Revue des perfectionnements apportés aux machines agricoles, par **M. Max. Ringelmann**, *professeur à l'Institut national agronomique, directeur de la Station d'essais de machines agricoles, membre de la Société d'Encouragement.*

DEUXIÈME PARTIE (1)

Machines motrices. — Pour les petites et moyennes exploitations, c'est toujours aux attelages qu'on demande d'actionner, par l'intermédiaire d'un manège, les quelques machines employées à la ferme ; la construction de ces machines s'est améliorée et simplifiée, et c'est avec raison qu'on emploie de préférence les manèges à terre du type mi-fixe, qui sont plus stables et d'un prix moins élevé que les manèges en l'air et locomobiles, ces derniers types n'ayant d'intérêt que pour les entrepreneurs. Les manèges à plan incliné ont réussi à lutter efficacement contre la mauvaise renommée faite à grand bruit autour des premiers modèles qui présentaient certainement des défauts ; nous avons eu l'occasion de faire une étude complète sur ces machines (2) qui permettent d'obtenir d'un même animal un travail mécanique disponible deux fois plus élevé que celui qui serait donné avec un manège ordinaire à piste ; mais pour éviter que le tablier vienne à entraîner l'animal et le faire tomber, par suite d'une diminution de résistance ou de la chute de la courroie, il faut absolument que ces manèges soient munis d'appareils *régulateurs automatiques ;* nous donnons dans la figure 1 la vue générale de l'excellent modèle de MM. Fortin frères, dans lequel le frein est commandé par un régulateur à force centrifuge analogue à ceux qu'on monte sur les machines à vapeur.

Alors que l'emploi des machines à vapeur dans les fermes semble subir un temps d'arrêt, on assiste au développement des moteurs à pétrole.

L'emploi de ces machines n'a commencé à être économique, chez nous, qu'après l'abaissement des droits de douane sur les pétroles ; mais ces moteurs sont depuis longtemps très répandus et très estimés en Angleterre, en Allemagne,

(1) Voir le *Bulletin* de mars 1896, page 351.

(2) *Société nationale d'agriculture*, séance du 26 mai 1886. — *Journal de l'anatomie et de la physiologie*, tome XXX, page 241, 1894.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

en Belgique et en Suisse, où le combustible à bas prix permet leur emploi économique (1).

En 1894, le concours international de Meaux, organisé par la Société d'agriculture de Meaux sous la présidence du regretté M. Gatellier, donna une forte impulsion à la construction de ces intéressantes machines. Sans insister ici sur notre rapport général (2), dont un extrait figure dans le bulletin de notre société (3), rappelons qu'on fait facilement confusion sur le combustible employé non seulement pour les moteurs destinés à l'agriculture et à la petite industrie, mais aussi pour ceux qui actionnent les voitures automobiles. Les moteurs utilisant le *pétrole lampant,* qui n'émet des vapeurs que vers 30 à 40° présentent plus de sécurité que ceux qui utilisent l'*essence* ou la *gazoline* dont le point d'inflammation peut varier de + 5° (essence) à — 10° gazoline). D'ailleurs la consommation est à peu près la même et l'essence ou la gazoline coûtent plus cher que le pétrole lampant; avec ce dernier combustible, la force motrice est fournie à meilleur marché, sans qu'on ait à craindre des incendies ou des explosions.

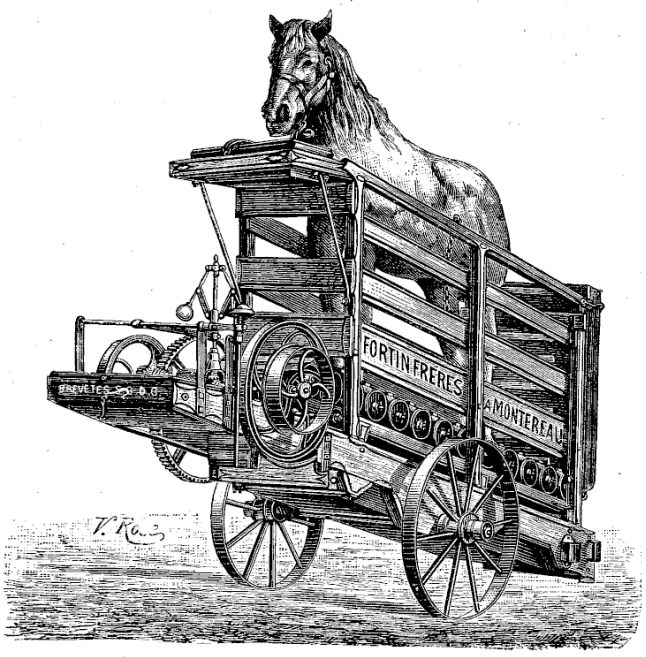


Fig. 1. — Manège à plan incliné *Fortin*.

Nous avons eu l'honneur d'exposer à la Société, dans notre conférence du 14 décembre 1894, les résultats d'ordre scientifique qui dérivent de nos essais du concours de Meaux; lorsque les meilleures conditions de combustion sont

(1) Voir les ouvrages de M. Richard : les moteurs à gaz et à pétrole; ceux de M. A. Witz sur le même sujet.

(2) *Bulletin du syndicat agricole* de Meaux, 15 juin 1894; nous avons sous presse, à la Librairie agricole, un fascicule de notre traité des machines agricoles relatif à ces moteurs.

(3) *Bulletin de la Société d'Encouragement*, février 1895, page 83. — Rapport de M. Alfred Tresca, à la *Société nationale d'agriculture*, 11 juillet 1894.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

obtenues dans la pratique, le rendement thermique des moteurs de 4 chevaux s'approche de 20 p. 100.

Au concours spécial de moteurs à pétrole, de l'Exposition de Bruxelles (1897), nous avons constaté, sur les six machines concurrentes, des consommations de pétrole, analogues à celles du concours de Meaux.

La crise que traverse depuis quelques années la distillerie agricole portant le plus grand préjudice à l'agriculture de certaines régions, plusieurs sociétés et syndicats agricoles ont demandé une nouvelle réglementation concernant les taxes et la dénaturation de l'alcool, et elles ont cherché à développer les emplois industriels de ce produit.

La loi du 16 décembre 1897 réduisant la taxe de dénaturation à 3 francs par hectolitre d'alcool pur (au lieu de 37 fr. 50), plus les frais du dénaturant qui sera vendu par l'État, donne satisfaction sur le premier point et nul doute qu'elle aura pour résultat d'augmenter la consommation pour différents usages industriels : vernis, produits chimiques, chauffage, éclairage, etc.

Non seulement on s'est préoccupé du chauffage et de l'éclairage par l'alcool dénaturé, 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.

C'est pour déterminer ces conditions que la Société d'agriculture de l'arrondissement de Meaux, sur la proposition de son président, M. J. Besnard, a mis un crédit spécial à ma disposition pour entreprendre des recherches scientifiques et pratiques sur l'emploi de l'alcool dénaturé pour les moteurs. Les essais pratiques ont été effectués sur deux moteurs de construction différente, qui ont été modifiés afin de pouvoir utiliser l'alcool.

Nous ne citerons ici que les résultats principaux de nos expériences (1) : Le premier moteur employé ne pouvait partir seul avec l'alcool, ce combustible émettant trop peu de vapeurs à la température de 10 à 15°. J'ai tourné la difficulté en faisant fonctionner pendant cinq minutes environ le moteur avec l'essence minérale, et, lorsque la température moyenne de la conduite de 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, 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 la plus favorable au fonctionnement de la machine (inutile d'insister sur les dangers d'incendie que présente un semblable carburateur).

(1) Communication à l'Académie des sciences, 18 octobre 1897. — *Société nationale d'agriculture*, 23 juin et 27 octobre 1897. — *Bulletin de la Société d'agriculture de Meaux*, 1897.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les essais ont montré que les consommations sont en fonction des puissances calorifiques des combustibles et que, pour obtenir la même puissance, il faut dépenser 1,5 à 2,3 fois plus d'alcool que d'essence minérale (suivant les moteurs) ; dans ces conditions les rapports des dépenses de combustible, fournissant la même puissance sont : 100 avec le pétrole lampant, 175 avec l'essence minérale et 562 avec l'alcool dénaturé (avant l'abaissement des droits).

Ce qu'on paie à un prix élevé dans l'alcool, c'est l'oxygène qui représente 45 p. 100 de son poids; il est moins coûteux de se servir de carbures d'hydrogène et de prendre, pour rien, l'oxygène dans l'air.

D'après les résultats ci-dessus, l'alcool dénaturé devrait être vendu à raison de 17 fr. 70 l'hectolitre (il vaut 28 à 35 francs en distillerie, sans les droits) pour être équivalent, au point de vue économique, au pétrole lampant valant 30 francs l'hectolitre. Il ne faut donc 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 ; il en est de même pour des mélanges divers qu'on pourrait proposer et dans lesquels l'alcool rentrerait pour une certaine part.

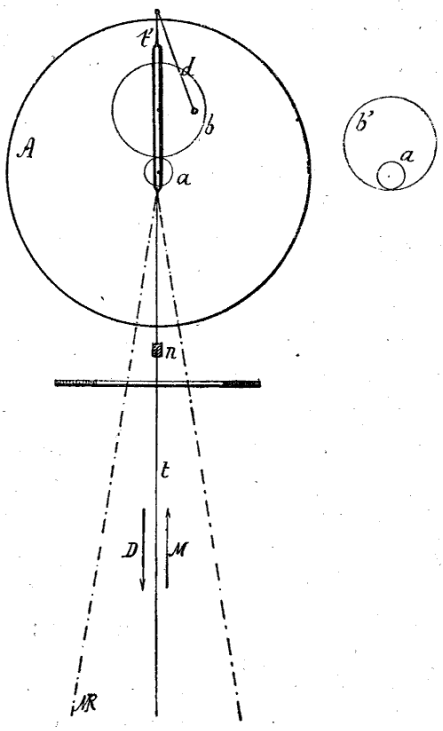


Fig. 2. — Principe d'un moulin à vent américain.

Parmi les moulins à vent, citons les nouveaux modèles américains établis avec une voilure en tôle galvanisée ; les aubes, concaves, ont la forme d'un trapèze et sont fixées sur deux cercles concentriques reliés aux rayons ; l'ensemble est galvanisé après la fabrication. La roue A (fig. 2) du moulin est de petit diamètre et commande la pompe par un pignon *a* et une roue dentée *b;* dans certains modèles, le pignon *a*, solidaire de la roue A, engrène avec une roue *b'* à denture intérieure. Ce moulin à vent convient très bien pour les installations d'élévation des eaux destinées à l'alimentation des exploitations, des petites agglomérations ou à l'arrosage des cultures.

Pendant plus d'une année, nous avons eu en expériences, à notre laboratoire, un moulin à vent à ailes en bois de M. Beaume, à réglage automatique. Dans les tempêtes, alors que la vitesse moyenne du vent par heure atteint 27, 32

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

et 36 kilomètres, le nombre total de tours du moulin se tient aux environs de 2,100 à 2,400 par heure ; dès que ce chiffre tend à être dépassé, la vanne régulatrice agit et le moulin se voile pour fuir la tempête. Les expériences personnelles que nous avons effectuées sur cette machine confirment les bonnes appréciations que nous avons rapportées de notre mission d'Amérique sur les modèles à voilure rigide, dont la roue peut s'obliquer plus ou moins suivant la vitesse du vent, de préférence aux modèles à voilure articulée.

Le moulin à vent tel qu'il était monté à la Station d'essais de machines (diamètre de la roue $3^{m},60$) donne un travail utile de 43 kilogrammètres par tour; il fonctionne par des vitesses uniformes de vent comprises entre 5 et 36 kilomètres à l'heure. Dans nos conditions d'emplacement (abri dans différentes directions par les maisons voisines), la vitesse moyenne du vent est de $5^{k},18$ à l'heure (moyenne d'un très grand nombre d'observations), le nombre moyen de tours est de 146,8 à l'heure et le volume d'eau moyen élevé à 10 mètres de hauteur est de 5,18 mètres cubes par 24 heures, soit 1 890 mètres cubes par an. Le graissage (moulin et commande de la pompe) nécessite $0^{k},050$ dhuile par semaine, soit 11 kg. par an.

L'installation complète d'un moulin à vent présente, en général, une certaine disproportion, mais elle n'est qu'apparente. Pour pouvoir tourner par les vents faibles de 4 à 5 m. par seconde (14,4 à 18 kilomètres à l'heure), qui sont les plus fréquents dans notre pays, on est conduit à donner un grand diamètre à la roue relativement à la pompe qu'elle commande (sauf pour les nouveaux modèles précités, à engrenages). Afin de parer aux périodes de calmes ou de vents trop faibles et inutilisables, on est obligé d'adopter un réservoir ayant une capacité de 3 à 5 fois celle représentée par le cube d'eau employé par jour. D'une façon générale on a donc : une grande roue, un grand réservoir et une petite pompe.

Certains inventeurs ont cherché, par des mécanismes compliqués, et par conséquent coûteux d'achat et d'entretien, le moyen d'utiliser le travail des grands vents et des tempêtes, mais cette voie n'est pas à conseiller d'une manière générale, car ces conditions sont relativement rares dans la plus grande partie de notre territoire; ce programme conduit en outre à faire une machine bien trop lourde, incapable de fonctionner par les vents faibles.

Au concours régional de Valence (1897), M. Bompard présentait un moulin à vent muni de ressorts compensateurs destinés à rendre plus uniforme le travail résistant imposé au moteur; enfin, pour utiliser les grands vents, un levier à réglage variable permettait de modifier à la main la course du piston de la pompe actionnée par le moulin à vent, afin de proportionner autant que possible le débit avec la vitesse du vent, mais cette disposition conduit à faire varier l'inclinaison de la tringle de commande qui ne peut plus être guidée par des glissières.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Machines destinées à la préparation des récoltes en vue de la vente ou de la consommation. — Nous n'aurons rien de particulier à dire concernant les machines à battre les céréales, si ce n'est pour ce qui est relatif aux accidents qui résultent trop fréquemment de l'inattention des ouvriers. Nous avons été chargés d'étudier administrativement cette question si délicate et nous avons procédé à une enquête en France, en Angleterre et en Allemagne (1).

Les accidents peuvent être dus soit à un défaut de construction (le batteur

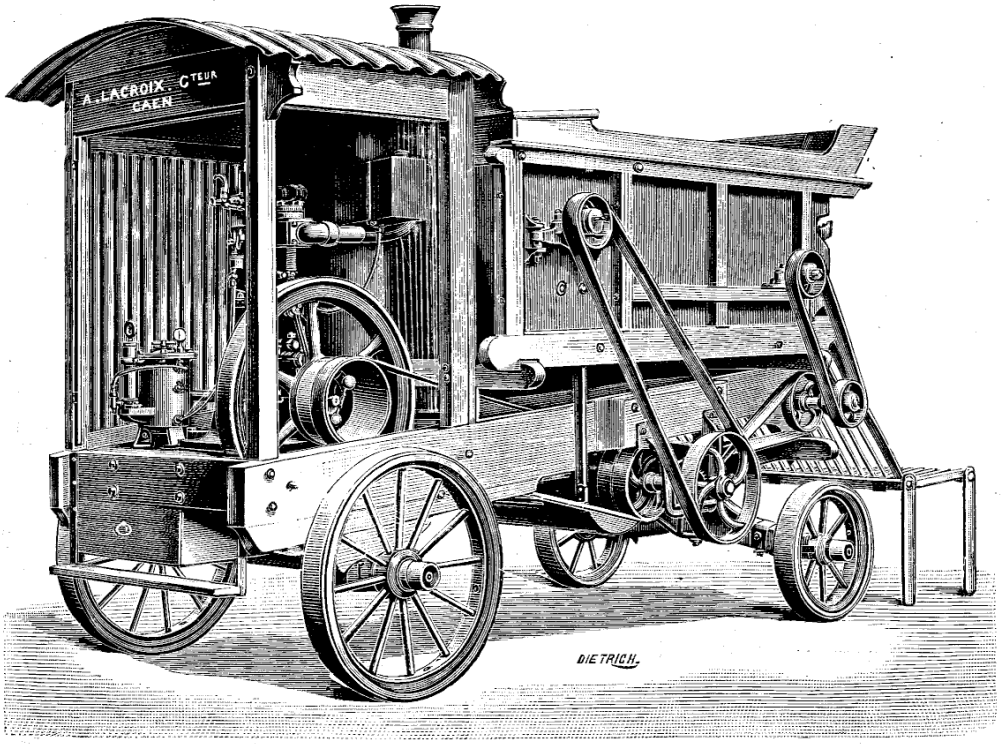


Fig. 3. — Loco-batteuse avec moteur à pétrole *Lacroix*.

se brise et les fragments volent en éclats), soit à une imprudence de l'ouvrier. Par le temps chaud et lourd, par suite de la poussière que soulève le travail, pour une foule d'autres motifs, tels que le bruit, les vibrations incessantes, etc., l'ouvrier engraineur peut être frappé d'un étourdissement momentané, heureux quand à ces diverses causes ne s'ajoute pas celle d'un excès de boisson! Le malheureux approche la main trop près du batteur : la main est souvent arrachée avec une portion du bras... D'autres fois, pour nettoyer la machine,

(1) *Bulletin du ministère de l'Agriculture*, 1897.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'ouvrier monte sur la table à engrainer, pousse les brins de paille avec son pied qui est broyé par le batteur... Ces accidents sont horribles, surtout par leurs conséquences; on est loin d'une grande ville et de tout praticien, on enveloppe la partie sectionnée, qui saigne abondamment, avec ce qu'on trouve sous la main, des vêtements, des chiffons, généralement sales; le patient est cahoté dans une voiture de campagne pendant un temps interminable jusqu'à la ville voisine... on attend quelquefois un train de chemin de fer... Le secours

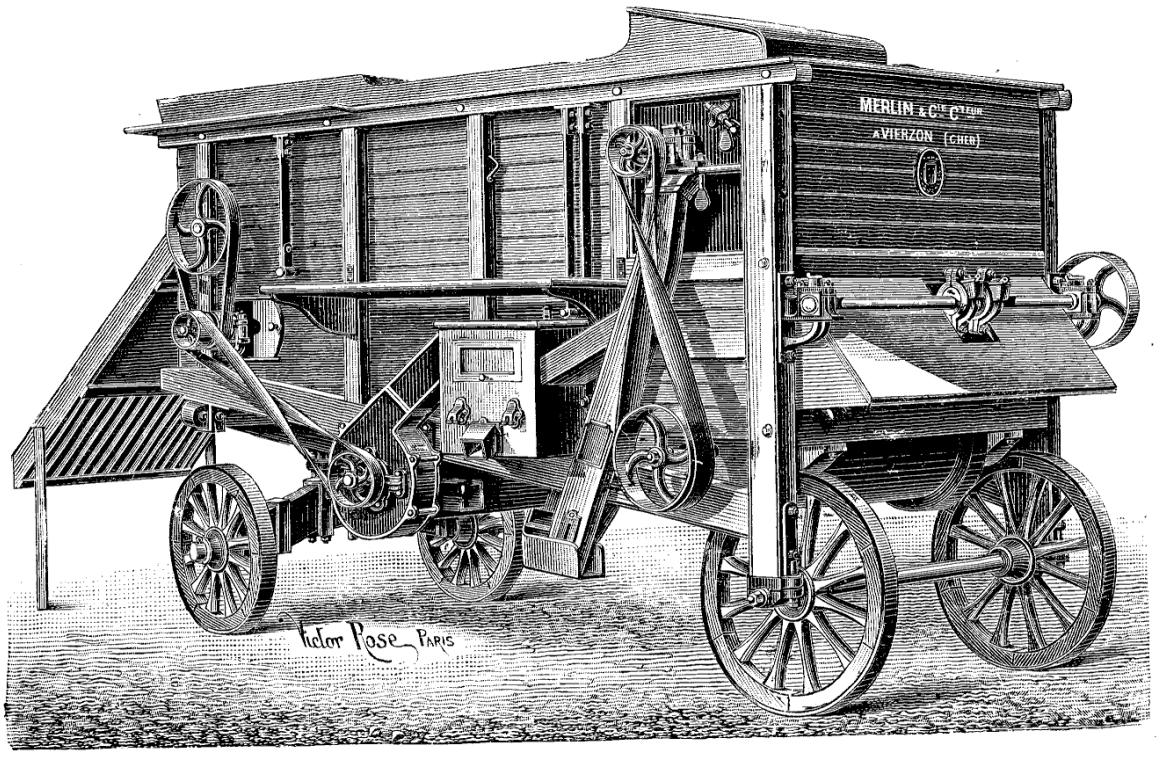


Fig. 4. — Batteuse à graines fourragères *Merlin et Cie*.

du médecin arrive toujours trop tard, des complications surviennent et souvent le tétanos met fin aux souffrances du malheureux!

Les moyens préventifs sont assez difficiles à réaliser, car l'ouvrier se familiarise avec le danger et ne veut pas supporter d'entraves, il se croit même déshonoré quand on l'oblige à prendre certaines précautions. On ne peut résoudre le problème qu'en interdisant certaines formes de machines plus dangereuses que d'autres, et il reste à étudier ces formes tout en étendant la question à toutes les machines agricoles. A cet effet, l'administration de l'Agriculture

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

a annexé au Concours général de Paris (7 au 15 mars 1898) un premier concours spécial d'appareils préventifs des accidents.

Les engraineuses mécaniques proposées en France il y a près de vingt ans n'ont pas rencontré, auprès des agriculteurs, l'accueil qu'elles méritaient; ce sera une question à reprendre, car non seulement l'engraineuse supprime les accidents, mais, assurant une alimentation uniforme et toujours en rapport avec la vitesse du batteur, son emploi doit se traduire par une économie de force motrice et par un meilleur rendement du travail en quantité et en qualité.

Pour les petits entrepreneurs et pour les associations d'agriculteurs on construit aujourd'hui des loco-batteuses dans lesquelles la puissance est fournie par un moteur à pétrole fixé sur le même train que la machine à battre. La figure 3 donne la vue d'ensemble d'une de ces loco-batteuses qui intéressent la petite et la moyenne culture.

Le battage des petites graines fourragères se faisait autrefois en deux opérations : la première, à bras, consistait dans l'ébourrage, c'est-à-dire la séparation des capitules ou épillets des tiges; puis la bourre était passée à une machine qui faisait l'ébossage, c'est-à-dire le battage proprement dit; ces deux travaux sont toujours accompagnés d'un grand dégagement de poussières. Depuis 1889 les constructeurs établissent des machines qui font tout le travail d'un seul coup, et la fig. 4 représente la vue générale de l'une d'elles. Dans cette machine le batteur ébourreur A (fig. 5) est placé au-dessus de l'ébosseur B. Le trèfle, à la sortie du batteur A (qui a des battes en fer cornière comme l'indique le dessin), tombe sur les secoueurs ordinaires S; le grain passe dans le batteur ébosseur B, tronc-conique, en entrant par la grande base; à l'extrémité de ce batteur se trouve un élévateur D à force centrifuge qui chasse la matière à la partie supérieure de la machine (en E, à côté du premier batteur A qui n'occupe que la moitié de la largeur de la batteuse), d'où elle tombe sur les deux grilles G et H, sur lesquelles elle reçoit l'action de deux ventilateurs V (donnant trois coups de vent) à axe commun. Le grain nettoyé est repris par un élévateur K et déversé dans la boîte de remplissage des sacs; les otons sont remontés dans le batteur A par le conduit M (le mouvement seul du batteur produit l'aspiration de ces otons). Cette machine nécessite une puissance de 5 chevaux-vapeur et 5 à 6 ouvriers pour la manœuvre.

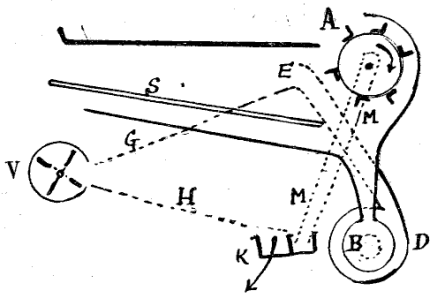


Fig. 5. — Principe d'une batteuse à graines fourragères.

Le travail du nettoyage et du triage des grains s'effectue avec des ma-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

chines dont les types n'ont pas changé depuis longtemps dans les différents pays; alors que l'agriculture anglaise reste attachée aux cribles de Penny et de Boby, l'Allemagne aux cribles perforés, l'agriculture française continue à se servir, avec raison, des trieurs alvéolaires, dont le principe a été donné par Vachon, de Lyon, vers 1811, et dont la réalisation pratique est due à feu M. Marot père, de Niort, en 1858; notons seulement plusieurs tentatives faites en Allemagne et en Autriche pour la construction des trieurs à alvéoles dont quelques spécimens figuraient à l'exposition de Bruxelles (1897); en Amérique

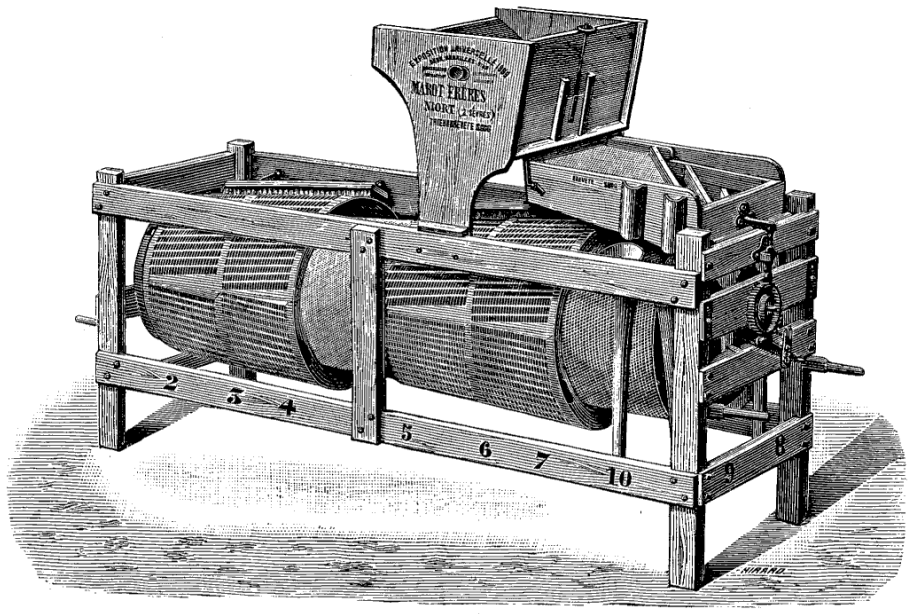


Fig. 6. — Trieur à alvéoles *Marot*.

le grain doit être nettoyé par le tarare même de la machine à battre, et le triage n'est pas considéré comme une opération agricole.

Les trieurs à alvéoles, au moyen de plaques spéciales, peuvent convenir à toutes sortes de graines; c'est grâce à leur emploi qu'on arrive à sélectionner les grains de semence, à enlever la cuscute des graines fourragères, etc., aussi beaucoup d'industries françaises emploient ces excellentes machines. Des essais spéciaux que j'ai eu occasion de faire (1) sur un trieur Marot (fig. 6) il résulte que dans les conditions les plus défavorables le prix de revient du triage est de 5 fr. 50 par hectare ensemencé en céréales, pour un supplément de récolte qui peut atteindre et dépasser 200 fr. pour la même étendue,

(1) *Journal d'agriculture pratique*, 1893, tome II, page 735.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'emploi des semences, sélectionnées au trieur à alvéoles, permettant d'obtenir 1 000 kg. de grain de plus à l'hectare. La question du maintien des terres en bon état de propreté, qui se greffe sur la précédente, n'est pas non plus à négliger.

Au sujet de la manipulation des grains, nous nous bornerons à recommander l'emploi des concasseurs qui exigent bien moins de travail mécanique que les aplatisseurs. alors que des expériences d'alimentation, faites par M. Gay. répétiteur à l'École de Grignon, ont montré que les grains concassés sont un peu plus assimilables que les grains aplatis; la question a été étudiée avec différents grains et différents animaux (1).

Les concasseurs et les moulins de farine ne peuvent donner que des boulanges grossières et vu la quantité considérable de travail mécanique nécessité pour la transformation du grain en farine (2), il ne faut donc pas, sauf des circonstances spéciales, recommander, dans nos exploitations rurales, l'emploi des moulins destinés à fournir de la farine panifiable; ce travail ne peut être obtenu économiquement que s'il est exécuté d'une façon industrielle; c'est pour ce motif que nous considérons les moulins à farine comme des machines intéressant plutôt la technologie agricole que le matériel rural.

Au sujet des presses à fourrages, il résulte des relevés que nous avons pu faire aux essais spéciaux du Concours de Valence (1897) (3) que le prix de revient du foin comprimé avec une presse à 2 hommes est sensiblement équivalent à celui du bottelage; l'agriculture a donc tout intérêt à employer ces machines, car relativement au foin bottelé, le fourrage comprimé nécessite moins d'emplacement, présente une conservation plus facile, moins de risques d'incendie et surtout une économie dans les frais de transport.

La sécheresse exceptionnelle de l'année 1893 a vivement préoccupé les agriculteurs et les savants. En présence de cette calamité, le gouvernement n'est pas resté inactif, le ministre de l'Agriculture a autorisé le pacage dans les forêts de l'État; il a adressé aux professeurs départementaux des instructions pour qu'ils répandent dans les campagnes les mesures à prendre afin de lutter contre la sécheresse... il y a eu suppression momentanée des droits de douane sur les fourrages (qui nous arrivaient de l'étranger comprimés à la presse) et réduction de 25 p. 100 sur les transports de chemins de fer... On a proposé des plantes à croissance rapide... notre camarade Ch. Girard a montré que les feuilles d'arbres sont très riches en éléments nutritifs... M. Grandeau a insisté sur les ramilles broyées et fermentées... dans le Midi on a remplacé les ramilles et les branchettes par des sarments.

(1) *Annales agronomiques*, 1896.

(2) Nos expériences nous ont montré qu'il fallait dépenser de 5 000 à 6 000 kilogrammètres pour transformer 1 kilo de grain en farine assez grossière.

(3) *Société nationale d'agriculture*, 26 mai 1897.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le docteur Ramann, professeur à l'école forestière d'Eberswalde, avait pris, en France, un brevet (n° 207,530, 9 août 1890) pour le traitement des ramilles. Les brindilles et les branchettes, qui peuvent avoir jusqu'à $0^m,02$ de diamètre, étaient broyées par une machine de Laue et Troschel, constructeurs à Hambourg. Cette machine, qui présente une grande analogie avec nos broyeurs d'ajonc, se compose en principe d'une table d'alimentation sur laquelle l'ouvrier étale les brindilles et les pousse vers deux cylindres alimentaires en avant desquels tourne un tambour garni de couteaux hélicoïdaux (disposition déjà citée pour les hache-paille, par J. Allen Ransomes, en 1843 : machines de Salmon 1797, de Passmore de Doncaster 1804). Les brindilles, qui ont déjà subi une première compression de la part des cylindres alimentaires, sont coupées par les lames du tambour et passent entre deux rouleaux en cuivre, de même diamètre, à surface lisse, chargés de les défibrer; à cet effet, l'un des rouleaux tourne avec une plus grande vitesse à la circonférence que l'autre. Le mouvement est communiqué aux différentes pièces par des engrenages; un volant est claveté sur le tambour porte-lames. Cette machine, mue par un moteur de 4 à 6 chevaux-vapeur, débitait 100 kilog. de brindilles par heure et par cheval; d'après ce chiffre, la préparation d'un kilogramme de brindilles exigeait donc un travail mécanique de 2,700 kilogrammètres. Le problème n'était donc pas résolu au point de vue économique, avec la machine Laue et Troschel; il fallait chercher à obtenir une plus grande production, adopter, pour les grands modèles, une alimentation automatique avec une trémie munie d'une toile sans fin, comme nos hache-maïs à grand travail; enfin il fallait songer à la moyenne et à la petite culture, si intéressantes à plus d'un titre, en établissant des machines mues à bras ou à manège. Le produit du broyage est soumis à une fermentation par l'addition de 1 p. 100 de malt de bière.

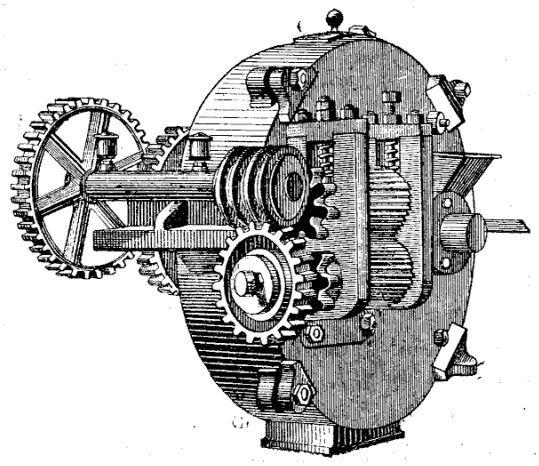


Fig. 7. — Broyeur de ramilles *Kuhn*.

Par autorisation spéciale, une première fabrique de ramilles fermentées fut installée à l'entrée de la forêt de Sénart, sur le territoire de la commune de Montgeron. L'installation comprenait un broyeur actionné par un moteur à pétrole de 6 chevaux.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Tels ont été en France les débuts de ces machines dont nous avons cru intéressant de donner l'histoire en quelques lignes.

Il existait, avant 1893, des machines destinées à broyer les sarments afin que le viticulteur puisse les incorporer au sol dans les diverses façons culturales; quant à l'alimentation du bétail, la question avait déjà été étudiée en 1887, à l'instigation de M. Borély de la Sapie, président du Comice agricole de Boufarick, par M. de Troguindy, et cet ardent propagateur des broyeurs d'ajonc

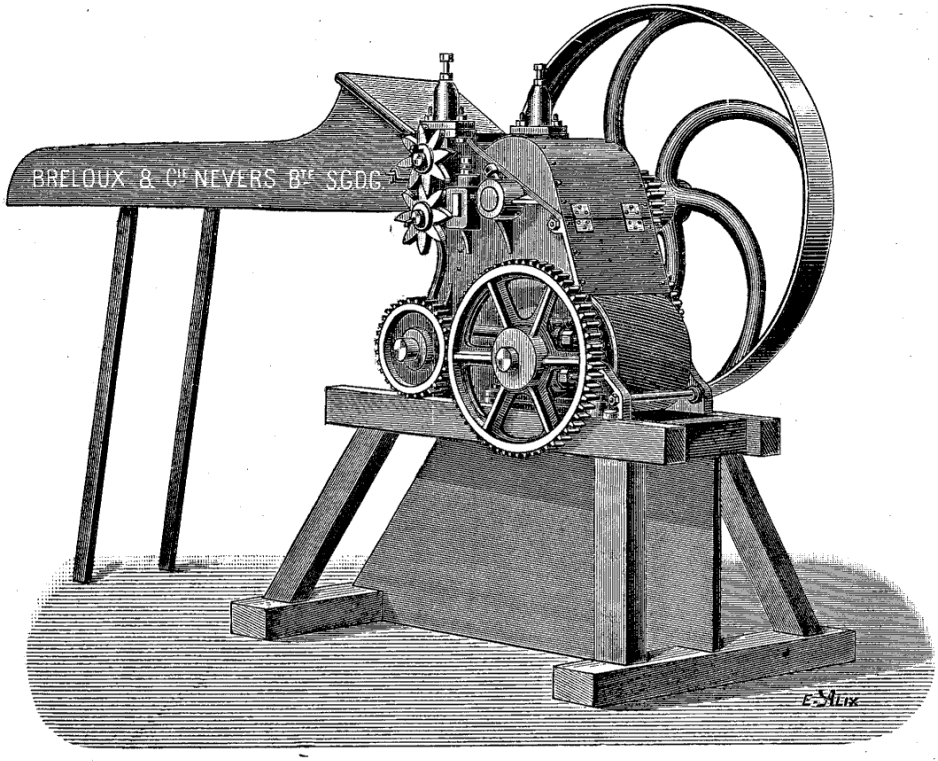


Fig. 8. — Broyeur de sarments, à grand travail *Breloux*.

transforma la machine de son invention en un broyeur de sarments par l'emploi de lames spéciales (1).

M. S. Kuhn, qui avait fait l'installation de la forêt de Sénart dont il vient d'être parlé, modifia en 1894 son broyeur de ramilles; la machine (fig. 7) qui se rapproche du modèle d'Anduze, de MM. Rouart frères, est à plateau vertical; deux cylindres alimentaires poussent, perpendiculairement au plateau, les branchettes à broyer; un couteau fixé sur le plateau, qui tourne à raison de 800 tours à la

(1) *Journal d'agriculture pratique*, 1888, tome I, page 287.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

minute, coupe les branchettes à une longueur de 0m,012 environ; enfin le broyage est assuré par des dents fixées sur la périphérie du plateau et de la contre-plaque correspondante.

Le grand broyeur de sarments de MM. B. Breloux et Cie est représenté par la figure 8. On voit, à l'extrémité de la trémie, l'engrenage spécial des deux cylindres alimentaires, dont l'un (celui du dessus) est monté dans des coussinets à ressorts. L'organe coupeur est constitué par un tambour cylindrique à 4 lames et la partie fixe, ou contre-lame, n'est autre qu'une barre d'acier

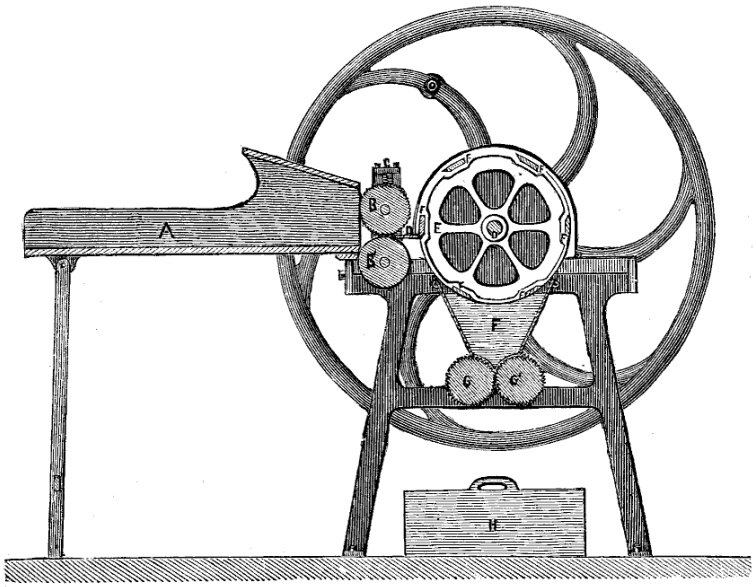


Fig. 9. — Coupe d'un broyeur à bras *Garnier*.

rectangulaire qu'on peut retourner à volonté afin d'utiliser chacune des 4 arêtes; on voit l'extrémité de cette barre entre les cylindres alimentaires et l'axe de rotation du cylindre porte-lames. Le produit coupé (sarments, maïs, brindilles, etc.) tombe entre deux grands cylindres horizontaux, de même diamètre, mais animés de vitesses différentes. Ces cylindres ont une cannelure spéciale formée à la fois de stries hélicoïdales et de cercles parallèles; comme ils doivent résister à un fort travail, leurs axes sont indépendants du bâti latéral en fonte et sont reliés par 4 forts boulons. Le produit tombe à la partie inférieure de la machine qui, pour cela, est un peu surélevée; il y aurait lieu également de recommander l'emploi d'une trémie à entraîneur automatique.

Le broyeur de la maison J. Garnier et Cie peut servir à la fois pour traiter l'ajonc, les sarments et les brindilles (fig. 9); on y trouve la trémie d'alimen-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tation A, les cylindres alimentaires BB′ commençant la compression sous l'action de ressorts, le tambour porte-lames E garni de 6 couteaux; le produit coupé en fragments de $0^m,004$ à $0^m,005$ de longueur tombe dans le conduit F, pour passer entre deux cylindres broyeurs GG′ en acier, à taille spéciale, chargés de défibrer la matière qui s'accumule daus le coffre H. En pratique, la machine actionnée par un homme peut broyer 40 à 45 kilogrammes d'ajonc à l'heure; actionnée par un manège à un cheval, la machine peut travailler 160 kilogrammes à l'heure.

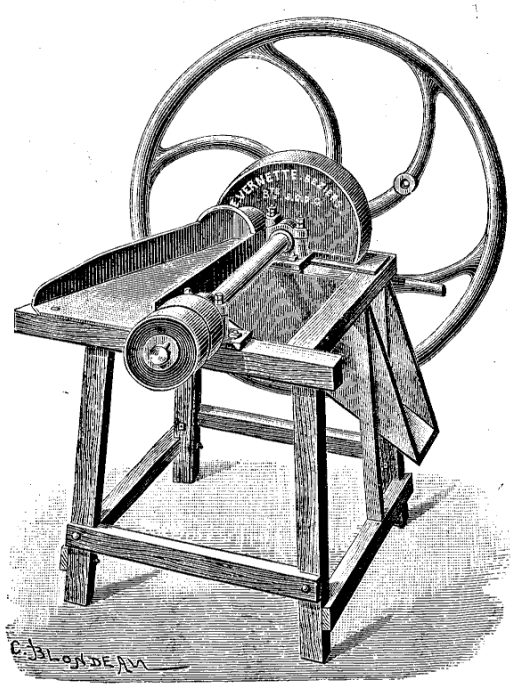


Fig. 10. — Hache-sarments *Vernette*.

D'après les expériences de M. Charvet, alors répétiteur de Génie rural à l'École nationale de Montpellier, le hache-sarments de M. E. Vernette (fig. 10) nécessite 740 kilogrammètres par kilogramme de sarments broyés.

Les machines destinées à la préparation des aliments du bétail, hache-paille, coupe-racines, brise-tourteaux, appareils à cuire les aliments, etc., se généralisent dans nos exploitations. Au sujet des brise-tourteaux, nous avons montré dans de récentes recherches faites à Grignon (1) qu'il y avait lieu de considérer que, dans le choix des tourteaux alimentaires, le prix de revient de la protéine ne doit pas être seul envisagé, et qu'il y a aussi à tenir compte du prix de revient du travail, s'il s'agit d'un brise-tourteaux à bras, à une paire de cylindres. Le travail mécanique dépensé pour broyer un kilog. de tourteau pouvant varier, suivant la dureté (et la densité de la matière), de 85 à plus de 400 kilogrammètres.

La cuisson des aliments du bétail, et en particulier des matières amylacées, est une excellente pratique; M. Aimé Girard a montré, dans de récentes expériences (2), que si 1 représente l'utilisation, par les moutons, d'un certain poids

(1) *Mémoire présenté à la Société nationale d'agriculture* le 6 février 1895. — Voir les *Machines et ateliers de préparation des aliments du bétail*, à la Librairie agricole, 26, rue Jacob.

(2) Aimé Girard. — *Recherches sur l'application de la pomme de terre à l'alimentation du*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de pommes de terre crues, 1,21 représentera l'utilisation par les mêmes animaux du même poids de même matière ayant subi la cuisson; d'autres expérimentateurs avaient déjà donné les rapports d'utilisation de 1,3 (Weber, production du beurre), 1,5 à 1,8 (Dudgeon-Walker, engraissement des porcs), et ces différentes

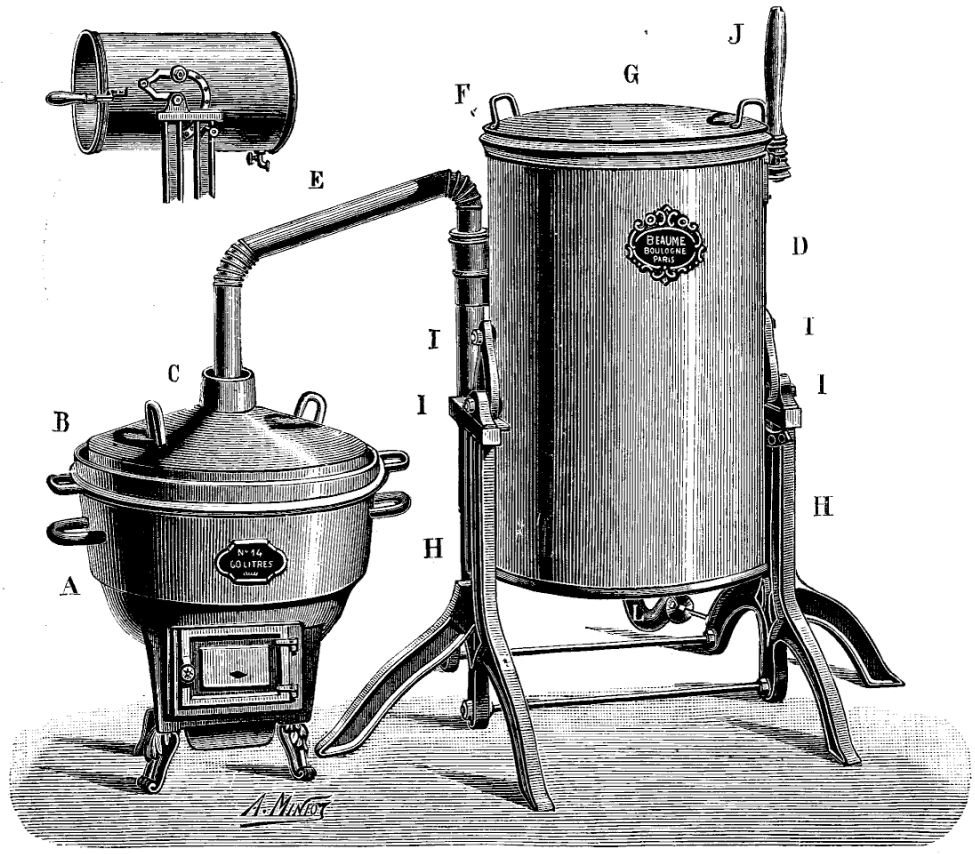


Fig. 11. — Appareil à cuire les aliments du bétail *Beaume*.

A, fourneau; B, chaudière; C E I, tuyau de vapeur; D F, cuiseur monté sur deux tourillons; I, solidaires du bati H; L, siphon des condensations; F G, couvercle; J, poignée de manœuvre. (La figure 2 représente un cuiseur basculé.)

expériences nous engagèrent à entreprendre des recherches sur ces appareils (1).

On emploie actuellement des appareils utilisant la vapeur sans pression, produite dans une chaudière spéciale indépendante du cuiseur; la chaudière est

bétail. — Bulletin du ministère de l'agriculture, octobre 1894. — *Engraissement du bétail avec les pommes de terre cuites. — Journal d'agriculture pratique,* 1895, tome I, page 709.

(1) *Machines et ateliers de préparation des aliments du bétail.* — Librairie agricole de la Maison rustique.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

latérale (fig. 11), ou située en dessous du récipient qui contient les matières à cuire.

De nos recherches, on peut conclure que les coefficients d'utilisation sont de 28 p. 100 pour la chaudière, et 87 p. 100 pour le cuiseur, soit un rendement total de 24 p. 100, c'est-à-dire que, sur 100 kilog. de combustible fournis, ou sur 100 calories que peuvent dégager la combustion, on utilise pratiquement le quart pour la cuisson, le reste étant perdu par la cheminée, par rayonnement, condensations sur les parois, refroidissement par l'air, etc. Enfin, les frais de cuisson, dans nos exploitations rurales, varient de 0 fr. 60 à 0 fr. 80 l'hectolitre, suivant la quantité travaillée par jour ; c'est-à-dire qu'en considérant l'augmentation de digestibilité qu'acquièrent les aliments par le fait de la cuisson, cette dernière est toujours une opération économique dont on ne saurait trop recommander l'emploi pour les matières amylacées.

Désireux de ne parler que des machines agricoles proprement dites, nous arrêterons ici cet examen, en remettant à une autre époque l'étude des progrès accomplis dans la construction des machines diverses telles que : véhicules et appareils de transports, machines pour l'élévation des eaux ; matériel des laiteries et des fromageries ; machines employées à la fabrication du vin et du cidre, à l'extraction des huiles, à la préparation des fibres textiles, et à la fabrication des engrais.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

MÉTALLURGIE

Recherches sur les propriétés magnétiques des aciers au nickel.

Note par **M. Eugène Dumont** (1).

Au cours de son travail d'ensemble sur les aciers au nickel, M. Ch.-Éd. Guillaume (2) a étudié celles de leurs propriétés magnétiques propres à servir de base à une classification et à une théorie de ces alliages. C'est lui le premier qui fit, d'une manière rigoureuse, la distinction entre les alliages réversibles et les irréversibles.

Préoccupé surtout de l'étude métrologique des nouveaux aciers, M. Guillaume m'engagea

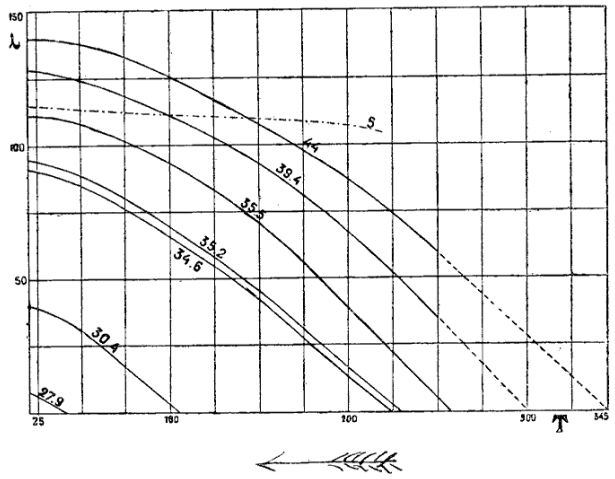


Fig. 1.

à en étudier en détail les propriétés magnétiques. Je tiens à le remercier sincèrement pour ses excellents conseils.

J'ai déterminé pour douze alliages, en valeur absolue, la perméabilité magnétique pour des champs compris entre 14 et 30 unités C. G. S., et pour des températures comprises entre — 78° et + 250°.

Les divers alliages ont été étudiés sous la forme de fils d'environ $0^{mm},5$ soigneusement recuits. Ils étaient placés dans une bobine annulaire creuse, coupée en un point par une fente de 7 millimètres, permettant l'introduction des alliages. Sur la bobine étaient enroulés 1 356 tours de fil isolé à l'amiante, pour le passage du courant destiné à créer le champ magnétique. Dans la région diamétralement opposée à la fente, 805 tours de fil fermant le circuit d'un galvanomètre balistique permettaient de mesurer l'induction. Le tout était placé dans un bain d'air.

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 7 mars 1898.

(2) Ch.-Ed. Guillaume, *Comptes rendus*, t. CXXIV, p. 1515 ; 5 avril 1897.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

J'ai suivi la méthode décrite par M. Ewing et Mlle Klaassen (1) et j'ai fait parcourir aux divers alliages plusieurs cycles d'aimantation indéfiniment répétés entre des valeurs de champ égales et de signes contraires.

Les huit alliages réversibles, dont j'ai fait l'étude, renfermaient 44, 39.4, 35.5, 35.2, 34.6, 30.4, 28, 26.2 pour 100 de nickel ; ils présentent des propriétés magnétiques analogues, comme on peut le voir dans les diagrammes.

Le premier (*fig.* 1), qui donne les variations de μ avec la température, pour le champ

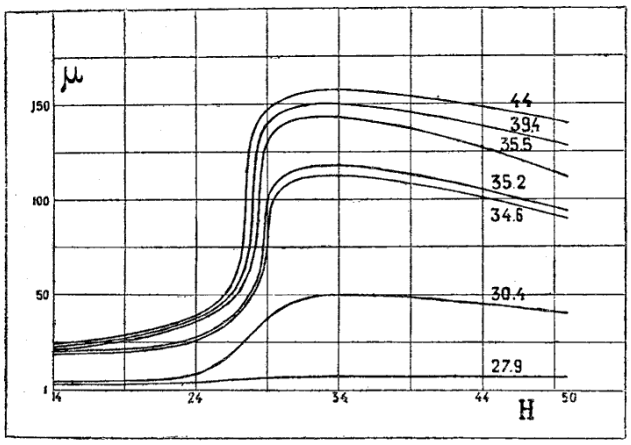


Fig. 2.

maximum, montre que tous les alliages se transforment graduellement. (Les parties pointillées terminant les deux dernières courbes sont extrapolées.)

Le deuxième (*fig.* 2) contient les courbes des variations de μ avec le champ pour la température de 20°.

La perméabilité augmente insensiblement jusqu'à H = 25, puis croît très rapidement pour passer par un maximum correspondant au champ 36, et diminue lentement au delà.

On a porté, dans le diagramme (*fig.* 3), les courbes de perméabilité en fonction de la teneur en nickel, correspondant à diverses températures.

J'indiquerai, à titre d'exemple, dans le Tableau suivant, les valeurs de μ pour l'alliage à 35.2 p. 100 de nickel, aux diverses températures et pour les différents champs :

Températures.	H = 50.	H = 36.	H = 29.	H = 25.	H = 21.	H = 14.
20..	95	119	96	31,2	23	21
30..	94,2	118,5	95	30,9	22,2	20,2
50..	89,5	117,5	93,5	29,4	20	19
70..	83	113	89	27,2	18,2	17,1
100..	70,5	108	81	24,5	15,2	14,4
130..	56	99	75,5	21	13	11,5
160..	40,2	82,5	61	16,2	8,2	8,1
190..	23,5	53	37	10,4	5	5
220..	6	15,5	9	3,6	1,5	1,3

(1) Ewing, *The Electrician*, 15 mai 1891 et *Lumière électrique*, t. XL, p. 519.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L'inspection du diagramme (*fig.* 1) montre que les courbes correspondant aux divers alliages sont sensiblement parallèles, et l'on en déduit la relation suivante d'une remarquable simplicité :

A égale distance du point de perte totale de magnétisme, tous les alliages réversibles ont même perméabilité magnétique.

En combinant les résultats contenus dans le diagramme (*fig.* 3) avec les formules données par M. Guillaume, et indiquant la relation entre la teneur et la température de perte totale du

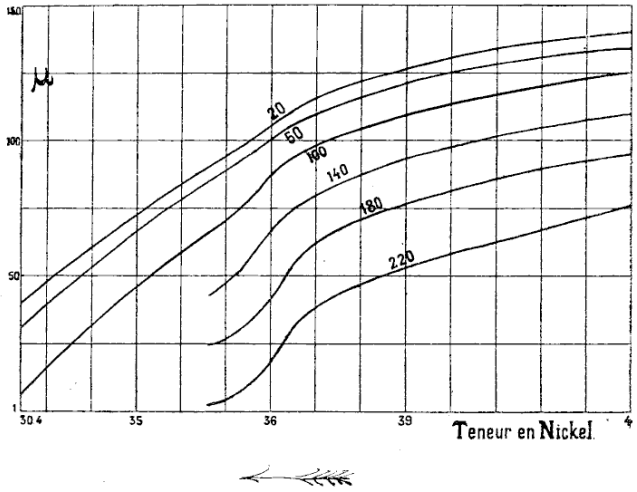


Fig. 3.

magnétisme, on trouve que, à toute température : *la perméabilité pour les alliages contenant* 27 *à* 44 *pour* 100 *de nickel augmente avec la teneur en nickel.*

Les résultats qui précèdent se rapportent, comme je l'ai dit, aux alliages recuits. Deux fils contenant respectivement 39,4 et 44 p. 100 de nickel ont donné une perméabilité constante entre 0° et 250°. Un alliage contenant du chrome a présenté un point de perte totale du magnétisme plus bas que les alliages de même teneur en nickel non chromé (1).

(1) Cette étude a été faite au laboratoire de physique de l'Université de Genève.

Je tiens à exprimer ici toute ma reconnaissance à MM. les professeurs C. Soret et A. Rilliet, pour les précieux conseils qu'ils n'ont cessé de me donner au cours de ce travail.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

NOTES DE MÉCANIQUE

DESCRIPTION DE QUELQUES APPAREILS FUMIVORES AMÉRICAINS (1)

Grille mécanique Vicar. — Ce système, très usité en Angleterre, a été importé aux États-Unis par la maison Sellers de Philadelphie, qui l'a modifié de manière à l'adapter aux différents types de chaudières employées en Amérique. Les figures 1 et 2 en

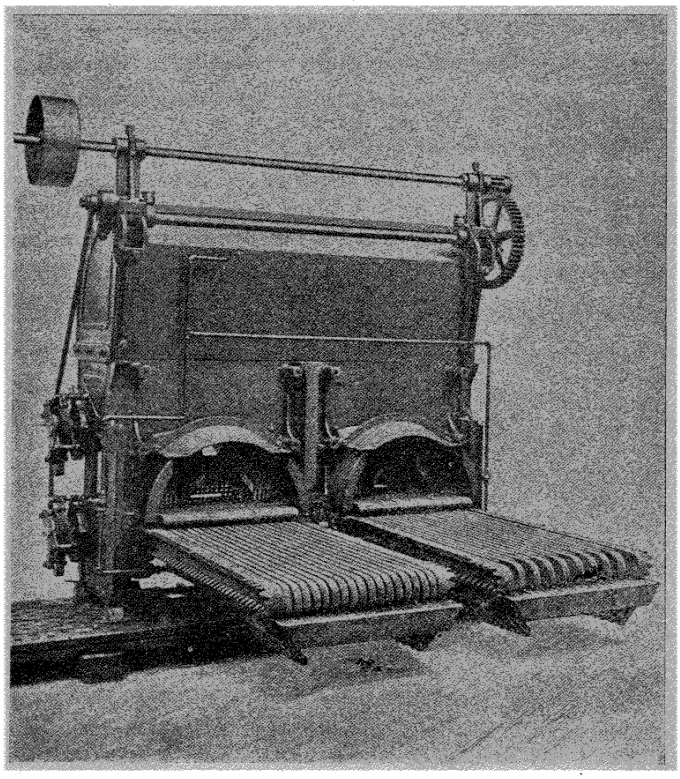


Fig. 1. — Grille mécanique *Vicar*. Sortie du foyer.

représentent l'application à une chaudière à deux foyers intérieurs. Le charbon, amené aux trémies de l'appareil par un convoyeur à vis sans fin, est avancé, de ces trémies, sur la grille, par des pousseurs manœuvrés comme l'indique la figure 3, au moyen d'excentriques dont on règle à volonté la rotation en actionnant leur arbre au moyen d'un rochet. De ces pousseurs, le charbon arrive sur le seuil fixe de la

(1) *Journal of the Franklin Institute.* Décembre 1897, janvier et février 1898.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

grille, où il distille ses composés volatils et fuligineux, brûlés ensuite dans la partie chaude du foyer. De ce seuil assez court, le charbon tombe sur la grille, dont les barreaux sont commandés, comme l'indiquent les figures 4 à 6, par des dents de l'arbre à excentrique prises dans les œillets des barreaux et disposées à 90° d'une barre (fig. 4) à l'autre (fig. 5). L'arbre tournant de gauche à droite (fig. 6) avance toutes

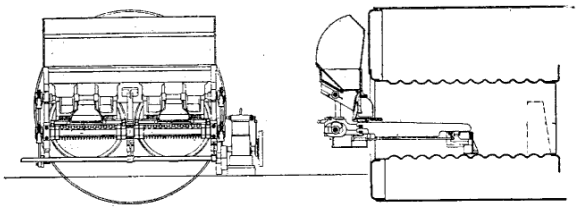


Fig. 2. — Grille mécanique *Vicar* pour chaudière de Cornouailles.

les barres paires (fig. 5), qui entraînent librement les barres impaires (fig. 4) par leur frottement, puis les barres paires ramènent en arrière leurs barreaux, mais sans entraîner les barreaux impairs, retenus par leurs cliquets, comme en figure 4, puis enfin les cames (figure 6) déclenchent les cliquets des barres impaires, que leurs dents ramènent en arrière. Les barreaux font ainsi graduellement avancer le charbon d'une

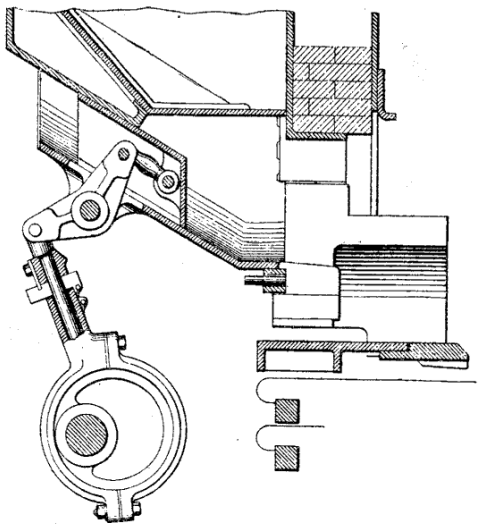


Fig. 3. — Grille mécanique *Vicar*. Détail d'un pousseur.

quantité variant de 0 à 100 millimètres suivant la position des taquets des barreaux pairs, réglée (fig. 5) par un cliquet. Entre chaque paire de plongeurs, une porte permet de ringarder le feu à la main. Les appareils de chacun des foyers se règlent et fonctionnent indépendamment, et quand l'un des pousseurs d'une paire avance, l'autre recule, de sorte que la répartition du charbon se fait avec une grande uniformité et sans admission de masses d'air froid.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

En figure 7, la grille mobile est suivie d'une grille fixe; en figure 8, les cendres sont évacuées automatiquement par un caniveau. La figure 9 indique l'application du système à une chaudière *Cahall* (1).

Grille à gradins Roney. — Nous avons décrit cette grille au *Bulletin* d'avril 1894,

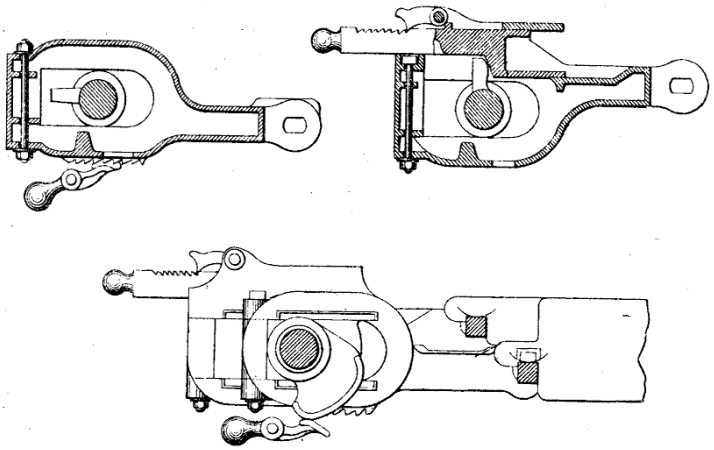


Fig. 4 à 6. — Grille mécanique *Vicar*. Commande de l'oscillation des barreaux

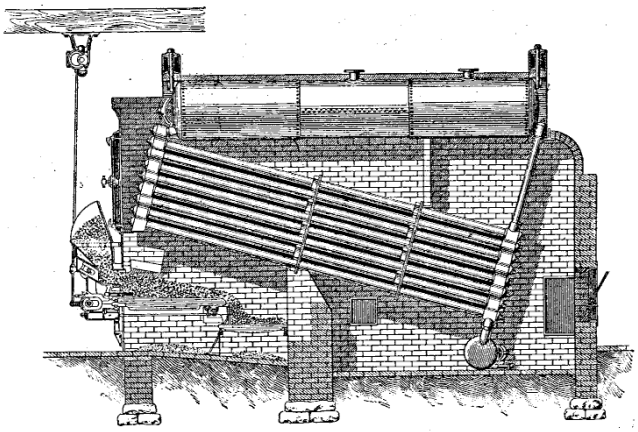


Fig. 7. — Grille *Vicar* pour chaudière à tubes d'eau.

p. 181. Pour assurer la fumivorité, il faut parfaitement mélanger les gaz combustibles à la quantité d'air nécessaire pour les brûler complètement, en les maintenant toujours à une température suffisamment élevée, puis répartir le charbon uniformément en quantité proportionnelle à la vaporisation de la chaudière : ces conditions peuvent se réaliser facilement avec une bonne grille mécanique et un chauffeur d'intel-

(1) *Bulletin* de juillet 1897, p. 1009.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ligence moyenne. D'après M. Roney, une bonne grille mécanique doit être simple, robuste, se prêter au service automatique du charbon et des cendres, sans admission d'air froid, pouvoir s'adapter à toute sorte de charbon, être accessible et

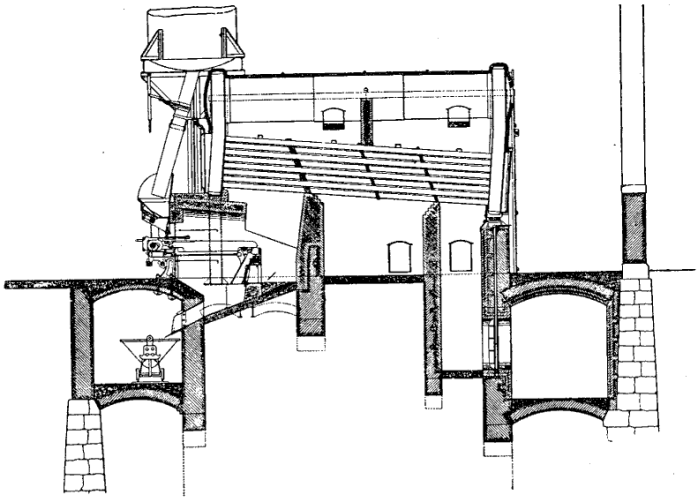


Fig. 8. — Grille *Vicar* avec voûte réfractaire et évacuation des cendres.

facile à réparer. La grille Roney est très répandue aux États-Unis : on cite, comme très remarquable, une installation de 9 000 chevaux à la raffinerie de Spreckel (Phila-

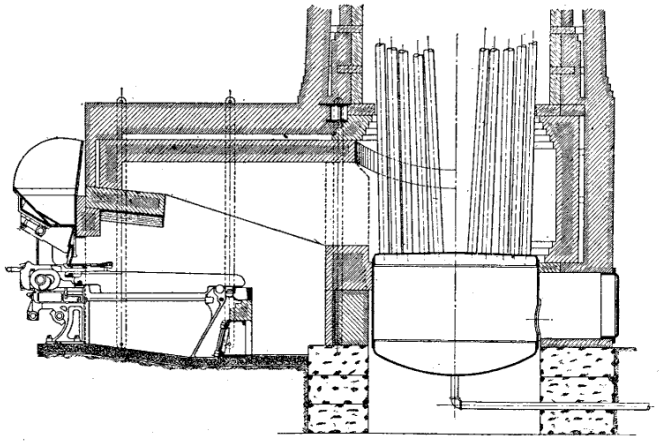


Fig. 9. — Grille *Vicar* pour chaudière *Cahall*.

delphie), avec chaudières Babcox-Wilcox, entièrement automatique depuis l'arrivée du charbon aux trémies des grilles jusqu'à l'enlèvement des cendres. Une grille pour chaudière de 150 chevaux n'exige, pour son fonctionnement, qu'un quart de cheval. On a pu l'employer aussi avec de la tannée, sciure de bois, etc.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Grille Babcox Wilcox. — Cette grille est du type a chaine sans fin, montée sur un

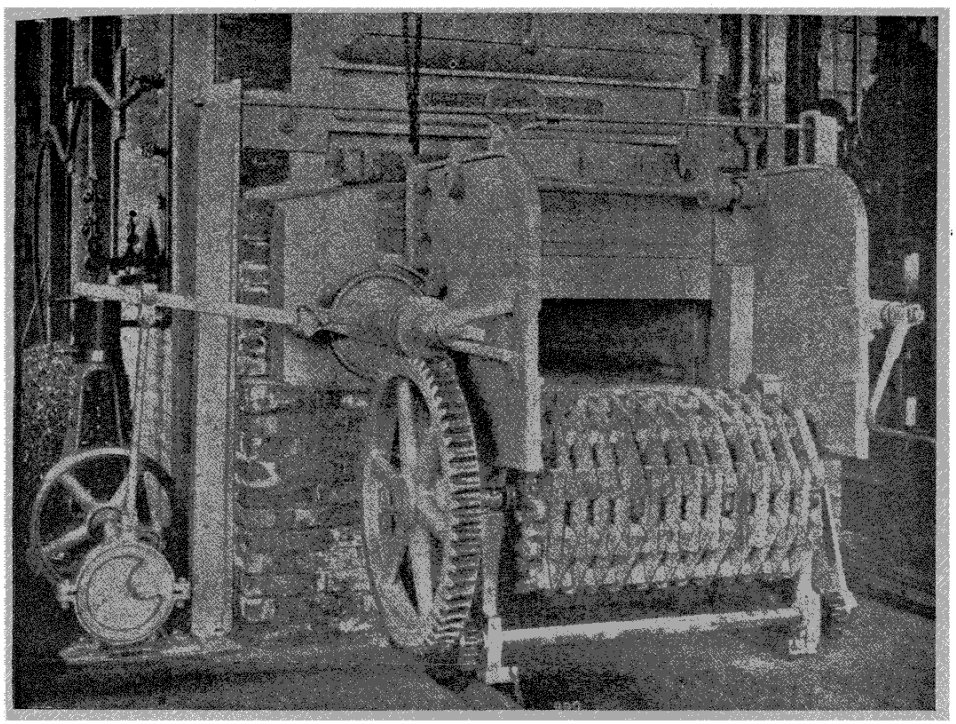


Fig. 10. — Grille *Babcox-Wilcox.*

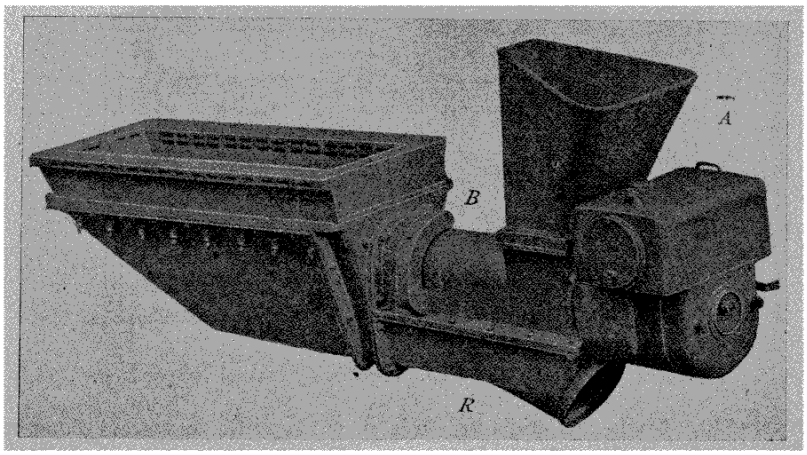


Fig. 11. — Grille mécanique *American.* Ensemble du chargeur.

chariot permettant de la retirer du foyer (fig. 10) et facile à remplacer. L'alimentation du charbon est réglée par l'ouverture de la trémie de chargement. La grille, continuel-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

lement en mouvement, est actionnée par une petite machine à vapeur. Cette grille ne convient que pour les charbons bitumineux. Sa largeur varie de 1m,15 à 2m,90 et sa longueur de 1m,80 à 2m,40.

Grille mécanique American. — C'est une grille à vis en dessous. La vis B (fig. 11 et 15)

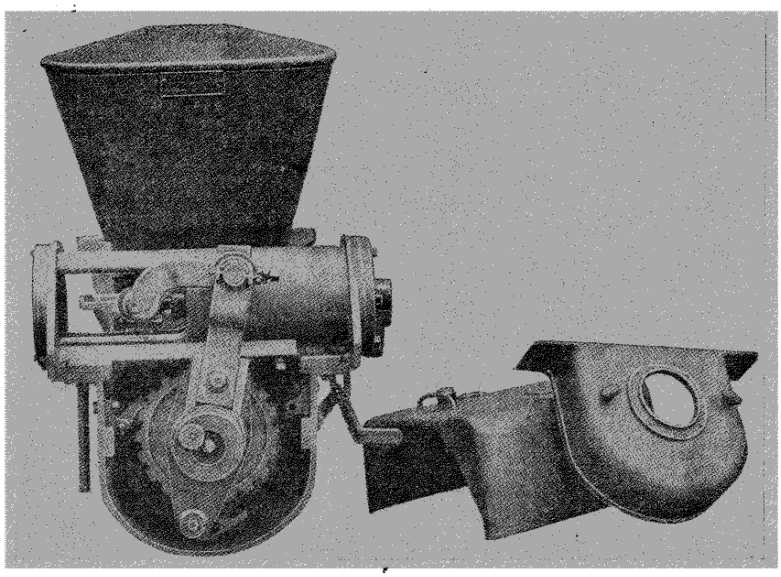


Fig. 12. — Grille *American*. Commande du chargeur.

reçoit son charbon de la trémie A, et l'air par un ventilateur, en R; elle est mue par une petite machine à vapeur au moyen d'un rochet (fig. 12). Le charbon frais se trouve

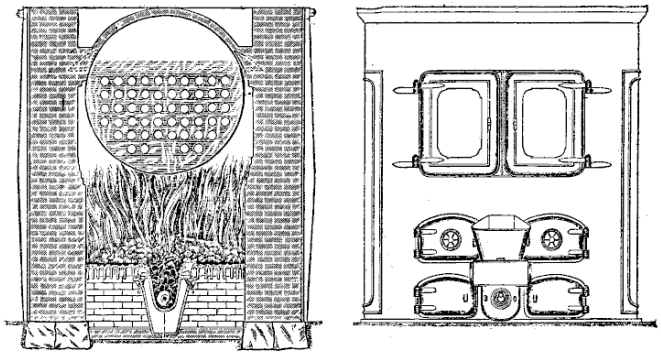


Fig. 13 et 14. — Grille *American*. Coupe transversale et vue par bout.

ainsi déversé (fig. 13) de part et d'autre de la vis sur la grille, au travers d'une couche incandescente de 0m,30 à 0m,50 d'épaisseur. L'air fourni par le ventilateur, en quantité rigoureusement réglée, se mêle aux hydrocarbures dans leur passage au travers de la masse incandescente, et assure une combustion fumivore, d'après la théorie bien connue de ce genre de grilles.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Grille Wilkinson. — La grille est (fig. 16 et 17) constituée par une série de barreaux creux, à gradins, et inclinés, suivant la nature du charbon, de 20 à 30°, recevant en B un jet de vapeur de 1 millimètre et demi de diamètre, dont l'air entraîné se diffuse dans le

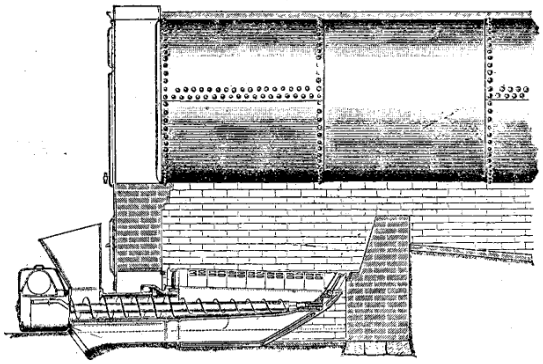


Fig. 15. — Grille *American*. Coupe longitudinale.

charbon par les trous des gradins. Ces barreaux, indépendants les uns des autres, reçoivent un mouvement de va-et-vient d'un mécanisme qui exige environ un dixième de cheval par grille. Chaque barreau, de 100 millimètres de large, a 26 tuyères

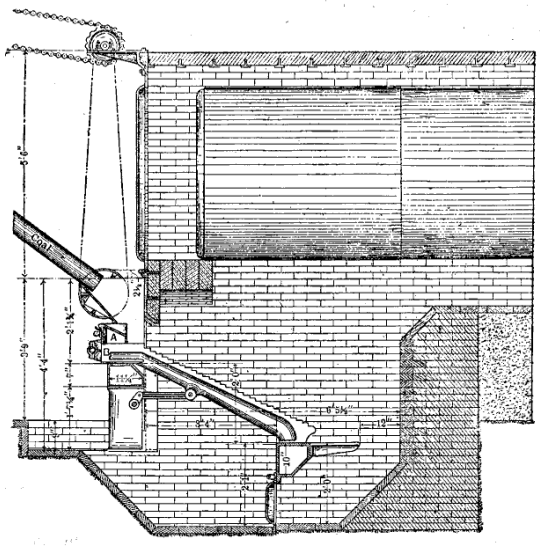


Fig. 16. — Grille *Wilkinson*.

de 60×15 $^{m}/_{m}$, soit 405 tuyères pour une grille de $1^{m},50$ de large, de manière à diffuser uniformément l'injection d'air, qui, en même temps qu'elle active et parfait la combustion, empêche les barreaux de se brûler. On en cite marchant depuis six ans jour et nuit. On obtient ainsi, même avec l'anthracite, des flammes de 12 mètres de long

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

parfaitement fumivores. On dépense, pour l'injection d'air, 5 à 7 p. 100 de la vapeur de la chaudière. La vaporisation s'est élevée, avec de l'anthracite, jusqu'à 12k,9 par kilogramme de charbon.

Grille Mac Kenzie. — Le foyer est en briques réfractaires (fig. 18-21), avec déflecteurs latéraux D (fig. 21) en pièces de 80 kilog. chacune; colonnes d'appel et de distribu-

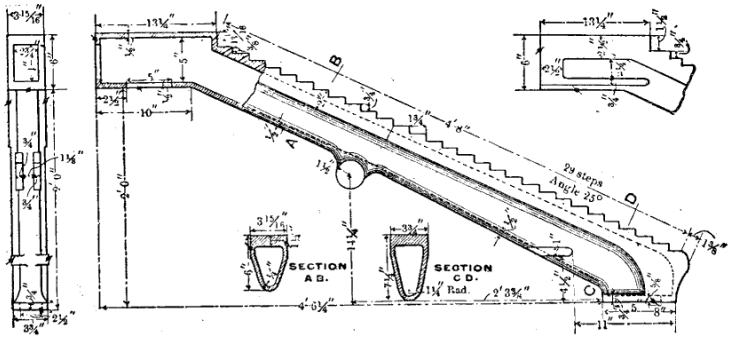


Fig. 17. — Grille *Wilkinson*. Détail d'un élément.

tion d'air F et H, de 180 kilog., toutes massives, pour pouvoir bien résister au feu : l'air entre aussi à l'arrière du foyer par des tuyaux en fonte A B C, avec ou sans appel par une injection de vapeur qui permet de presque doubler l'activité de la grille en ne dépensant ainsi que 1 p. 100 de la vapeur produite par la chaudière. Grille à barreaux

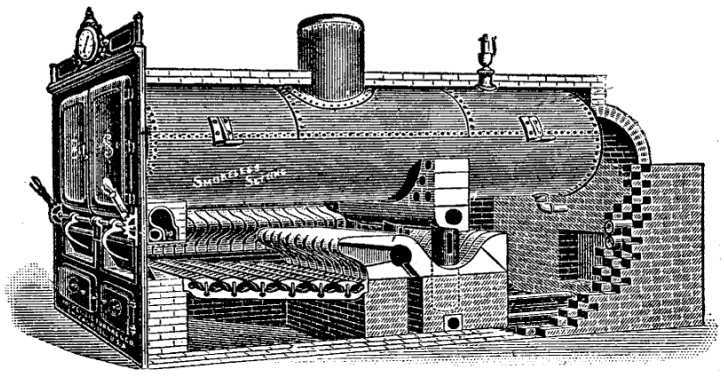


Fig. 18. — Grille *Mac Kenzie*.

oscillants transversaux. On réalise ainsi un foyer très chaud et facilement fumivore, grâce à sa température élevée et au brassage énergique du gaz avec l'air préalablement chauffé dans son trajet et au travers des conduits réfractaires.

Grille Coxe. — Cette grille a été décrite à la page 183 de notre *Bulletin* d'avril 1894; son fonctionnement a pour objet de réaliser les conditions suivantes : ne jamais mélanger le combustible frais avec celui déjà en combustion; obtenir une combustion régulière, uniforme et continue, aussi automatique que possible. La grille Coxe, du

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

type à chaîne sans fin, est caractérisée par ce que la proportion d'air admise au combustible augmente de l'avant au milieu de la grille, puis diminue du milieu à l'arrière, à mesure que la combustion se poursuit. A son entrée, le charbon reçoit juste l'air

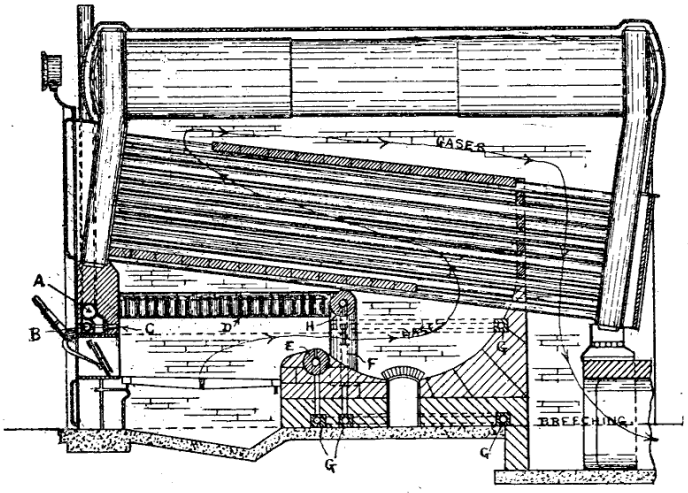


Fig. 19. — Grille *Mac Kenzie* pour chaudière à tube d'eau.

nécessaire pour l'enflammer, puis de plus en plus d'air jusqu'à sa pleine combustion, et ensuite de moins en moins, à mesure que diminue aussi l'épaisseur du combus-

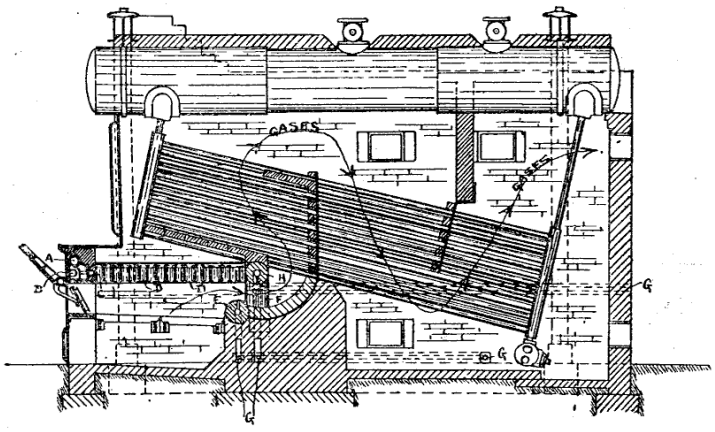


Fig. 20. — Grille *Mac Kenzie* avec autel à déflecteur.

tible sur la grille. Les barreaux de la grille, sont représentés détachés en figure 22, ainsi que les plaques perforées qui les supportent, avec galets d'entraînement sur chaînes en acier. Les barreaux ont 200 × 16 de large, avec vides de 6 millimètres entre eux : on remplace un barreau usé en le faisant sauter d'un coup de marteau et en

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

enfilant un barreau neuf au bout de la plaque correspondante. La grille marche très lentement, à la vitesse de 0m,90 ou 1m,80 à l'heure, sans aucune secousse, avec une

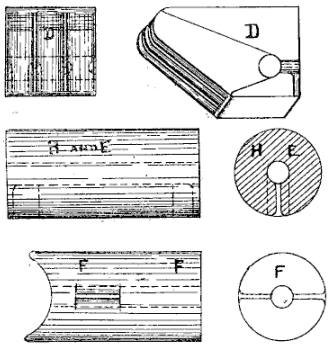


Fig. 21. — Grille *Mac Kensie*. Détails des pièces en terre réfractaire.

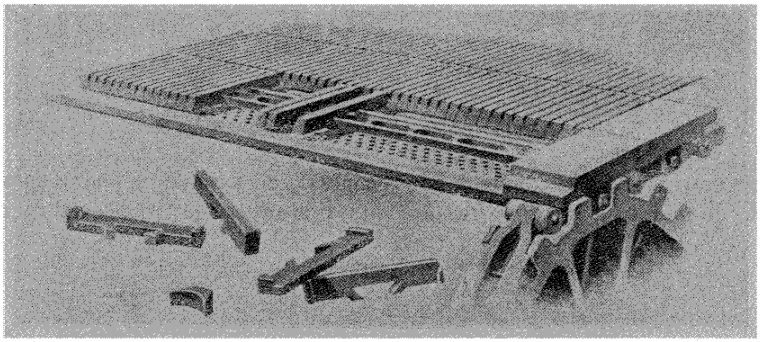


Fig. 22. — Grille *Coxe*.

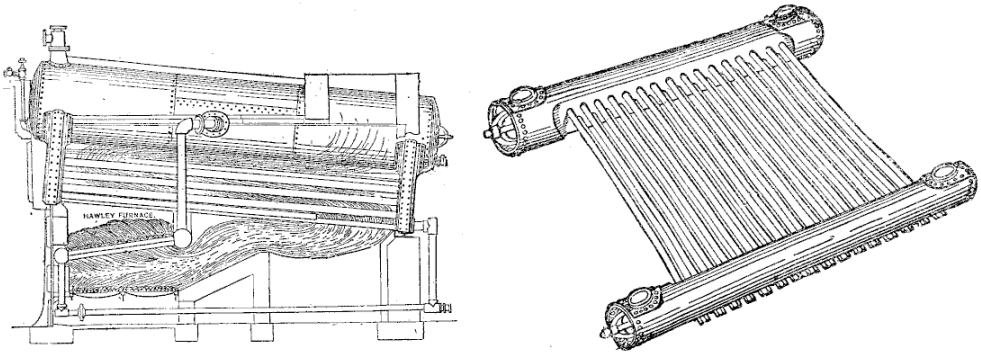


Fig. 23 et 24. — Grille double *Hawley* pour chaudière à tubes d'eau.

très faible usure. On les fabrique de 0m,90 à 3 mètres de large, adaptables à toutes les chaudières et à tous les charbons. Les gaz de la combustion présentent, en moyenne,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

la composition suivante : acide carbonique, 16,22 p. 100; oxygène libre, 2,54; traces d'oxyde de carbone.

Grille Hawley. — C'est (fig. 23 et 24) une grille double : une grille inférieure ordinaire et une grille supérieure, en tubes à eau de 50 millimètres de diamètre, reliés par des collecteurs de 250 millimètres, et recevant l'eau d'alimentation à l'avant. Le combustible brûle sur cette grille à eau, incandescent en haut et frais au bas, avec tirage renversé : les gaz achèvent de se brûler entre les deux grilles et au contact du coke incandescent de la grille inférieure. Les tubes de la grille à eau vaporisent, par mètre carré de chauffe, cinq fois plus que la chaudière. Ce foyer donne une combustion économique, fumivore et exige très peu de décrassage, en partie parce que les gaz sont brûlés avant de se refroidir au contact de la chaudière. Dans un essai, cette grille a donné les résultats suivants :

Grilles.	Ordinaire.	Hawley.
Rendement de la chaudière et du foyer.	63,9 p. 100	79,6
Perte à la cheminée.	20,8 —	17,3
— par combustion imparfaite	5,7 —	0,3
Cendres et rayonnement..	10,6 —	2,8

Elle permet d'augmenter de 30 p. 100 la vaporisation.

Grille Murphy. — Chaque foyer comprend (fig. 25 et 26) deux grilles inclinées, recevant automatiquement et par côté leur charbon, avec alimentation d'air chauffé dans

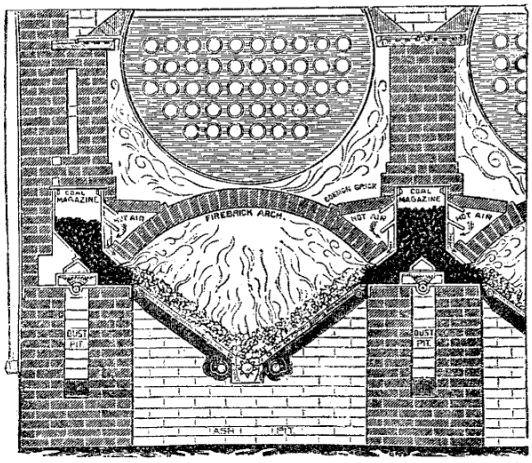


Fig. 25. — Grille *Murphy*.

les carneaux. Le charbon, à mesure qu'il avance, distille, se transforme en coke et brûle, puis les cendres s'évacuent au bas, où se trouvent, de chaque côté du V, deux secoueurs levant un barreau sur deux et, au centre du V, un déchargeur automatique. Peut brûler 230 kilogrammes par mètre de longueur de grille. Les grands foyers brûlent jusqu'à une tonne par heure. Le décrasseur est rafraîchi par une injection d'air et de vapeur qui l'empêche de coller. La grille est recouverte tout entière par une voûte en briques qui en conserve la chaleur. Économique et fumivore.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Grille Acme (fig. 27-30). — Le charbon est amené de la trémie A sur le seuil D par le pousseur B, que manœuvre le levier réglable E (fig. 27); de là, il tombe sur la

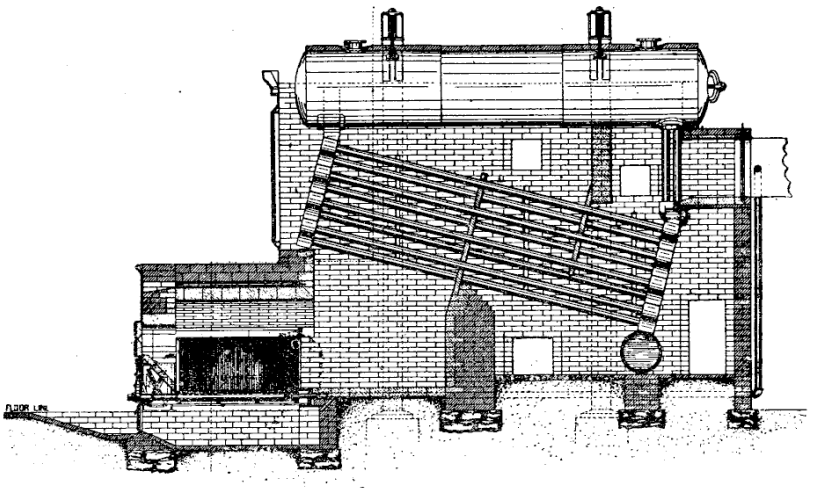


Fig. 26. — Grille *Murphy* pour chaudière à tubes d'eau avec foyer séparé.

grille auxiliaire D, à larges entrées d'air, puis sur la grille G, en barrettes de 30 millimètres de large, alternativement fixes et mobiles, et commandées par les leviers K,

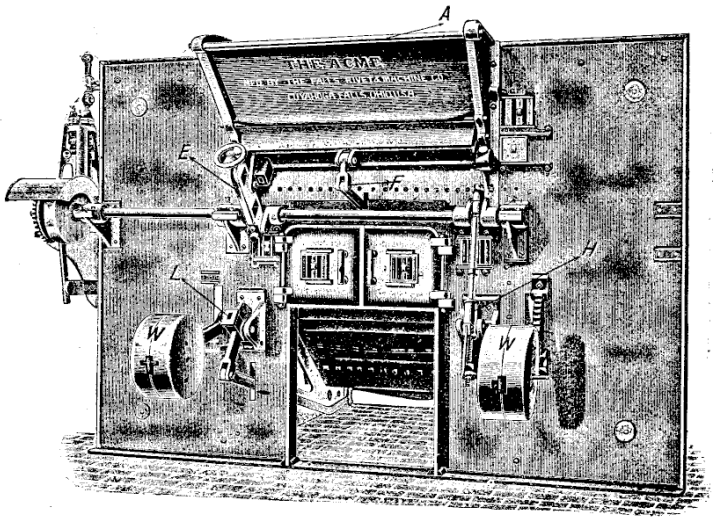


Fig. 27. — Grille *Acme* en marche. Vue en arrière du foyer.

réglés en H, qui leur impriment un mouvement de levée puis d'avance, de manière à amener graduellement le charbon au jette-feu J'. Ce jette-feu est manœuvré par le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

levier L. Pour jeter le feu et ringarder la grille, on fait prendre à D G et J les positions indiquées en figures 29 et 30, les contrepoids W W aidant ensuite à relever G. L'avant-

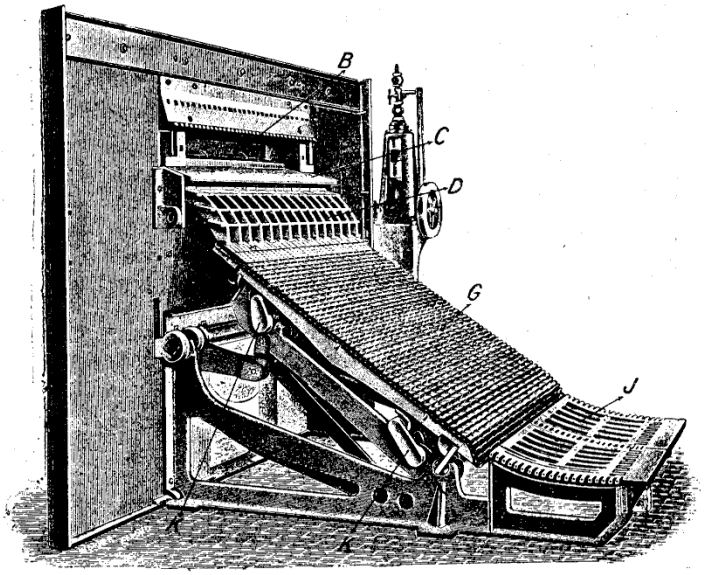


Fig. 28. — Grille *Acme* en marche. Vue dans le foyer.

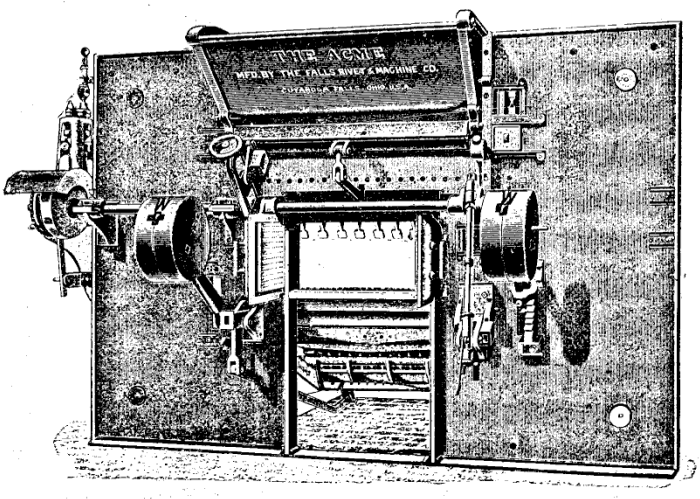


Fig. 29. — Grille *Acme* en décrassage.

grille D est surmontée d'un auvent en briques réfractaires. Le charbon chauffé en C achève de se transformer en coke et de s'allumer en D, puis il brûle en G et s'évacue en J.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

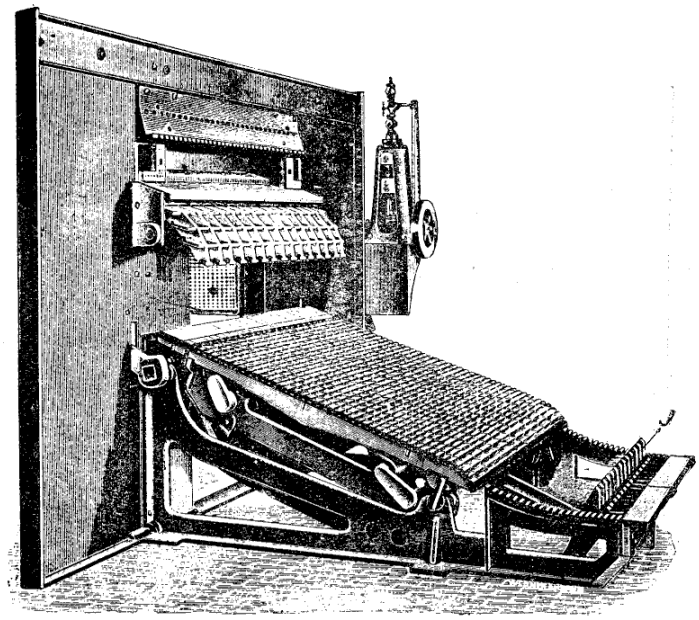


Fig. 30. — Grille *Acme* en décrassage.

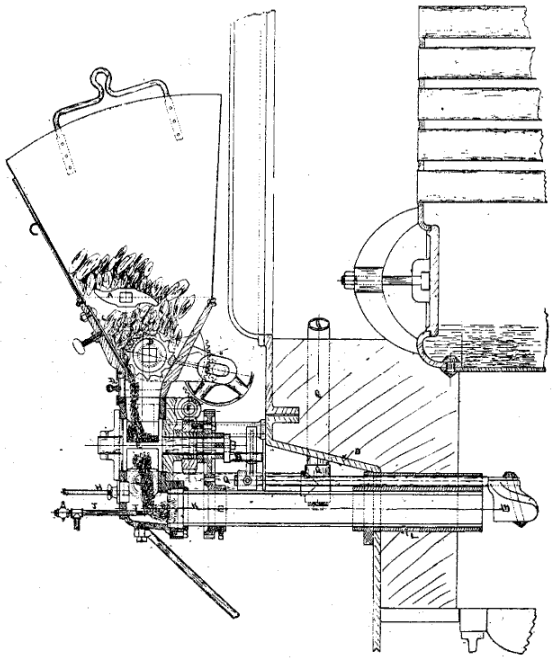


Fig. 31. — Grille *Davies*.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Grille Davies. — Le charbon, broyé en A B (fig. 31), est soufflé dans le foyer par le jet de vapeur J, mélangé à l'air chaud que ce jet aspire par G, puis étalé par le déflecteur M.

MACHINE **Levedahl** A GARNIR LES ROUES DE VÉLOCIPÈDES A JANTE EN BOIS

Cette machine, construite par la *Aurora automatic Machinery C°*, d'Aurora, a (fig. 32-50) pour objet de découper, dans une bande d'acier continue des œillets W fig. 42), puis de les sertir automatiquement dans la jante en bois K de la roue.

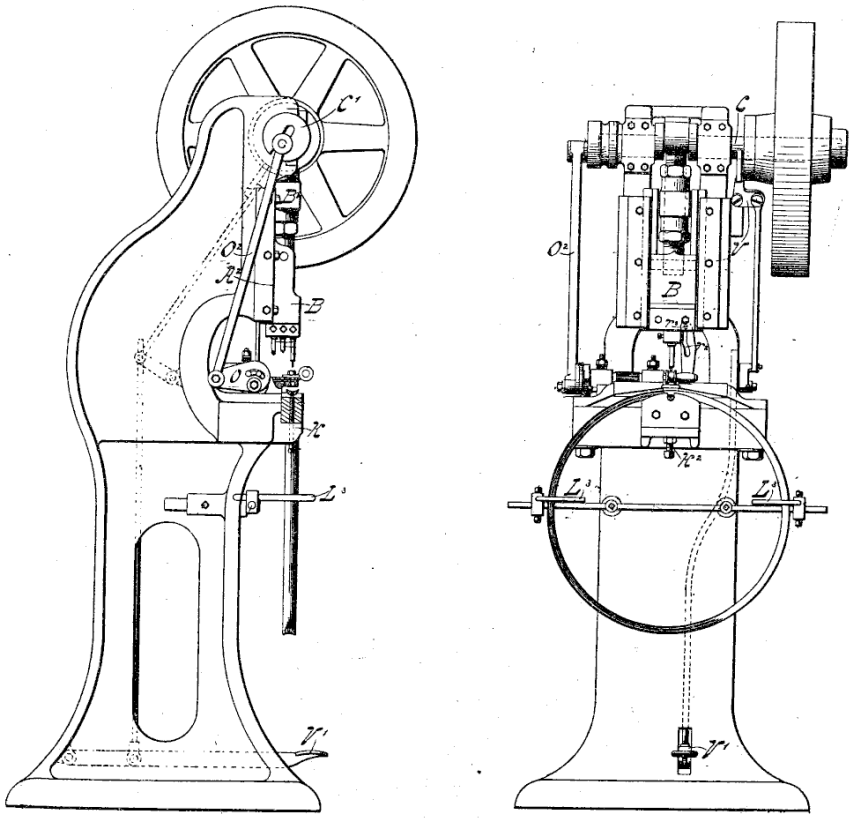


Fig. 32 et 33. — Sertisseuse *Levedahl*. Élévation et vue par bout.

Le découpage et l'emboutissage des œillets W dans la bande S (fig. 35) se font au moyen de trois poinçons F F_1 F_2 (fig. 44), fixés à la glissière B (fig. 32), et des matrices D_2 D_3 D_4 (fig. 41) de la plaque D (fig. 35 et 44). Le poinçon F (fig. 44), à dents f' f_4, correspondant aux découpures triangulaires s_1 (fig. 35) et à centre f, correspondant au trou s, est guidé à l'entrée de D_2 par les crénelures D_2 (fig. 48 et 49) correspondant aux dents f'. Ainsi qu'on le voit en fig. 9, ce poinçon poinçonne dans l'avant S′ de la bande

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

(fig. 35) le trou *s*, dont la bourre tombe dans la matrice G, puis il découpe et rabat sur G les triangles *s'* (fig. 35) ; le panneau F se relève ensuite, et le manchon J (fig. 48), à poussoirs *j'* et crémaillère J', soulevé par le bras I (fig. 39), repousse, concurremment avec le ressort I (fig. 44), la bande S sur la contre-plaque D', en la sortant de D_2.

Du poinçon F, la bande S, toujours appuyée sur D' par I, passe, au droit du poinçon F', sur la matrice crénelée H (fig. 44), et le poinçon F' y emboutit l'œillet,

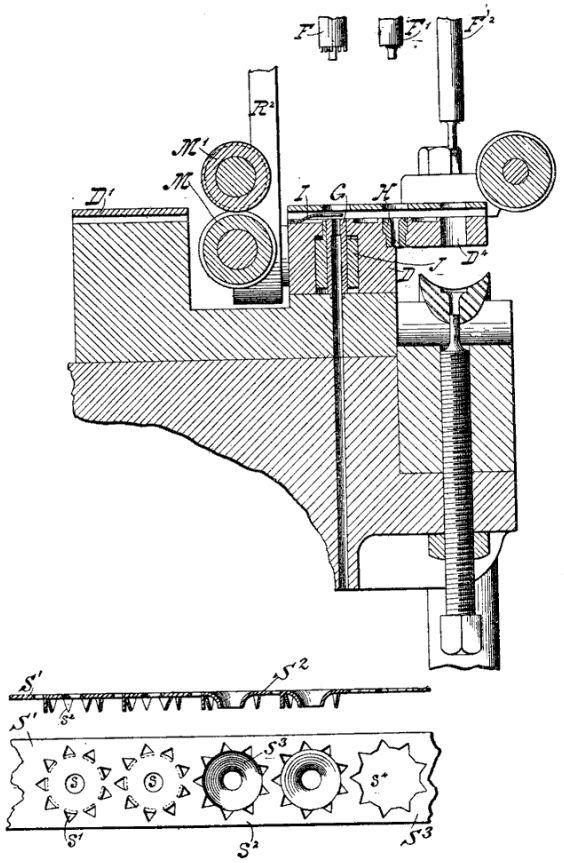


Fig. 34 et 35. — Sertisseuse *Levedahl*. Coupe 3-3 (fig. 36) et détail d'un sertissage.

comme en S_2 (fig. 35) pendant que F amène un nouvel œillet; puis l'œillet, amené sous le troisième poinçon F_2, est découpé comme en *s''* (fig. 35) et forcé au trou D_4 (fig. 34) dans la jante K, fixée au droit de F_2 par le piton K_2 (fig. 44). Les mors L_2 L_3 (fig. 2) limitent l'inclinaison que l'on donne à la main à la jante pour y insérer l'œillet dans la direction des rayons.

L'avancement de la bande K se fait au moyen des cylindres M et M' (fig. 34), conjugués par les pignons M_4 M_5 (fig. 40) pressés sur la bande par les ressorts E_4 E_4. Un rochet N, calé sur M, avec cliquet N', à dents *n n* (fig. 38), reçoit son mouvement de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

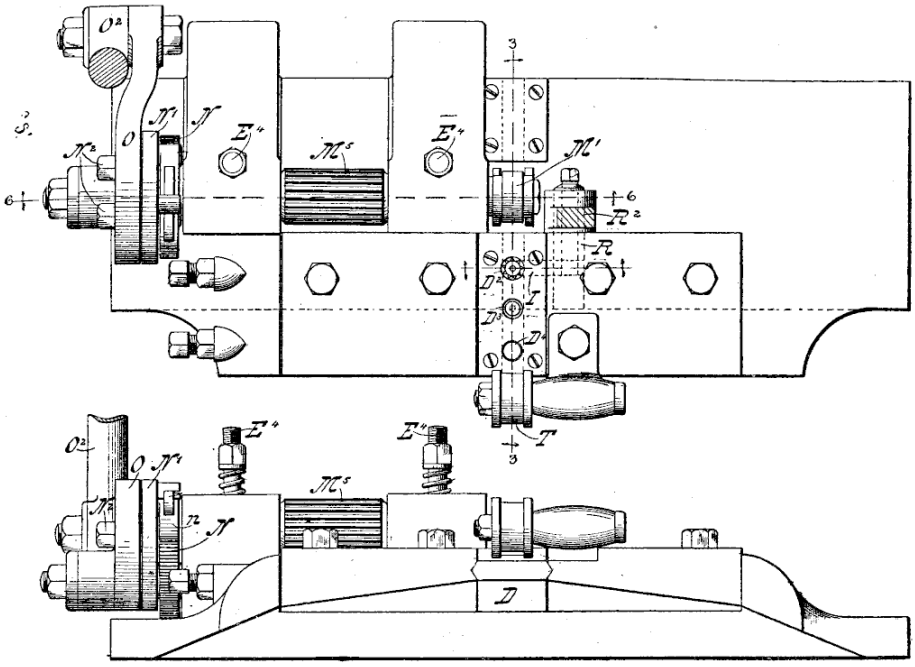


Fig. 36 et 37. — Sertisseuse *Levedahl*. Détail de l'avanceur.

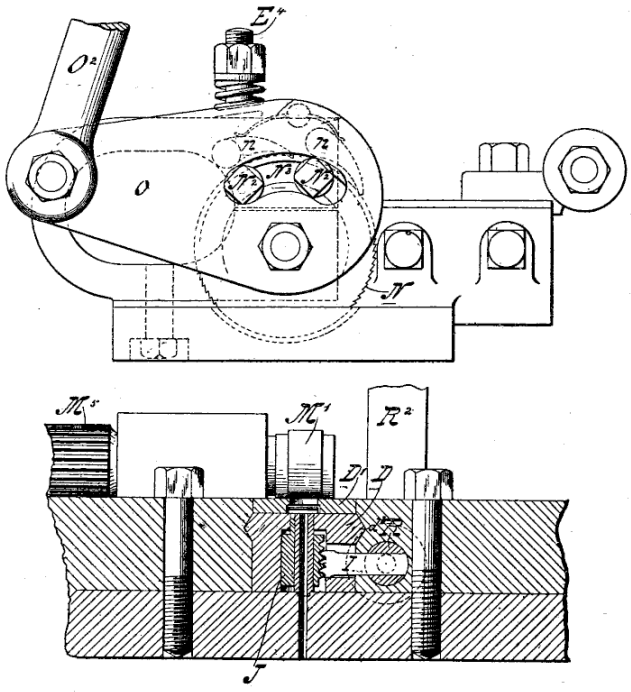


Fig. 38 et 39. — Sertisseuse *Levedahl*. Détail de l'avanceur et de l'extracteur.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

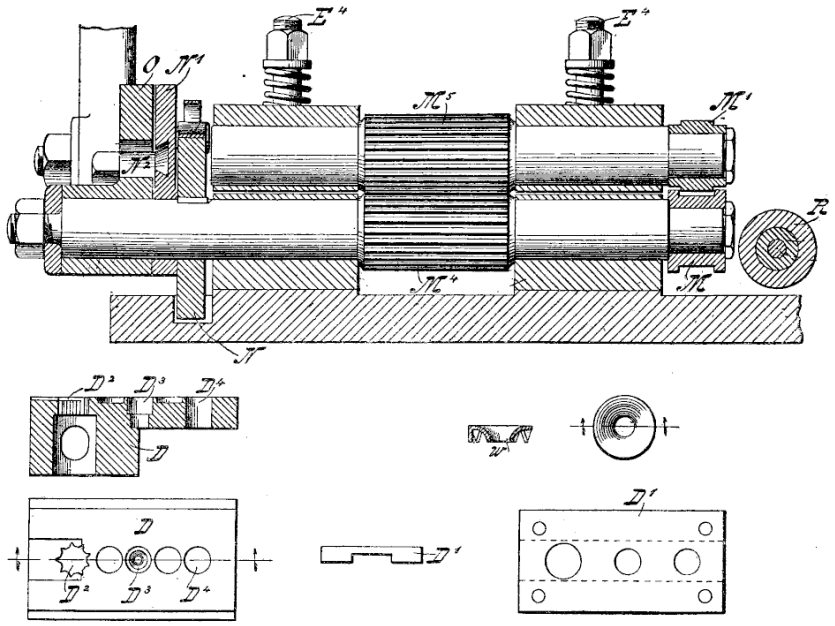


Fig. 40 à 43. — Sertisseuse *Levedahl*. Détail de l'avanceur (coupe 6-6 [fig. 36]) et des matrices.

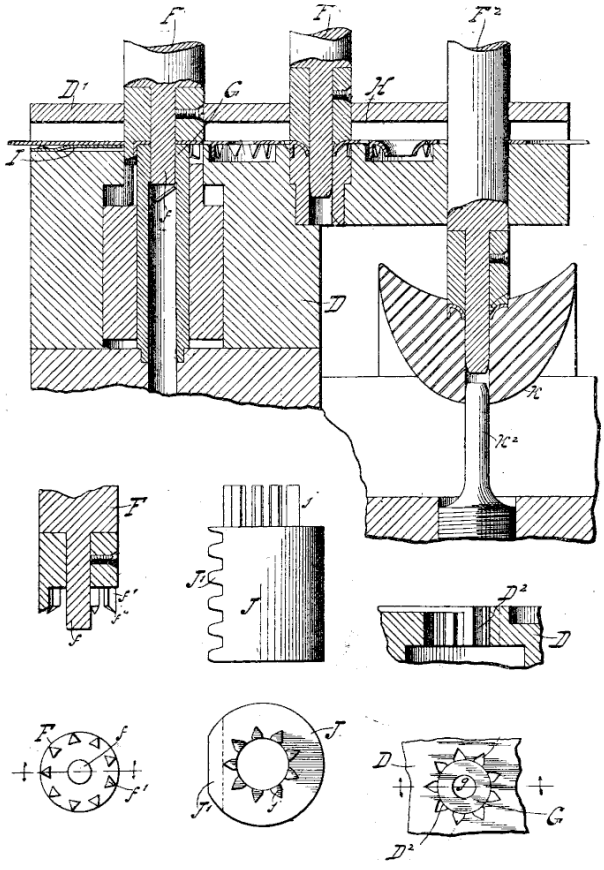


Fig. 44 à 50. — Sertisseuse *Levedahl*. Détail des poinçons.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

la manivelle O, reliée à N par la coulisse O′ et les boulons N^2, ce qui permet d'en régler la course, et la manivelle O est commandée (fig. 32) de la bielle O_2, par la manivelle réglable C_2.

Quant au bras I (fig. 39) qui commande l'éjecteur J, il est actionné, de l'arbre R, par le renvoi R_2 r^2 (fig. 32) de la glissière B.

Une pédale V′ permet d'arrêter immédiatement la machine par le débrayage V C (fig. 32 et 33).

DÉFORMATION DES MÉTAUX (ESSAI D'UNE THÉORIE). Notes de **M. Mesnager.**

Lorsque les métaux ferreux subissent une déformation permanente, à la surface, apparaissent des rides qui ont été quelquefois désignées sous le nom de *lignes de Luders* (2). En 1894 M. le chef d'escadron Hartmann constata que le phénomène se produisait avec tous les métaux et établit les lois suivantes :

1° *Au moment où la limite d'élasticité est dépassée*, il se produit généralement à la surface deux systèmes de courbes. Les lignes du premier système font, avec celles du second, des angles constants, *différents d'un droit*, indépendants de la température, mais variables avec la nature du corps. Il peut se produire également un troisième système de lignes, dirigé suivant la bissectrice de l'angle des deux premiers.

2° *Au-dessous comme au-dessus de la limite d'élasticité*, quand un corps est soumis à des efforts, une attaque par un acide étendu fait apparaître des lignes semblablement disposés et présentant les mêmes angles. Si les efforts cessent, l'attaque par l'acide redevient uniforme.

3° Les lignes des deux premiers systèmes sont, dans les cas où il a été possible de le vérifier, bissectées par la direction de la plus grande tension principale, et cette loi semble générale (3).

L'examen des pièces déformées nous a montré que la formation de ces lignes est accompagnée d'un glissement sur des éléments normaux aux surfaces extérieures. Donc, tant au-dessous qu'au-dessus de la limite d'élasticité, la tendance à la déformation par glissement est maxima dans des directions non *perpendiculaires*.

La résistance tangentielle n'a donc pas la même valeur limite dans toutes les directions à partir d'un point, car l'effort tangentiel résultant des efforts extérieurs est maximum dans des plans passant par l'axe de l'ellipsoïde des forces (d'élasticité de Lamé) correspondant à l'effort principal moyen et *également inclinés* sur les axes correspondant au plus grand et au plus petit effort.

D'autre part, la coïncidence constante des directions d'attaque maxima par l'acide avec celles des glissements prouve que cette attaque est maxima là où la différence entre la limite des efforts tangentiels résistants et la résultante tangentielle des efforts extérieurs présentent la plus petite différence.

Soit l'ellipsoïde de Lamé réduit à une droite représentant une tension positive v_z, φ l'angle de la normale à l'élément considéré avec la direction de cette force; on a pour effort tangentiel sur l'élément $\tau = v_z \sin\varphi\cos\varphi$, et pour effort normal $v = v_z\cos^2\varphi$. Je puis exprimer la résistance tangentielle en fonction de cet effort normal. La condition d'équilibre sera

$$\psi(v_z\cos^2\varphi) - v_z\sin\varphi\cos\varphi \geqq 0,$$

ψ étant une fonction inconnue à déterminer. En égalant à zéro la dérivée dans laquelle on a substitué à φ la valeur φ' du minimum fixe, il vient identiquement

$$\psi'\cos^2\varphi(v_z\cos^2\varphi) = -v_z\cot 2\varphi';$$

ce qui exige

$$\psi(v\cos^2\varphi) = -v_z\cos^2\varphi\cot 2\varphi + C$$

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 14 février 1898.

(2) *Bulletin* de septembre 1896, p. 1218 et janvier 1897, p. 103.

(3) *Comptes rendus*, 5 mars 1894, et brochure. Berger-Levrault et Cie; 1896.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Posant $\cot 2\varphi' = f$ et $C = \pi f$, l'équation (1) devient $(\pi - \nu) f - \tau \geq 0$. π est, selon toute probabilité, la résultante des attractions internes qui appliquent les deux portions du solide l'une sur l'autre et s'opposent à leur séparation. C'est la résistance à la rupture.

Dans le cas de compression, on trouve même valeur absolue de f.

D'après ces formules, dans le cas d'une tension uniforme, les normales aux plans de rupture par glissement devraient former autour de la direction de la tension un cône de révolution d'angle au sommet φ' et d'angle au sommet $\frac{\pi}{2} - \varphi'$ dans le cas d'une compression. Les glissements se produisent seulement dans les plans qui, en même temps, satisferont aux conditions de stabilité minima dans la couche superficielle et à l'intérieur.

On peut conclure de ces expériences que la limite des efforts tangentiels résistants a, dans les métaux, la même forme que le frottement de glissement extérieur. On peut donc assimiler la résistance au glissement interne à un *frottement*.

Ces résultats se généralisent facilement pour un ellipsoïde d'élasticité de forme quelconque en le considérant comme formé par la superposition de deux ellipsoïdes réduits à des droites et une sphère. Les glissements doivent se produire dans les plans passant par l'axe correspondant à l'effort moyen et faisant, avec l'axe correspondant à la plus petite tension, l'angle φ'.

En outre : 1° La rupture par glissement précède toujours la rupture par arrachement, car avec $\nu_z > \nu_y > \nu_x$ on trouve au moment du glissement

$$\pi = \frac{\nu_z + \nu_x}{2} + \frac{\nu_z - \nu_x}{2} \frac{\sqrt{1+f^2}}{f} \qquad \text{toujours} < \nu_z;$$

2° La limite d'élasticité à la compression est à la limite d'élasticité à l'extension dans le rapport $\frac{\sqrt{1+f^2}+f}{\sqrt{1+f^2}-f}$;

3° La grandeur de l'axe moyen de l'ellipsoïde d'élasticité est sans influence sur la limite des déformations permanentes;

4° On s'explique que le coefficient de contraction latérale, conformément aux déterminations expérimentales, peut, dans les solides, s'approcher de 0.5, puisqu'il provient en partie de glissements élastiques (les glissements donnent 0.5, puisque le volume ne change pas). Dans la déformation permanente, fréquemment le volume ne change pas.

Les valeurs du coefficient de frottement interne sont, pour les métaux, d'après les expériences de M. Hartmann : pour le ferro-nickel, le zinc, le maillechort, 0.84; pour le platine, l'étain, 0.78; pour l'acier à ressort trempé, 0.73; pour le cuivre rouge, 0.67; pour l'argent, 0.62; pour l'acier à ressort recuit, 0.49; pour le plomb, 0.29.

SUR DES LUNETTES AUTOCOLLIMATRICES A LONGUE PORTÉE ET UN VÉRIFICATEUR OPTIQUE DES LIGNES ET SURFACES DE MACHINES. Note de **M. Ch. Dévé** (1).

Les lunettes autocollimatrices à réticule éclairé ne donnent qu'une image très petite et vague, dès que le miroir sur lequel est dirigé l'instrument se trouve un peu éloigné; cet inconvénient résulte de la quantité insuffisante de lumière renvoyée dans la lunette et des moindres imperfections du miroir qui produisent de la dispersion. Les lunettes autocollimatrices comportant, comme objet lumineux, un petit trou percé dans un écran situé dans le plan focal de l'objectif ne donnent plus aucune image dès que le miroir est éloigné de quelques mètres, à cette distance, en effet, l'image, pour être visible, doit se former très près de l'objet; elle est alors complètement masquée par l'écran.

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 20 février 1898.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Lunettes. — Les lunettes que j'ai établies permettent d'employer comme objet lumineux un petit trou dans un écran situé dans un tube éclaireur latéral et de faire autocollimation à une distance quelconque (pratiquement, à 15 mètres ou 20 mètres avec une lunette de $0^{m},40$ de focale).

Une lame inclinée est interposée dans le corps de lunette en face du tube éclaireur, mais cette lame, sous peine de donner deux images, doit être infiniment mince; la lame réfléchissante employée est une lame d'air AB (fig. 51) d'environ $0^{mm},1$ comprise entre deux prismes ABC et ABDE. Les faces CB et AE sont parallèles; la face DE normale au tube éclaireur est symétrique de la face CB par rapport à la lame mince.

Grâce à ces dispositions, les rayons qui traversent le prisme et ceux qui se réfléchissent sur la lame mince ne subissent aucune décomposition et les images observées sont parfaitement achromatiques, si l'on a eu soin d'achromatiser le système prisme-objectif. L'inclinaison de la lame mince a été calculée de façon à obtenir le maximum d'intensité lumineuse des images observées tout en évitant la réflexion totale (1).

Cette lame n'a pas ses faces rigoureusement parallèles; elles font entre elles un angle très petit de façon à superposer les deux images dans le sens de l'axe de la lunette; cet artifice permet de donner à la lame une épaisseur assez grande pour éviter les franges d'interférences qui communiqueraient leurs colorations aux images.

Deux modèles de lunettes autocollimatrices à longue portée ont été établis. Le premier comporte un réticule fixe et un oculaire positif. Le second modèle comporte un oculaire négatif à grand champ sans réticule et une glace plane à faces parallèles

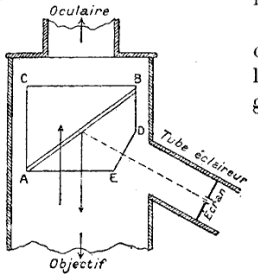


Fig. 51.

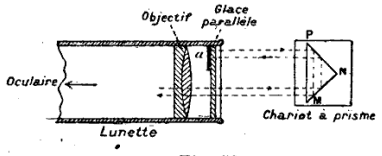


Fig. 52.

faisant corps avec la lunette et placée devant l'objectif; cette glace donne, par autocollimation, une image fixe qui remplace le réticule; un autre avantage de la glace est de produire avec le miroir sur lequel est pointé la lunette une série d'images secondaires par réflexions multiples, comme dans le collimateur de Fizeau dans l'appareil qui a servi au tracé des prototypes internationaux.

Grâce à ce dispositif, on voit facilement trois ou quatre images; les déplacements de la troisième image, par exemple, étant trois fois plus grands que ceux de la première, les inclinaisons du miroir sont évaluées trois fois plus exactement en se servant de la troisième image qu'en se servant de la première; la superposition des images mobiles à l'image réticulaire se fait aussi avec une très grande précision, puisque, toutes les images se centrant ensemble, la moindre erreur de centrage se traduit par une ovalisation apparente de l'image unique.

Toutefois, les avantages que présente ce second dispositif ne sont pratiquement utilisables que pour des visées sur un miroir assez rapproché; pour de plus grandes distances, le nombre des images secondaires diminue, et, d'ailleurs, la nécessité où l'on est de les enchevêtrer les unes dans les autres pour les maintenir dans un champ restreint, produit une certaine confusion.

Un autre dispositif a été établi en vue de ce cas particulier.

Un segment *a* (fig. 52) de la glace parallèle est argenté, et le miroir sur lequel se fait d'ordinaire l'autocollimation est remplacé par un prisme droit à 90° dont l'hypoténuse fait face

(1) La perfection des diverses faces du prisme est une condition essentielle de la netteté des images; je dois rendre hommage ici à l'habileté de M. l'ingénieur Jobin, qui a construit les parties optiques de ces appareils.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

à la lunette. L'arête du dièdre droit étant placée vis-à-vis du bord *b* du segment argenté, la face MN seule reçoit les rayons émis par la lunette; ces rayons sont successivement réfléchis par la face NP, le segment *a*, les faces NP et NM et renvoyés dans la lunette. Grâce à ces réflexions successives, l'image observée se déplace avec la même amplitude que le ferait la deuxième image dans le cas des images multiples produites entre deux glaces parallèles et possède une intensité lumineuse considérable.

Un autre avantage non moins appréciable de ce système est que le prisme est insensible aux désorientements qui peuvent se produire parallèlement à sa base; on limite ainsi les déplacements de l'image au sens vertical ou au sens horizontal, suivant la position que l'on donne au prisme, ce qui élimine des écarts accidentels souvent gênants.

Miroirs mobiles. — Un jeu de chariots porte-miroir permet, entre autres opérations, de contrôler la rectitude des trous cylindriques, des règles ou des marbres de toutes dimensions, ce qu'aucun instrument n'avait permis de faire d'une façon pratique jusqu'à ce jour (1). D'autres

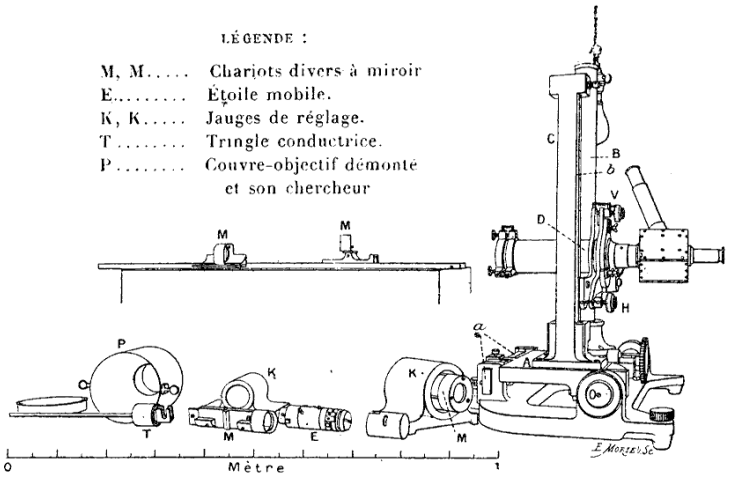


Fig. 53.

chariots portant deux miroirs en demi-cercles, solidaires de touches diamétrales, servent à vérifier les variations de diamètre des trous cylindriques des machines et des bouches à feu, et constituent des *étoiles mobiles* à indications continues permettant de localiser sur une génératrice ou sur l'autre les dépressions et saillies accidentelles.

Organes mécaniques de l'appareil. — La lunette est montée sur un support comportant une translation horizontale et une translation verticale d'environ $0^m,30$ d'amplitude, permettant de déplacer la lunette parallèlement à elle-même pour l'amener en face des différentes lignes ou surfaces dont on veut vérifier le parallélisme. Ces déplacements sont obtenus d'une façon rigoureusement parallèle par le dispositif suivant :

Un chariot A (fig. 53) coulisse horizontalement en s'appuyant par deux coussinets sur un rbre horizontal O, et par une pointe mousse sur la tranche d'une règle en acier *a*. Le chariot A porte une colonne B et un pilier C, contre lequel est logée une règle verticale *b*. Un plateau D coulisse verticalement en s'appuyant sur la colonne et sur la règle verticale; une crapaudine, rapportée dans le bas du plateau, supporte tout le poids de la lunette et deux vis calantes à tambours gradués V et H mesurent les petits mouvements angulaires horizontaux et verticaux

(1) J'ai établi un instrument basé sur le même principe qui sert à contrôler le dressage des canons de fusil (*Revue d'Artillerie*, 1896, et *Bulletin de la Société de Physique*, 1897).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

qu'il faut imprimer à la lunette pour suivre l'image quand le miroir mobile indique un défaut de rectitude ou de parallélisme. Pour régler le parallélisme des déplacements verticaux, on vise dans la lunette un fil à plomb éloigné et l'on agit sur la règle *b*, soit en variant son inclinaison, soit par des retouches locales, jusqu'à ce que le pointé suive exactement le fil à plomb pendant toute la course que peut faire la lunette du haut en bas de la colonne. On règle le parallélisme des déplacements horizontaux en agissant de la même manière sur la règle *a*, de façon qu'un niveau sensible placé sur le chariot A normalement à la règle reste horizontapendant toute la course que peut faire le chariot de la droite à la gauche de l'appareil. Après les retouches, la règle *a* n'est plus droite, mais son profil rachète toutes les flexions produites par le poids des chariots et de la lunette dans toutes les positions possibles.

Grâce à l'exactitude de ces translations, l'appareil peut servir à vérifier le parallélisme d'éléments de droites ou de plans qui ne sont pas vis-à-vis et qui, par suite, échappent au contrôle des vérificateurs à palpeurs.

Un œilleton spécial facilite la recherche de l'image. Divers accessoires permettent d'étendre ces procédés de vérification à des plans ou lignes perpendiculaires, à des barres cylindriques ou prismatiques, dont on peut mesurer la rectitude ou la flèche indépendamment de la flexion produite par le poids même du chariot porte-miroir, en ayant soin de répéter l'opération avec un deuxième chariot d'un poids double. Un autre dispositif permet encore d'appliquer les mêmes procédés aux lignes et plans qui ne sont déterminés que par leurs tracés.

LIQUÉFACTION DE L'AIR PAR LES MACHINES **Linde** (d'après *M. Ewing*) (1).

Quand l'air liquéfié se vaporise, l'azote, dont le point d'ébullition est de 13° plus bas que celui de l'oxygène, se vaporise d'abord, ce qui permet de constituer une atmosphère riche en oxygène, ainsi que l'indique le tableau suivant, dont les résultats sont représentés par les courbes du diagramme fig. 54. Ces chiffres ne sont exacts que si la vaporisation s'opère lentement. En pratique, il faut, pour obtenir une atmosphère à 50 p. 100 d'oxygène, vaporiser les $\frac{4}{5}$ de *m* au lieu de $\frac{2}{3}$.

PROPORTIONS EN TANT P. 100

m du liquide non encore vaporisé.	d'oxygène dans le liquide.	*b* d'oxygène dans la vapeur.	*n* de l'oxygène primitif encore dans le liquide.
100.	23.1	7.5	100
50.	37.5	15	80
30.	50	23	65
20.	60	34	52
15.	67.5	42	43
10.	77	52	33
5.	78	70	19

La température critique de l'air est de — 140°; on peut l'atteindre par vaporisation de l'éthylène liquide dans le vide, de sorte qu'on peut liquéfier l'air en le refoulant dans un condenseur à surfaces refroidi par la vaporisation d'éthylène liquide, dont les vapeurs sont refoulées par une pompe dans un second condenseur, refroidi par une vaporisation d'acide carbonique liquide, les vapeurs de cet acide étant liquéfiées dans un condenseur à eau.

(1) *Society of Arts*, 11 mars 1897. Voir aussi nos *Bulletins*, octobre 1895, p. 1114; avril 1896, p. 621; octobre 1897, p. 1404.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le procédé Linde est, comme on le sait, fondé sur le principe de la régénération du froid. L'air refoulé à très haute pression par la pompe P (fig. 53) passe, après avoir cédé sa chaleur de compression au serpentin J. K. L. dans le tube intérieur B du serpentin D E, appelé échangeur des températures, d'où il s'échappe, par un robinet d'étranglement R, dans la chambre T, en se refroidissant ainsi par sa détente sans accomplir de

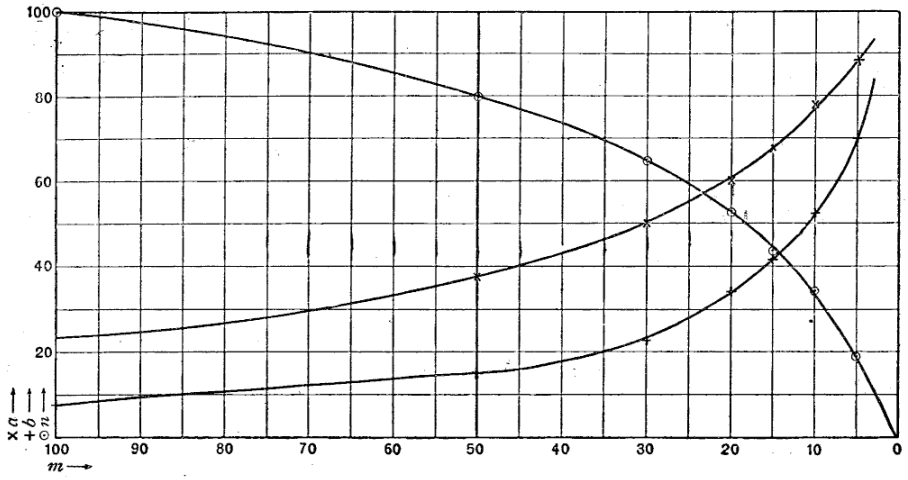


Fig. 54.

travail. Ce refroidissement a lieu parce que, l'air n'étant pas un gaz parfait, son travail interne n'est pas nul et augmente à mesure que sa température baisse; aux températures ordinaires, le refroidissement est d'environ $\frac{1}{4}$ de degré par atmosphère de chute de pression. De la chambre T, l'air refroidi revient à l'aspiration G de la pompe par le tube enveloppe du serpentin D, qui se trouve alors refroidi. Comme l'air aspiré ainsi par G est lui-même plus froid qu'au premier coup de la pompe, et ainsi de suite, on conçoit que l'air arrive en T de plus en plus froid à chaque coup de pompe, jusqu'à sa liquéfaction. Dans son premier essai, Linde, en mai 1895, obtint ainsi l'air liquéfié après quinze heures de marche.

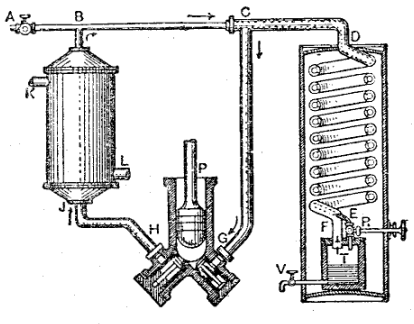


Fig. 55.

On pourrait faire, au contraire, exécuter à l'air comprimé par la pompe G un travail sur un piston, — comme dans les machines frigorifiques à air — puis refroidir avec cet air la nouvelle aspiration de la pompe. C'est ce qu'avait essayé M. Solvay, mais sans pouvoir descendre au-dessous de — 95°, parce que, à cette température, la chaleur dégagée par le frottement du piston et le rayonnement du cylindre compensait le refroidissement dû au travail de l'air.

Dans l'appareil représenté schématiquement par la figure 56, l'échangeur est en deux parties, dont les deux tubes intérieurs, réunis en A, amènent l'air comprimé dans le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

serpentin du liquéfacteur B, puis en B par le détendeur C. Le gaz qui se vaporise de B, presque totalement de l'azote, s'en va par le serpentin extérieur de gauche de l'échangeur en N, tandis que le liquide de B, riche en oxygène, passe lentement, par D, au serpentin de droite en O.

Le refroidissement de l'air est proportionnel à la différence de pression $p_2 - p_1$ en C et le travail de la pompe au logarithme du rapport $\frac{p_2}{p_1}$, qu'il faut rendre aussi petit que possible, en faisant p_2 très grand ; dans les appareils de Linde $p_2 = 200$ atmosphères et $p_1 = 50$. Si l'on abaissait p_1 à la pression de l'atmosphère, au lieu de 50, la puissance frigorifique augmenterait d'un tiers seulement, tandis que le travail de la pompe serait quadruplé.

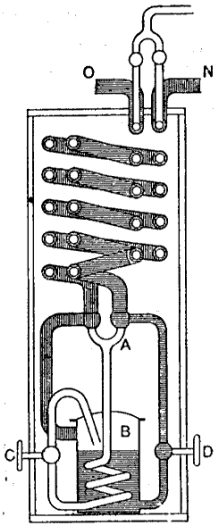


Fig. 56.

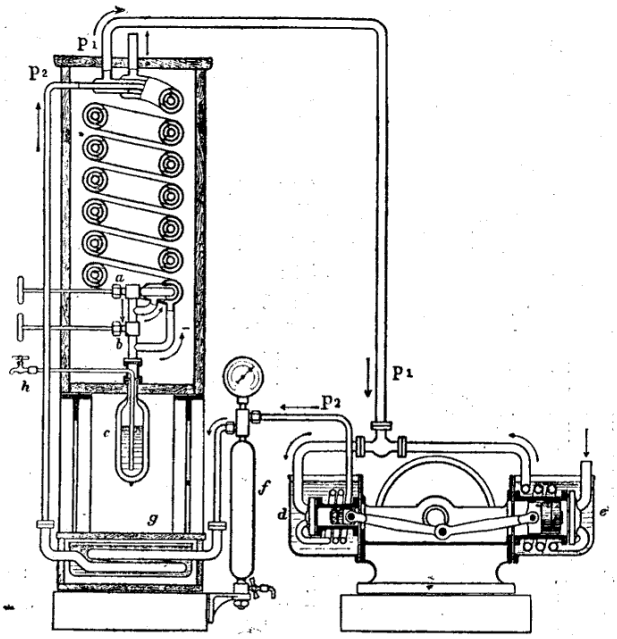


Fig. 57.

Même en pleine marche, il ne se liquéfie que très peu d'air au passage du robinet de détente ; la grande majorité de l'air revient à la pompe, de sorte qu'il y a intérêt à augmenter le plus possible la pression d'aspiration p_1, en ne laissant que l'air liquéfié tomber à la pression atmosphérique. A cet effet, le nouvel appareil de Linde (fig. 57) est pourvu de deux robinets ou pointeaux de détente a et b ; tout l'air comprimé passe par a, et un cinquième seulement par b. En passant par a, l'air tombe de 200 à 16 atmosphères, et les $\frac{4}{5}$ de l'air reviennent sous cette pression à la pompe d, par le deuxième des trois tubes qui constituent le serpentin de l'échangeur : le reste — dont un quart environ, ou le $\frac{1}{20}$ de l'air total, — se liquéfie, tombe par b au liquéfacteur c, à enveloppe de vide, sous une pression juste suffisante pour en chasser la partie liquéfiée par h quand on ouvre ce robinet. La partie non liquéfiée revient à la pompe d par le tube extérieur de l'échangeur. La seconde pompe aspire dans l'atmosphère de l'air qu'elle refoule à

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

16 atmosphères dans l'air qui revient par le deuxième tube de l'échangeur à la pompe *d*, qui le refoule au travers du séparateur *f*, afin d'en enlever l'humidité, puis du bac à glace *g* au tube central de l'échangeur. Cette machine fait ainsi circuler de 200 à 16 atmosphères 15 mètres cubes d'air par heure, avec une aspiration de 3 mètres cubes dans l'atmosphère et une production de Ol. 9 d'air liquide: puissance absorbée, 3 chevaux. M. Linde construit actuellement, pour les usines Rhenania, d'Aix-la-Chapelle, une machine de 150 chevaux, pour la fabrication du chlore au procédé Deacon : cette machine devra produire 50 litres d'air liquéfié par heure, ou 0^{l},560 d'air liquéfié par cheval-heure.

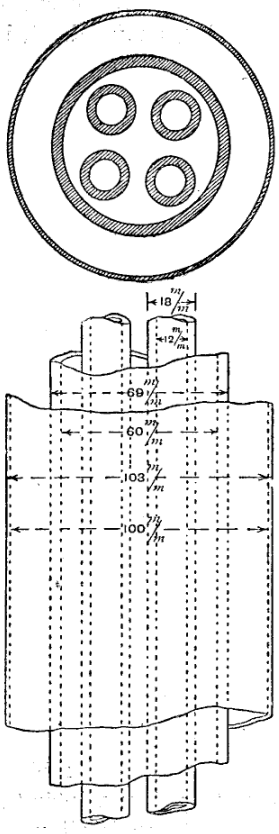


Fig. 58.

On sait que, dans le procédé Deacon, on produit, en traitant un mélange d'acide chlorhydrique et d'air, un mélange de chlore et d'azote; le remplacement de l'air par l'oxygène Linde augmentera le rendement de ce procédé et l'on pourra ensuite séparer le chlore à l'état liquide sans compression, par l'action seule du froid. L'échangeur tout en cuivre est (fig. 58) un serpentin de 100 millimètres de diamètre, avec un premier tube intérieur de 60 millimètres et de 4^{mm},5 d'épaisseur pour ramener à la pompe l'air à 50 atmosphères, et, à l'intérieur de ce tube, quatre autres de 12 millimètres et de 3 millimètres d'épaisseur, pour le refoulement de l'air à 200 atmosphères.

L'une des applications industrielles les plus intéressantes de l'air liquéfié par les machines Linde, est de le convertir en un explosif puissant, par le mélange de son liquide à 40 ou 50 p. 100 d'oxygène avec du charbon de bois en morceaux de 2 à 4 millimètres cubes, agglomérés en une sorte d'éponge avec $\frac{1}{3}$ de leur poids de laine de coton, qui les empêche de se disperser par l'ébullition du liquide. Ce liquide s'évapore bientôt, de sorte qu'il faut fabriquer l'explosif sur place ; on ne peut guère le conserver qu'une dizaine de minutes dans des cartouches en carton, ce qui évite le danger des explosions tardives, et empêche de s'en servir pour un but criminel. Cet explosif, aussi puissant que la dynamite, peut se produire avec une dépense de 4 à 5 chevaux-heure par kilogramme.

L'air liquide se transporte très facilement dans des récipients à enveloppe de vide aussi parfait que possible, et ce avec une évaporation à l'air libre très faible, mais suffisante pour le maintenir au-dessous de son point critique, grâce à la non-conductibilité de son envelope.

Récemment, au Stevens Institute of Technology, M. Dickerson put ainsi apporter dans un récipient ouvert à l'air libre une dizaine de litres d'air liquéfié et les manipuler comme un liquide quelconque. Dans ce liquide, le mercure devient malléable et le fer fragile à se briser avec les doigts. L'air liquide est, en raison des propriétés magnétiques de l'oxygène, attiré par l'aimant comme le fer (1).

(1) *Chemical News*, 11 mars 1898, p. 113.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

PROCÈS-VERBAUX

Séance du 25 février 1898.

Présidence de *M. Carnot*, président.

Correspondance. — *MM. Collignon* et *Aimé Girard*, secrétaires, dépouillent la correspondance.

Ils font part au Conseil de la perte que la Société vient d'éprouver par les décès de *MM. Gottschalk*, ancien président de la Société des Ingénieurs civils, et *J. Maumené*, chimiste, docteur ès sciences, lauréat de l'Institut, ainsi que du décès de *M^me^ J. Normand* et de *M. F. Normand*, constructeur mécanicien.

MM. le prince *Roland Bonaparte* et *Livache* remercient le Conseil de leurs nominations comme membres des Comités des Constructions et Beaux-Arts et des Arts chimiques.

M. H. Viney, rue de Lyon, 3, demande une annuité de brevet pour un *téléphonographe*. (Arts économiques.)

M. Pourioux, rue Saint-Maur, 162, demande une annuité pour un *robinet pastorisateur*. (Arts chimiques.)

M. E. Petit, rue du Landy, 104, Plaine-Saint-Denis, dépose, — à la date du 14 février 1898, — un pli cacheté intitulé : « *Nouveau procédé de saponification des corps gras.* »

M. A. Bigot adresse la lettre complémentaire relative à sa communication du 10 décembre 1897, sur les *couleurs de grand feu.* (Voir page 366 du présent Bulletin.)

Correspondance imprimée. — MM. les Secrétaires présentent, avec remerciements aux donateurs, les ouvrages mentionnés à la p. 239 du *Bulletin* de février.

Nominations de membres de la Société. — Sont nommés membres de la Société :

Fèvre (Lucien), ingénieur au corps des mines, présenté par *MM. A. Carnot* et *J. Imbs.*

Guyenet, ingénieur constructeur à Paris, présenté par *M. G. Richard.*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

De Mennesson, directeur de la Société d'Abbeville, présenté par *M. Aimé Girard.*

De Mocomble, ingénieur constructeur à Paris, présenté par *M. G. Richard.*

CONFÉRENCE. — *M. Jean Rey* fait une conférence sur les *Progrès récents de l'Éclairage des côtes et l'invention des feux-éclairs.*

M. le Président remercie M. J. Rey de sa très intéressante conférence, qui sera insérée au *Bulletin.*

Séance du 11 mars 1898.

Présidence de *M. Carnot*, président.

CORRESPONDANCE. — *MM. Collignon* et *Aimé Girard*, secrétaires, dépouillent la correspondance.

M. A. Montupet, rue de la Voûte, 19, présente à l'examen de la Société ses *chaudières à tubes d'eau.* (Comité des Arts mécaniques.)

M. L. Boit, à Bourg-du-Péage (Drôme), présente un procédé de *teinture en noir.* (Arts chimiques.)

La *Société d'horticulture de France*, rue de Grenelle, 84, offre à la Société d'Encouragement des cartes à délivrer à ses délégués pour leur permettre d'assister à ses séances et expositions.

M. Vassilière, directeur de l'Agriculture, met à la disposition du Conseil des cartes de circulation pour le *Concours général agricole* de la Galerie des machines.

M. A. Berrod, rue de Bièvre, 15, demande une annuité de brevet pour une *invention mécanique.* (Arts mécaniques.)

M. Chapuis, 10, rue de Lourmel, présente un *système de navires.* (Arts mécaniques.)

M. Broquet, rue Mouffetard, 51, demande une annuité de brevet pour un *extincteur d'incendies.* (Arts mécaniques.)

La *Chambre de Commerce de Lyon* envoie, pour être distribués, des exemplaires d'une brochure intitulée : *la Pénétration française en Chine.* (Commerce.)

CORRESPONDANCE IMPRIMÉE. — MM. les Secrétaires présentent au Conseil, avec remerciements aux donateurs, les ouvrages mentionnés à la page 365 du présent *Bulletin.*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

NOMINATIONS DE MEMBRES DE LA SOCIÉTÉ. — Est nommé membre de la Société :

M. Fayolle (*Étienne*), directeur de la Société anonyme de publications industrielles, présenté par *M. E. Simon*.

M. Aimé Girard lit, au nom du Comité des Arts chimiques, une notice nécrologique, par *M. Troost*, sur notre très regretté collègue M. Joly. (Page 249 du présent Bulletin.)

RAPPORTS DES COMITÉS. — *M. Hirsch* présente, au nom du Comité des Arts mécaniques, un rapport sur les *inventions de M. Bonjour*. (Page 251.)

COMMUNICATIONS. — *MM. Guillaume* et *Coupeau* font des communications : l'un sur les *aciers au nickel* (p. 260), l'autre sur les *dilatations des pâtes céramiques*.

M. le Président remercie MM. Guillaume et Coupeau de leurs très intéressantes communications qui seront reproduites *in extenso* au *Bulletin*.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

CORRESPONDANCE

A Monsieur le Président de la Société d'Encouragement

« MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

« Dans une séance précédente à la Société d'Encouragement (1), j'ai eu l'honneur d'exposer les résultats industriels que j'ai obtenus avec les couleurs de grand feu.

« A cette occasion, j'ai été amené à parler de couvertes cristallisées, et j'ai cité ceux qui, à ma connaissance, avaient produit des couvertes de ce genre.

« M. Charles Lauth, administrateur honoraire de la manufacture de Sèvres, m'écrit à ce sujet, qu'en 1885, ses travaux de laboratoire l'ont amené à trouver un émail cristallisé, à base d'oxyde de zinc, dont il a fait connaître la composition et les applications à la décoration céramique.

« Comme j'avais omis, à propos de cette question, de signaler la découverte de M. Charles Lauth, je m'empresse de réparer cet oubli involontaire.

« Agréez, Monsieur le Président, l'expression de ma considération très distinguée.

« A BIGOT. »

1) 10 décembre 1897.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

LIVRES ET OUVRAGES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE

EN MARS 1898

Cours pratique de chaudronnerie, par M. A. Montupet, 1 vol. in-8°, 264 p., 44 pl., chez l'auteur, 19, rue de la Voûte.

Du Ministère de l'Agriculture. **Statistique agricole de la France.** *Résultats généraux de l'enquête de* 1892. 1 vol. de 370 p. et atlas de 20 pl. Imprimerie nationale.

Du Ministère des Travaux publics. **Statistique des chemins de fer français** *au* 31 *décembre* 1896. (*Résultats principaux.*) 1 vol. in-4, 523 p. Imprimerie nationale.

Du Ministère du Commerce. **Rapport sur l'application, pendant l'année 1896, des lois réglementant le travail.** 1 vol. in-8, 513 p. Imprimerie nationale.

De l'Université d'Upsal. **Bulletin of the Geological Institution,** années 1892-1897.

Les unités électriques, par M. le capitaine Gages. 1 broch. in-8, 76 p. Paris, Berger-Levrault.

De *la Petite Encyclopédie pratique du bâtiment,* publiée sous la direction de M. L. Barré. **Matériaux de construction et Terrassements, fondations, échafaudages, chantiers.** 2 vol. in-18, 160 p. Paris, Bernard.

Tables d'emploi des I en fer et en acier pour planchers, par M. L. Roger. Chez l'auteur, 38, rue Claude-Vellefaux.

L'or dans la nature. *Minéralogie, géologie. Études des principaux gîtes aurifères. Statistique,* par MM. E. Cumenge et F. Robillaz. Paris, P. Vicq-Dunod.

Principes de la construction des charpentes métalliques, par M. H. Dechamps. 1 vol. in-8°, 524 p, 344 fig. Paris, Baudry.

Emploi et choix des engrais chimiques, par M. Allard. 1 broch. in-8°, 30 p. à Vesoul. Imprimerie L. Cival.

De l'Encyclopédie Leauté. **Théories de l'Électrolyse,** par M. A. Minet. Paris, Gauthier-Villars.

Annuaire de la papeterie française et étrangère. 1 vol, in-8°, 640 p. Paris, Office des fabricants de papier, rue des Pyramides, 18.

De la petite Encyclopédie de Chimie industrielle, publiée sous la direction de M. F. Billon. **Produits nitrés et ammoniacaux** et **Chlore et Dérivés.** Paris, Bernard.

Les principes de la Construction des Charpentes métalliques, par M. H. Dechamps. 1 vol. in-8°, 530 p., 344 fig. Paris, Baudry.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

LITTÉRATURE

DES

PÉRIODIQUES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE DE LA SOCIÉTÉ

Du 15 Février au 15 Mars 1898

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.
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.
Mc . . . . Revue générale des matières colorantes.
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.).
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 reservés au Cnam et à ses partenaires

AGRICULTURE

Agronomie. Revue d' (Dehérain). *Rgds.* 20 *Fév.*, 150.

Améliorations agricoles à l'étranger (Service des). *Ag.* 26 *Fév.*, 329.

Avoine. Sélection par immersion. *Ag.* 19 *Fév.*, 289.

Bétail. Cachexie aqueuse des moutons. *Ap.* 17 *Fév.*, 239.

— Race bovine flamande. *Ap.* 3 *Mars*, 322.

— Betterave pour l'Alimentation des vaches laitières. *Ap.* 10 *Mars*, 345.

— Betteraves. Culture en poquet. *Ap.* 10 *Mars*, 351.

Beurres. Répression de la fraude. *Ap.* 24 *Fév.*, 280.

Café. Culture aux îles Hawaï. *USR. Fév.*, 139.

Engrais. Rôle de l'acide phosphorique, d'après Stoklasa et Dubers. *Ap.* 3 *Mars*, 310.

— (Expériences sur les). *Ag.* 12 *Mars*, 409.

— Le manganèse. *Ag.* 11 *Mars*, 429.

Fromages. L'Emmenthal. *Ap.* 24 *Fév.*, 288.

Houblon. Culture en Angleterre. *Ap.* 3 *Mars*, 312.

Insectes nuisibles. Destruction en Californie. *Ln.* 12 *Mars*, 227.

— Traitement insecticide des arbres. *Ap.* 10 *Mars*, 354.

Machines agricoles aux concours de Stutggart et Hambourg. *VDI.* 12 *Mars*, 297.

— Semoirs. *Dp.* 19, 26 *Fév.*, 155, 177; 5, 12 *Mars*, 201, 227.

— Batteuses. Accidents. *Ap.* 3 *Mars*, 316.

— Faucheuse au pétrole. *Ri.* 12 *Mars*, 105.

— Arracheuse de betteraves. Robertson. *E.* 11 *Mars*, 321.

Plantes vénéneuses. Ag. 19, 26 *Févr.*, 300, 336; 5 *Mars*, 380.

Pommes de terre. Culture à grands rendements *Ap.* 3 *Mars*, 317.

Vigne. Influence de l'acide phosphorique sur la qualité des vins. *Ap.* 24 *Fév.*, 273.

— Black-Rot en France. *Ln.* 26 *Fév.*, 193.

— Efficacité des sels de cuivre. *Ag.* 5 *Mars*, 375.

— Résistance des hybrides. *Ag.* 11 *Mars*, 423.

— Moisi des racines. *Ag.* 20 *Fév.*, 339.

— Préparation des vins blancs avec les raisins rouges (Martinaud). *CR.* 28 *Fév.*, 656.

CHEMINS DE FER

Chemins de fer secondaires (Les). *E'.* 11 *Mars*, 236.

— Central-London. *E.* 18 *Fév.*, 214.

— Anglais en 1896. *Rgc. Fév.*, 104.

— de Lagos. *E'.* 26 *Fév.*, 180.

— de la Chine du Nord, *ZOI.* 4 *Mars*, 126.

— de l'Afrique allemande. *Société d'Encouragement de Berlin. Fév.*, 105.

— Orléans. Quai d'Orsay. *Rgc. Fév.*, 57.

— à crémaillère du Snowdan. *DVI.* 5 *Mars*, 253.

— Métropolitain de Vienne. *ZOI.* 25 *Fév*, 110.

— *électriques* élevés. *Rt.* 25 *Fév.*, 86.

— — de banlieue et métropolitains (Pélissier). *EE.* 26 *Fév.*, 367.

— — du Central London. *E.* 18 *Fév.*, 214, 4 *Mars*, 259.

— — à unités indépendantes (Sprague). *EE.* 5 *Mars*, 426.

— — à crémaillère de Barmen. *Gc.* 5 *Mars*, 293.

— — Berne Oberland. *VDI.* 12 *Mars*, 291.

Distributeurs-contrôleurs de billets. Rgc. Fév.

Locomotives construites en Angleterre pour

— les chemins américains. *E'.* 11 *Mars*, 226.

— pour le Japon *E.* 11 *Mars*, 301.

— express du Caledonian Ry. *E'.* 25 *Fév.*, 175.

— à huit roues couplées Brooks. *RM. Fév.*, 213.

— *Compound. E'.* 26 *Fév.*, 188.

— — A 4 cylindres (Les). *VDI.* 19 *Fév.*, 206.

— — à 4 cylindres du Chemin de fer du Nord (Pulin). *Rgc. Fév.*, 66.

— — en Angleterre et aux États-Unis. (Dumoulin) (*id*). 96.

— — à marchandises de la C^ie^ Paulista. *Rgc. Fév.*, 113.

— *électriques* du Central-London. *E.* 25 *Fév.*, 236.

— — de l'État prussien. *Gc.* 26 *Fév.*, 285.

— Équilibrage des. *E.* 25 *Fév.*, 249. 11 *Mars*, 312.

— Graisseurs Détroit. *RM. Fév.*, 217.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Locomotives. Tiroir double Drummond. *RM.* 216.
Matériel roulant. Tampons Westinghouse. *RM. Fév.*, 217.
Résistance des freins. *E'*. 18 *Fév.*, 151. 11 *Mars*, 317.
Voie. Rails. Détérioration des observations microscopiques (Andrews). *E.* 18 *Fév.*, 201.
— Résistance des *Rt.* 10 mars, 117.
— Signal de brouillards (Wilson). *E.* 11 *Mars*, 321.

TRANSPORTS DIVERS

Automobiles (Les). (Cambier). *SiN.* N° 99, 165. *E.* 11 *Mars*, 228.
— Bandage Ducasble. *Ln.* 24 *Fév.*, 123.
— Transmissions Urquhard. *Ln.* 3 *Mars*, 140. Sydenham. *RM. Fév.*, 217.
— *à vapeur* Serpollet. *Ln.* 17 *Fév.*, 97, 106.
— — Valentin. *Ln.* 24 *Fév.*, 125.
— — Weideckneith. *Pm. Mars*, 34.
— *à pétrole* Tenting. *Ln.* 17 *Fév.*, 104.
— — Panhart-Levassor. *Ln.* 24 *Fév.*, 117.
— — Landry-Beyroux. *Ln.* 3 *Mars*, 134.
— — Klauss. *La.* 10 *Mars*, 149.
— *électriques* Maxim. *Ln.* 17 *Fév.*, 107.
Locomotive routière Burrell. *RM. Fév.*, 217.
Tramways. (Statistique des). *Ri.* 12 *Mars*, 110.
— *électriques* à Paris. *Rt.* 10 *Mars*, 97.
— — Pellissier (Les). *EE.* 12 *Mars*, 449.
— — (Statistique des). *Ie.* 10 mars.
— — par accumulateur (Ostende). *Élé.* 26 *Fév.*, 135.
— — (Démarrage des). *EE.* 26 *Fév.*, 388.
— — (Mécanique des) (Dawson). *E.* 11 *Mars*, 317.
— — Rendement des moteurs. *Ie.* 26 *Fév.*, 73.
— — Joint de rail. Felten et Guillaume.
— *à air comprimé*. (Compresseurs pour) (Barbet). *RM. Fév.*, 173.
Vélocipédie. Cadres emboutis. (Crowden). *E'*. 18 *Févr.*, 163.
— Entraînement Woodhead. *RM. Fév.*, 218.
— Freins Sackett et Willit. *RM. Fév.*, 218.

CHIMIE ET PHYSIQUE

Acétone. Utilisation comme développateur (Lumière et Seyewetz). *Actualités chimiques*. 30 *Janv.*, 1, 13; 28 *Fév.*, 61.
Acides sulfurique combiné. Dosage (Tille). *Pc.* 15 *Fév.*, 165.
— acétique, acétone et créosote (fabrication). *Rt.* 10 *Mars*, 113.
Amidon. Estimation polarimétrique dans les farines (Dowrard). *CN.* 11 *Mars*, 107.
Antipyrine. Action de l'iode. *Pc.* 15 *Fév.*, 161.
Ammoniaque anhydre liquéfié. Chaleur spécifique (Ellean). *Fi. Mars*, 189.
Brasserie. Bactériologie des levures (Wood Smith). *IoB. Fév.*, 115, 121.
Briques de pavage. *E.* 11 *Mars*, 311.
Carbures de barium et de manganèse (association des). (Gin et Leleux). *CR.* 7 *Mars*, 749.
Chaleur de vaporisation de quelques liquides (Longuinine). *Acp. Mars*, 289.
Caoutchouc. Dosage des matières minérales (Koningh). *CN.* 18 *Fév.*, 74.
(Lavage du). *E.* 25 *Fév.*, 247.
Chaux et Ciments. Ciments de laitier (Pernelet). *Bam. Fév.* 118. *Int.* 1er *Mars*, 205.
— Essais des ciments de Portland (*Le Ciment*). *Fév.*, 24.
— Résistance apparente et réelle. *VDI* 26 *Fév.*, 238.
— Influence de l'eau de mer sur les mortiers hydrauliques. (*Le Ciment*). *Fév.*, 26.
— Fabrique de ciment de Creislingen. *Ac. Mars*, 37.
Chlorure de chaux. Formation et composition (Ditz). *Ms. Mars*, 197.
Combustion (Phénomènes de la). (Le Chatelier). *Rs.* 19 *Fév.*, 226.
Copal d'Afrique (Le). *Ms. Mars*, 204.
Densité des corps pulvérulents. Méthode du flacon. (Lenoble). *ScN.* n° 99, 323.
Échanges moléculaires entre les sels solubles (Roca). *ScP.* 20 *Fév.*, 132.
Élévateur d'acide nitrique (Kestner). *SiN.* n° 99, 309.
Essence de basilic (Dupont et Guerlain). *ScP.* 15 *Fév.*, 151.
Fermentation alcoolique sans cellules de levure. (Buchner et Rapp). *Pc.* 15 *Fév.*, 187.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Gaz d'éclairage. Compteur proportionnel. Westinghouse. *Ri.* 5 *Mars*, 93.
— *Acétylène* (L'). *Rt.* 25 *Fév.*, 91.
— — Divers. *Dp.* 5 *Mars*, 211.
— — Analyse et purification. *Ri.* 12 *Mars*, 108.
Gazogène Kitson. *Eam.* 26 *Fév.*, 254.
Huiles essentielles (Les). (Duyk). *Pc.* 15 *Fév.*, 190.
— d'olive de Douro. *Ms. Mars*, 184.
Hydrogène naissant (Tommasi). *Ms. Mars*, 182, et brome aux hautes températures, action de la lumière sur leur combinaison. *CN.* 11 *Mars*, 111.
Hydrosulfite électrolytique. (Dubosc). *MC.* 1er *Mars*, 110.
Laboratoire de la Sorbonne. Recherches physiques. *Ln.* 12 *Mars*, 225.
— Analyse du sulfure de sodium brut. (Ft-Jean). *Pc.* 15 *Fév.*, 170.
— Dosage de l'oxygène dissous dans l'eau. (A. Lévy et Marboutin). *ScP.* 20 *Fév.*, 149.
— Dosage des phosphoglycérates. *Pc.* 1er *Mars*, 225.
— Dosage de l'acide sulfureux et de la chaux dans les eaux. *Pc.* 15 *Mars*, 283.
— Dosage de l'oxyde de carbone en traces dans l'air (Niclousse). *CR.* 7 *Mars*, 746.
— Dosage de l'acide carbonique dans les bicarbonates (Lunge). *CN.* 11 *Mars*, 109.
— Essai des bronzes monétaires (Riche). *Pc.* 15 *Mars*, 281.
Mécanique chimique (Évolution de la). (Robin). *Rgds.* 15 *Mars*, 174.
Noir de fumée. Pouvoir absorbant pour la chaleur rayonnante. (Crova et Compan). *CR.* 7 *Mars*, 707.
Optique. Analogie entre les rayons lumineux et les lignes de force magnétique (Birkland). *CR.* 14 *Fév.*, 586.
— Dispersion infra-rouge du Quartz (Carvallo). *CR.* 7 *Mars*, 728.
— *Rayons* X. *CR.* 14 *Fév.*, 593.
— — *EE.* 26 *Fév.*, 374, 396. 12 *Mars*, 466.
Ozone (l') et ses applications. (Otto). *Actualités chimiques*. *Janv.* 17 *Fév.*, 40.
Phosphore organique. (Recherches sur le) (Jolly). *CR.* 14 *Fév.*, 531.
Sulfate de chaux. Action sur les sels haloïdes alcalins (Ditte). *CR.* 7 *Mars*, 694.
Sulfites alcalins. Action sur les sels chromiques (Recoura). *ScP.* 5 *Mas.* 168.
Sulfure de barium anhydre (Mourlot). *CR.* 28 *Fév.*, 643.
Soude à l'ammoniaque. Procédé Mallet-Bouvelard. *Ms. Mars*, 196.
— (Rôle des additions de sel marin dans la fabrication de la). *Id.* 185.
Tannerie. Chimie des tannins (Kuntz-Krawe). *Pc.* 15 *Fév.*, 194.
— Thermodynamique (La Fonction Fox). *Fi. Mars*, 214.
Teinturerie. Indigo naturel et artificiel. *Ri.* 26 *Fév.*, 87.
— Indigo synthétique (Kurz). *Mc.* 1 *Mars*, 90.
— Revue des matières colorantes (Reverdin). *Ms. Mars*, 177.
— Machines à sécher (Dosne) *MC.* 1 *Mars*, 96.
Tension de vapeur des dissolutions (Wode). *RSL.* 4 *Mars*, 376.
Tours de Glover (Construction des) *Ms. Mars*, 193.
Verre treillagé (le). *Si. Fév.*, 100.
— Divers. *Dp.* 19, 26 *Fév.*, 164. 182.
— Cristallerie de St Lambert. *Rt.* 26 *Fév.*, 73.
Vernis. Divers. *Ms. Mars*, 210.
Viscosité (Coefficients de) (Guye et Friderich). *ScP.* 5 *Mars*, 164.

COMMERCE ET ÉCONOMIE POLITIQUE

Allemagne. Population rurale et la crise agraire (E. Dubois). *Rso.* 1 *Mars*, 406.
Algérie. Nécessité d'en modifier l'organisation *Ef.* 26 *Fév.*, 262.
Assistance par le travail à Paris. *Rso.* 16 *Fév.*, 334.
— Alcools : monopole en Russie. *SL. Fév.*, 227.
Assurance (Compagnies d') dans les différents pays. *SL. Fev.*, 197.
— Contre les accidents de l'industrie métallurgique. *SuE.* 15 *Fév.*, 187.
Banques régionales agricoles (les) et l'État. *Ef.* 12 *Mars*, 332.
Coton. Culture et commerce aux États-Unis depuis un siècle. *Ef.* 19 *Fév.*, 233.
Croissance du budget francais. *Ef.* 5 *Mars*, 293.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Enseignement scientifique général (L'). H. Le Chatelier. *Rgds.* 15 *Fév.*, 98.
Grève des mécaniciens anglais. Ef. 19 *Fév.*, 229. *E.* 25 *Fév.*, 243.
Habitations ouvrières à Vienne (Concours). *ZOI.* 18 *Fev.*, 93.
Hongrie. (Questions agraires en). *Rso.* 16 *Fév.*, 331.
Impôts contre les congrégations. (De Sablemont). *Rso.* 1 *Mars*, 353.
Japon. (Commerce du). *E.* 25 *Fév.*, 244.
— Industrie. *Ef.* 26 *Fév.*, 265. *E'.* 26 *Fév.*, 178. 4, 12 *Mars*, 201, 223.
Mandchourie économique. *Ef.* 12 *Mars*, 359.
Mouvement syndical français. Ef. 12 *Mars*, 327.
Ouvriers. Influence du développement des machines. *Ef.* 19 *Fév.*, 236.
— Condition à Berlin. *Ef.* 5 *Mars*. 300.
Propriété industrielle. (Protection de la) (Iselin). *IA.* 18 *Fév.*, 293.
Russie industrielle à l'exposition de Nijni. *SiN.* n° 99, 199.
Siam (Intérêts français au) (Lemire). *Rgds.* 15 *Fév.*, 106.
Sucre. Production dans le monde. *USR. Fév.*, 239.
Tabacs. Exploitation du monopole en France. (1896) *SL. Fév.*, 162.
Travail du dimanche en Belgique. (A. Julin) *Rso.* 1 *Mars.* 379.
Ukraine (Voyage d'un économiste en). *Musée social B.* N° 16.

CONSTRUCTIONS ET TRAVAUX PUBLICS

Bâtiments incombustibles (Construction des) (Moore). *EM. Mars*, 955.
Ciment armé. Calcul des poutres. *Ac. Mars*, 45.
Fermes articulées (Calcul des) (Morineau). *Bam. Fév.*, 102.
Fondations en mauvais terrain. Procédé Dulac. *Gm. Fév.*, 100.
Incendies en Europe. *E.* 25 *Fév.*, 228.
— de Cripplegate. *E.* 4 *Mars*, 277.
Mosaïques (Fabrication des) (Mueler). *Fi. Mars*, 198.
Planchers et poutres en ciment armé. (Calcul des) (Le Ciment). *Janv.*, 1.
Pont sur le Chélif. *Gc.* 26 *Fév.*, 283.
— de Tolbiac à Paris. *Ac. Mars*, 41.
Toitures en dents de scie. Nouvelle construction. *Ri.* 12 *Mars*, 102.
Tunnels. Construction des souterrains des chemins de fer de Glasgow. *Ac. Mars*, 34.

ÉLECTRICITÉ

Accumulateurs. Dp. 19 *Fév.*, 159.
— Batteries de 2600 ampere-heures à Fribourg. *Elé.* 26 *Fév.* 129.
Bobines d'induction. Nouvel interrupteur (Crémieu). *CR.* 14 *Fév.* 523.
Câbles d'alarme Montauk. *Elé.* 19 *Fév.*, 113.
Courants alternatifs. Calcul graphique. *EE.* 19 *Fév.*, 321.
— (Théorie des) (Rhodes). *RsL.* 4 *Mars*, 348.
Cuisine et chauffage électriques. Elé. 19 *Fév.*, 115.
Décharge par étincelle. EE. 19 *Fév.*, 326.
Dynamos. Les (Parshall et Hobart). *E.* 25 *Fév.*, 227.
— Guilbert. *EE.* 26 *Fév.*, 361.
— Balais Mordey. *E.* 11 *Mars*, 321.
— Causes des étincelles aux balais. *Elé.* 19 *Fév.*, 118. *Ie.* 23 *Fév.*, 70.
— *Moteurs polyphasés* dans les distributions monophasées (Brunhes). *SiN.* N° 99, 179.
Éclairage. Place du Théâtre-Français. *EE.* 12 *Mars*, 461.
— *Arc* (L'). *EE.* 19 *Fév.*, 346, 349.
— — projecteurs (les). (Blondel et Rey). *EE.* 19 *Fév.*, 35.
— Contact pour lampe. *EE.* 12 *Mars*, 474.
— Intensité lumineuse des lampes. *Ie.* 10 *Mars*, 91.
— Régulateur Hegner. *EE.* 26 *Fév.*, 387.
Incandescence. Température des lampes. (Janet) *CR.* 7 *Mars*, 734.
— Culot de lampe, attache Larnaude. *Ie.* 10 *Mars*, 92.
— Lampe régénérable Howard. *Ri.* 12 *Mars*, 104.
Électrochimie. Divers. *Dp.* 26 *Fév.*, 187. 12 *Mars*, 236.
— Électro-Zinguage Cowper Coles. *Ri.* 26 *Fév.*, 85.
— Zinc électrolytique. *EE.* 19 *Fév.*, 346.
— Action chimique des effluves élec-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

triques (Berthelot). *CR.* 14, 28 *Fév.*, 561, 567, 609, 616. 7 *Mars*, 671, 691

— Équilibre chimique dans l'électrolyse (Tommasi). *L'Électrochimie. Fév.*, 8.

— Préparation du glucinium par électrolyse (Lebeau). *CR.* 7 *Mars*, 744.

— Fabrication des miroirs paraboliques. Cowper-Coles. *Ie.* 10 *Mars*, 93.

— Fours divers. *Dp.* 12 *Mars*, 231.

Émission des radiations (Loi de l'). Guillaume. *Ie.* 25 *Fév.*, 69.

Magnétisme. Essai magnétique des fers, appareil Treat et Esterline. *EE.* 5 *Mars*, 430.

— Propriété magnétique du fer. (Wilson). *RsL.* 4 *Mars*, 369.

Mesures. Électromètre absolu pour petites différences de potentiel Perot et Fabry. *Acp. Mars*, 404.

— Électromètre à quadrant Kelvin (Wilson). *RsL.* 4 *Mars*, 356.

Oscillations hertziennes (Mesure des) (Décembre). *CR.* 14 *Fév.*, 518.

Piles réversibles (Théorie des) (Darrieus). *EE.* 26 *Fév.*, 370.

Radiations dans un champ magnétique (Cotton). *EE.* 5 *Mars*, 405.

Stations centrales. Usines du quai de Jemmapes. *Ln.* 5 *Mars*, 214.

— Hambourg. *VDI.* 12 *Mars*, 282.

— (Facteurs d'économie des). *EE.* 5-12 *Mars*, 427, 475.

Télégraphie sans fil (Histoire de la) (Voisenat). *Ie. Janv.*, 7.

— militaire depuis 25 ans. *Elé.* 12 *Mars*, 162.

— Synchronographe Crehore. *Fi. Mars*, 161.

Téléphonie. Commutateurs centraux. (Les) *Elé.* 19 *Fév.*, 122.

Théorie de Lorenz (Lienard). *EE.* 5 *Mars*, 417.

HYDRAULIQUE

Canaux découverts (Débit des). Formule de Barin. *Gc.* 5 *Mars*, 303; *APC.* 1897 (4), 20.

Captage des eaux potables (Villain). *Im.* XI, 343.

Chutes de faible hauteur (Utilisation des). *Rt.* 25 *Fév.*, 82.

Distribution d'eau. Valparaiso. *Gc.* 12 *Mars*, 309.

Forces hydrauliques. Utilisation du Rhin. *E.* 11 *Mars*. 297.

Forces hydrauliques pour l'électricité. *EM. Mars*, 1011.

— dans l'Utah, *E'.* 11 *Mars*, 230.

Moteurs (Petits) pour les mines. *Eam.* 5 *Mars*, 284.

Pompes diverses. *Dp.* 12 *Mars*, 217.

— centrifuge Cherry. *Ri.* 19 *Fév.*, 76.

— Compound Davey. *RM. Fév.*, 220.

— Eaux de Saint-Galle. *VDI.* 19 *Fév.*, 197, 228; 5 *Mars*, 265.

— De Witten. *Id.* 269.

— pour puits de pétrole, Karn. *Eam.* 26 *Fév.*, 254.

— à piston oscillant. *RM. Fév.*, 219.

— de puits Johnson. *RM. Fev.*, 219.

Purgeur d'air Roberts. *RM. Fév.*, 219.

Reducing Valve Harrison. *RM. Fév.*, 219.

Régulateur à frein électrique pour moteurs hydrauliques Rieter. *Ri.* 19 *Fév.*, 73; 12 *Mars*, 164

— électrique Replogle. *Fi. Fév.*, 81.

Transmission hydraulique Bozzini. *L'Industria.* 6 *Mars* 149.

Turbines (Les) (Rateau). *RM. Fév.*, 134.

MARINE, NAVIGATION

Ancre Verity. *E.* 4 *Mars*, 290.

Arrimage des rails. Rt. 10 *Mars*, 107.

Bateaux (Résistance à la traction des). *Gc.* 26 *Fév.*, 286.

Bouée électrique Siemens. *EE.* 5 *Mars*, 411.

Constructions navales en 1897. *E'.* 18 *Fév.*, 147.

— Sous le règne de Victoria. *E'.* 4 *Mars*, 203.

— En Angleterre. *EM. Mars*, 936.

— Balastage des navires. *E'.* 26 *Fév.* 188.

— Coque Shroeder. *E.* 4 *Mars*, 290.

— Manœuvre de portes étanches Moodie. *EE.* 5 *Mars*, 415.

Gouvernails électriques Spiller et Sauter-Harlé. *EE.* 5 *Mars*, 413.

Gyroscope Fleuriais. *Co.* 12 *Mars*, 336.

Hélices. (Tracé des). (Lunkvist). *E.* 25 *Fév.* 250.

Machines marines. Triple expansion du Bruce. *E'.* 11 *Mars*, 229.

— Essais du Diadem. *E.* 18 *Fév.*, 212.

— — du Powerfull. *E'.* 4 *Mars*, 208.

— Régulateur de sûreté Northey. *EE.* 5 *Mars*, 415.

— Éjecteur de cendres See. *RM. Fév.*, 225

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Marine de guerre française (La). *E.* 25 *Fév.*, 176.
— anglaise. *E'.* 11 *Mars*, 235. *E.* 11 *Mars*, 307.
— Simulacres de combats. *E'.* 18 *Fév.*, 149. 4 *Mars*, 215.
— Japon. Croiseurs construits en Amérique. *E'*, 4 *Mars*, 207.
— Espagne. Croiseur *Christobal Colon*. *E.* 18 *Fév.*, 206.
— États-Unis. Le croiseur *Maine*. *E.* 18 *Fév.*, 218. *Gc.* 26 *Fév.*, 287.
Paquebots White Star Cimric. *E'.* 4 *Mars*, 214. Kaiser Wilhelm. *E.* 4-11 *Mars*, 266, 300.
Phare d'Eckmühl (Joly). *APC.* 1897 (4), 71.
Port de Plymouth. *E'.* 25 *Fév.*, 177.
— de Sfax. *ApC.* 1897 (4), 160.
— d'Anvers. *E'.* 11 *Mars*, 224.
Sauvetage. Bateau de Queen. *RM. Fév.*, 225.
Sondes électriques Babcox et Griffith. *EE.* 5 *Mars*, 411.

MÉCANIQUE GÉNÉRALE

Accouplement élastique Cachin. *Elé.* 5 *Mars*, 153.
Air comprimé. Soupape de compresseur Mac Culloch. *RM. Fév.*, 225.
— Compresseurs Koster. *E.* 11 *Mars*, 299.
Calage Blanton. *E.* 25 *Fév.*, 238.
Chaudières (Soin des). *E.* 18 *Fév.*, 211.
— Accidents en 1896. *AM. Déc.* 638.
— *à tubes d'eau*. (Circulation dans les). (Bellens). *Rt.* 25 *Fév.* 77 (Brillié). *Gc.* 26 *Fév.*, 282; 5-12 *Mars*, 297, 313.
— du Temple; Montupet, Fletcher. *RM. Fév.*, 209; Mac Donald (*id.*), 210; Lagosse. *Ri.* 5 *Mars*, 95; Cahall. *E.* 11 *Mars*, 315; Niclause. *Pm. Mars*, 41.
— Cheminée de 30 mètres, en tôle. Montage. *Bam. Fév.*, 113.
— (Explosions, en 1897, des). *E'.* 18 *Fév.*, 161.
— Foyers à combustible pulvérisé (Billet). *Rs.* 26 *Fév.*, 265.
— — au gaz Creusot. *RM. Fév.*, 210.
— — à tirage forcé Willon (*id.*), 211.
— — à pétrole Brown et Consolidated Gas-Fuel C° (*id.*), 211.
Fumivorité aux États-Unis. *Ri.* 19 *Fév.*, 77. *Fi. Fév.*, 107.
— Clapet d'arrêt Brown. *RM. Fév.*, 212.
Chaudières. Économiseurs-réchauffeurs d'alimentation (Les). (P. See). *SiN.* n° 99, 277.
— Économètre Arndt. *Fi. Mars*, 198.
— Gratteurs pour tubes Simplex. *E'.* 18 *Fév.*, 169.
— Injecteur Brooke. *RM Fév.*, 212.
— Purgeur Okes et Stubbs. *RM. Fév.*, 213.
— Soupape Maurice. *SiN.* n° 99, 189.
Courroies et cordes (Transmission par) (Skutsch). *Société d'Encouragement de Berlin, Fév.*, 91.
Écrou Goddin. *E.* 11 *Mars*, 319.
Embrayage à friction. *E.* 25 *Fév.*, 255.
Engrenages moulés (Les). *E.* 11 *Mars*, 291.
Froid. Théorie des machines frigorifiques (Murray). *E'.* 18-26 *Fév.*, 170, 194. 11 *Mars* 240.
— Machine Gilain. *E.* 25 *Fév.*, 230.
— Liquéfaction de l'air (Linde). *E.* 11 *Mars*, 310.
Levage. Conveyeurs à charbons. *E'.* 18 *Fév.*, 167.
— Pont roulant électrique de Kolonna. *VDI.* 5 *Mars*, 263.
— Palan à frein automatique Lane. *Ri.* 12 *Mars*, 106.
Machines-outils. Machines à rainer. *VDI.* 19-26 *Fév.*, 203, 235.
— Cisailles Hilles et Jones. *E'.* 11 *Mars*, 227.
— à tailler les engrenages Warren. *RM. Fév.*, 198.
— Étampage (L') aux États-Unis. *EM. Nov.*, 973.
— Meules à segments Tasker. *Ri. Fév.*, 81; Norton. *RM. Fév.*, 223.
— Chanfreineuse Detrick Harvey. *RM. Fév.*, 221.
— Cliquet Shaeffer Budenberg. *RM. Fév.*, 227.
— *Forgeage* (Codron). Rails. *Bam. Fév.*, 77.
— Fraiseuse universelle Davis Egan. *RM. Fév.*, 223.
— Outils-profils Beardshaw. *RM. Fév.*, 225.
— Frappeurs Boyer. *E. Fév.*, 251. Moore. *RM. Fév.*, 222.
— Perceuses à air comprimé Boyer. *RM. Fév.*, 204.. Radiale Dress Mueller. *RM. Fév.*, 223.
— Pompe rotative pour l'arrosage des outils. Dague et Dantzer. *Bam. Fev.*, 97.
— Taraudeuse pour écrous Ploffer. *RM.*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Fév., 204; Hartness. *RM. Fév.*, 224. Steindner (*id*).

Machines-outils. *Tour* à triple harnais Sharp Stewart. *E.* 4 *Mars*, 283. à plaque Hartness. *RM. Fév.*, 202. Flather (*id.*), 203.

— Presse étampeuse Bliss pour capsules de bouteilles. *Pm. Mars*, 46.

— *Tubes.* Fabrication. Procédé Boulet. *Im.* XI, 459.

— *à bois.* Couvre-scies Williams. *E'.* 4 *Mars*, 227.

Machines à vapeur diverses. *Dp.* 19 *Fév.*, 145. à l'Exposition de Leipsick. *VDI.* 26 *Fév.*, 225. Ball es Wood. *E'.* 26 *Fév.*, 191.

— Proportionnement des Compound (Dwelshauvers). *RM. Fév.*, 125.

— *Condenseur.* Pompe à air sans soupapes; *VDI.* 5 *Mars* 257. Bourdon. *RM. Fév.*, 230. Réfrigérant aérien Klein. *Ri.* 1, *Mars*, 101.

— Distributions. Stevens. *E.* 18 *Fév.*, 219. Dow. *RM. Fév.*, 208; Parke, *id.* 230. Corliss-Wheelock (Berthot). *RM. Fév.*, 183.

— Cylindre auxiliaire pour distribution Foy. *Ri.* 19 *Fév.*, 75.

— Régulateur hydraulique Wylie. *RM. Fév.*, 226.

— Utilisation de la vapeur d'échappement (Donkin). *EM. Mars* 930.

— **à pétrole** Diesel. *Gc.* 26 *Fév.*, 277; Hornsby. *Dp.* 5 *Mars*, 196. Niel. *Ri*, 5 *Mars*, 94.

Planétaire Rogers. RM. Fév., 228.

Résistance des matériaux. Déformations permanentes des métaux (Brillouin). *AcP. Mars*, 377.

— Congrès d'unification de Stockholm. *ZOI.* 18 *Fév.*, 96.

— Emploi de l'acier. *E.* 4 *Mars*, 275.

Ressorts Spencer. *RM. Fév.*, 227.

Vanne Featherston. *RM Fév.*, 227.

MÉTALLURGIE

Aluminium (État actuel de l'industrie de l'). *L'Électrochimie. Fév.*, 20.

Argent (Essais de l'). *Eam.* 26 *Fév.*, 250.

Coke. Four Collin. *Eam.* 12 *Fév.*, 191.

Cuivre. Traitement au Colorado. *Eam.* 5 *Mars*, 283.

Fer et acier. État de l'industrie en France (De Billy). *Rgds.* 15 *Mars*, 178.

— Le Creusot. *E.* 18-25 *Fév.*, 200, 231. 4-11 *Mars*, 265, 293.

— Usines de Commentry et Saint-Jacques, à Montluçon. *Im.* XI, 413. 427.

— *Aciers* au nickel (Guillaume). *Ie. Janv.*, 40.

— — Procédé Martin (Le). 1er *Mars*, 215.

— — Convertisseur Levor. *E.* 11 *Mars*, 321.

— — Pièces coulées (Kern). *CN.* 25 *Fév.*, 86.

— — Petits appareils Bessemer. *SuE.*, 15 *Fév.*, 183.

— — (Fusibilité des). *Société d'encouragement de Berlin. Fév.*, 28.

— — Fours à gazogène La Chomette. *Im.* XI, 385.

— *Fonte.* Machines à mouler. *E.* 18 *Fév.*, 203.

— Fusibilité des fontes (West). *E.* 4-11 *Mars*, 287, 319.

— Exposition de fonderie à Goslar. *SuE.* 15 *Fév.*, 171.

La Fonderie (Ledebur). *SuE.* 1er *Mars*, 212.

— *Hauts fourneaux.* Destruction du garnissage. *SuE.* 15 *Fév.*, 168.

— Emploi des laitiers en construction. *SuE.* 15 *Fév.*, 172; — des gaz pour la force motrice. *SuE.* 15 *Mars*, 247.

— Utilisation des sous-produits. *EM. Mars*, 987.

— Déplacement des appareils d'air chaud aux usines de Montluçon. *Im.* XI, 427.

— Marche des hauts fourneaux et production de la fonte dans les divers pays. *Im.* X, 493.

— Coussinet Westley pour laminoirs. *E.* 4 *Mars*, 287.

Or. Essais des résidus. *Eam.* 12 *Fév.*, 189.

— Séparation du cuivre par voie sèche (Carpenter). *Eam.* 12 *Fév.*, 193.

Thorite, Monazite et Zircon. Gisements et modes d'extraction (Truchot). *Rgds.* 28 *Fév.*, 145.

Zinc. Récupérateur Biewend. *E.* 28 *Fév.*, 225.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

MINES

Accidents en Angleterre. *Eam.* 12 *Fév.*, 194.
— En Allemagne (Bellom). *AM. Janv.*, 7.
Cuivre. La Aurora. Mexique. *Eam.* 5 *Mars* 279.
Diamants du Cap (Formation des). *Société d'Encouragement de Berlin. Fév.*, 45.
Électricité. Emploi dans les mines à grisou en Belgique et en Westphalie (Leproux). *AM. Janv.*, 45.
Explosifs de sûreté. Expériences dans le district de Dortmund. *Im.* XI, 485.
Fer. Gisement oolitique de Briey (Meurthe-et-Moselle). *SuE.* 1er *Mars*, 218.
— à Tajek (Chine). *SuE.* 1er *Mars*, 221.
Grisou et explosifs en Autriche (Schmerber). *Gc.* 5-12 *Mars*, 300, 316. Explosions par les courants électriques (Couriot et Meunier). *CR.* 7 *Mars*, 750.
Houilles du transmississipien. *Eam.* 5 *Mars*, 281.
Kaolins. Carrières de Colettes. *Im.* XI, 441.
Lampes de sûreté Lanne. *Ri.* 19 *Fév.*, 78. Wolf Schondorf. *Im.* XI, 512.
— (Nettoyage des). *Eam.* 26 *Fév.*, 252.
Législation minière dans la Colombie britannique, le Mexique et les États-Unis. *EM. Mars*, 936.
Or. Klondyke. *Eam.* 12 *Fév.*, 190.
— en Corée. *Id.* 26 *Fév.*, 249.
— au Witwatersrand. *EM. Mars*, 911.
— Conglomérats du Transvaal. *American Journal of Science. Mars*, 193.
— Structure des pépites. *Eam.* 19 *Fév.*, 224.
Perforatrices Sergeant. *RM. Fév.*, 228.
— Divers. *Dp.* 5 *Mars* 193.
— à main. *Im.* XI. 501.
Pierres précieuses (Géographie des) Kuntz. *Fi. Fév.*, 133.
Prévaration mécanique. Bocard à grande vitesse Morison. *Ri.* 26 *Fév.*, 83.
Salines de Chine. *USR. Fév.*, 275.
Sondages. Appareils divers. *Dv.* 26 *Fév.*, 169.
— Trépan Davis. *Eam.* 19 *Fév.* 223.

Le Gérant : Gustave Richard.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

BULLETIN
DE
LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT
POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

DISCOURS prononcé par **M. Troost,** *au nom de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale, le 15 avril 1898, aux funérailles de* **M. Aimé Girard,** *Secrétaire de la Société.*

MESSIEURS,

J'apporte, au nom de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale, un suprême hommage à l'un de ses membres des plus éminents et des plus sympathiques, qui vient de lui être si inopinément enlevé.

Des voix émues vous ont retracé sa vie bien remplie, et les remarquables travaux qui perpétueront sa mémoire. Elles vous ont dit les services qu'il a rendus à la science, à l'enseignement et à l'agriculture; mais je ne puis laisser refermer sa tombe sans rappeler, au moins en quelques mots, avec quel dévouement il a mis toute la lucidité de sa belle intelligence, toutes les lumières de sa grande expérience à la disposition de l'industrie, pour y faire pénétrer les données scientifiques et les applications dont elles sont susceptibles.

M. Aimé Girard professait la chimie industrielle au Conservatoire des Arts et Métiers avec le succès exceptionnel qu'on vient de vous rappeler, lorsqu'en 1876 le Conseil de la Société d'Encouragement l'appela à faire partie de son Comité des Arts chimiques.

Ses travaux de chimie pure et appliquée, ses relations constantes avec les ateliers, l'avaient admirablement armé pour résoudre tous les problèmes que les industries chimiques ou agricoles soumettent à ce Comité.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Lorsqu'en 1889 la maladie força M. Péligot à abandonner les fonctions de secrétaire de la Société, M. Aimé Girard était tout désigné aux suffrages unanimes de ses collègues, par la compétence incontestée que lui avaient acquise ses publications et les discussions auxquelles il avait pris part, sur les matières les plus diverses. Le Conseil eut en lui un secrétaire très actif, joignant, à un art merveilleux d'exposition, le charme et le don de captiver l'attention.

M. Aimé Girard aimait l'industrie sous toutes ses formes, et il avait le plus vif désir de lui être utile. Il en trouva naturellement l'occasion dans les nombreux rapports dont il fut chargé et où il montra constamment la science comme le guide indispensable de toute opération industrielle. A son instigation, un prix, le prix Parmentier, fut fondé pour des recherches scientifiques ou techniques susceptibles d'améliorer le matériel ou les procédés des usines agricoles et des industries alimentaires.

C'est surtout dans ses rapports sur les prix décernés pour récompenser soit d'importantes inventions, soit le dévouement de modestes ouvriers ou de contremaîtres, qu'on voyait éclater l'élévation de son caractère et la bonté de son cœur.

C'est sur son initiative, et pour mieux signaler les mérites de zélés collaborateurs des Industriels, qu'a été, tout récemment, créée la médaille, à l'effigie de Dumas, destinée à récompenser non plus seulement le dévouement, mais encore l'intelligence 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 ou industriel.

Les membres du Conseil de la Société, et en particulier ceux du Comité des Arts chimiques, auront encore longtemps présente à l'esprit l'autorité avec laquelle, pendant plus de vingt ans, dans les discussions techniques, il élucida les questions les plus délicates comme les plus compliquées. La sûreté de son jugement et l'expérience qu'il avait acquise dans toutes les applications scientifiques en faisaient un guide toujours écouté avec confiance ; aussi sa perte laisse un grand vide au milieu de nous.

Le Conseil de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale gardera pieusement la mémoire du savant, de l'homme de cœur, sur le concours duquel il avait espéré pouvoir compter pendant encore de longues années.

Au nom de tous vos collègues, c'est dire de tous vos amis, adieu mon cher Aimé Girard, adieu.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS MÉCANIQUES

RAPPORT fait par **M. A. Brüll**, au nom du *Comité des Arts mécaniques*, sur *les foyers fumivores* de M. J. HINSTIN, *ingénieur des Arts et manufactures à Saint-Cloud.*

La fumivorité a, depuis bien longtemps, occupé les esprits ingénieux. Il suffit, pour s'en convaincre, de parcourir le *Bulletin* de la Société d'Encouragement; on trouvera, dans beaucoup de volumes, soit l'indication, soit la description d'appareils fumivores.

La variété des dispositifs présentés est tellement grande, qu'on peut dire que tout ce qui est proposé aujourd'hui a été autrefois mis en œuvre. On relève dans les inventions déjà anciennes de foyers fumivores : les grilles inclinées et à étages, les grilles à barreaux tubulaires, à circulation d'air ou d'eau, les grilles mobiles, les chargeurs mécaniques, les admissions d'air froid ou chaud dans le foyer, contre l'autel, dans l'autel et aussi au delà de celui-ci. On y voit également le renversement des gaz au moyen de voûtes ou de bouilleurs, le laminage des produits de la combustion au voisinage de l'autel et leur mélange avec de l'air secondaire pour assurer la combustion. On a également appliqué les foyers multiples et le renversement alternatif du tirage au-dessus et au-dessous de la grille; on a employé les souffleries d'air et celles de mélanges d'air et de vapeur, les injections de vapeur. On trouve aussi, dans les inventions anciennes, l'emploi du charbon pulvérisé et divers procédés de lavage de la fumée.

Le délaissement dans lequel sont tombés les appareils et les dispositifs qui ont été autrefois appliqués ne paraît pas dû à leur inefficacité, mais bien plutôt à la complication qu'ils apportaient à la construction du fourneau, à la difficulté et à la dépense de leur service, de leur surveillance et de leur entretien.

Par ordonnance en date du 11 novembre 1855 (1), le préfet de police de la Seine enjoignait aux propriétaires d'usines de supprimer, dans un délai de six mois, la fumée produite par les foyers de leurs générateurs.

(1) *Bull. de la Soc. d'Enc.*, 1854, p. 736 et 1855, p. 276.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Un des considérants de cette ordonnance affirmait l'existence de :

Plusieurs moyens pratiques et connus de brûler la fumée dans les fourneaux des appareils à vapeur... pouvant, facilement et à peu de frais, être appliqués aux usines actuellement existantes.

Et l'instruction émanée du Conseil d'hygiène et de salubrité du département de la Seine, rédigée par Ch. Combes et publiée par le préfet de police peu de temps après son ordonnance, donnait des indications sommaires sur ces moyens d'éviter la fumée. On lisait aussi, dans cette instruction, une analyse fort judicieuse des causes de la production de la fumée et des moyens de l'empêcher :

L'origine de la fumée est dans les produits volatils qui se dégagent abondamment de la plupart des combustibles tels que les diverses variétés de houille, la tourbe, le bois, lorsqu'ils sont exposés soudainement à une température élevée. Ces produits sont, en majeure partie, des carbures d'hydrogène, qui sont eux-mêmes très combustibles. Mais, pour qu'ils s'enflamment, deux conditions sont nécessaires : 1° leur mélange avec l'air en proportion convenable, 2° une haute température de ce mélange. Si ces deux conditions ne sont pas réalisées dans le foyer lui-même ou dans les conduits que parcourent les produits gazeux de la combustion, les carbures d'hydrogène subissent une décomposition, dont le résultat est un dépôt abondant de suie ou de charbon, en particules ténues qui sont entraînées dans le courant de gaz sortant par l'orifice de la cheminée. Lorsqu'on jette sur une grille, actuellement couverte de coke incandescent, une quantité de houille assez considérable pour la couvrir presque en totalité d'une couche de 20 à 25 centimètres d'épaisseur, les parties de houille fraîche qui se trouvent en contact avec le coke subissent une distillation rapide; la température de l'intérieur du foyer baisse subitement, en même temps que les passages de l'air à travers la grille et la charge de combustible se trouvent obstrués. Aucune des conditions nécessaires pour l'inflammation des carbures d'hydrogène n'est réalisée; aussi voit-on des torrents d'une fumée opaque sortir de la cheminée. L'introduction de l'air dans de telles circonstances, par la porte du foyer ou par toute autre ouverture débouchant directement au-dessus du chargement de houille, reste sans effet, parce que la température est insuffisante pour l'inflammation des produits gazeux. La fumée décroît graduellement d'intensité, à mesure que la houille se convertit en coke par le dégagement des parties volatiles, que l'air trouve un accès plus libre à travers le combustible aggloméré en morceaux laissant entre eux d'assez larges intervalles et que la température s'élève de nouveau par l'effet de la combustion. Si, avant que la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

distillation soit complète, on agite avec un ringard le mélange de houille et de coke déposé sur la grille, on amène des portions de houille non encore carbonisées au contact des fragments de coke les plus chauds, la distillation devient plus rapide et il y a recrudescence de fumée.

Les foyers dont les grilles ont assez d'étendue pour que les charges de combustible ne les recouvrent qu'en partie et en couche de faible épaisseur donnent peu de fumée, surtout si la houille y est chargée par petites quantités à la fois et si le chauffeur a la précaution de déposer la charge sur la partie antérieure de la grille, de telle sorte que les produits gazeux de la distillation arrivent aux carneaux en passant sur la surface du coke embrasé qui recouvre la partie postérieure, et laisse toujours un passage suffisant à l'entrée de l'air.

En 1865, les prescriptions de l'ordonnance de police de 1854, qui ne visaient que le département de la Seine, furent étendues au pays tout entier par un décret en forme de règlement d'administration publique. De nouveau, il était affirmé que la fumivorité pouvait être obtenue à un degré pratiquement suffisant par un grand nombre d'artifices ou d'appareils, et on proclamait impérativement que :

Le foyer des chaudières de toute catégorie doit brûler sa fumée.

Malgré la netteté des affirmations techniques, malgré la rigueur des prescriptions administratives et les sanctions dont on n'avait pas manqué de les entourer, l'effet produit fut à peu près nul, et les fourneaux des générateurs de vapeur continuèrent à souiller l'atmosphère d'épais nuages de fumée noire.

Aussi, lorsqu'en 1880 on voulut renouveler la réglementation des appareils à vapeur autres que ceux placés à bord des bateaux, aucune prescription relative à la fumée ne fut-elle inscrite dans le décret du 30 avril, décret encore en vigueur actuellement. On n'exigea plus la suppression de la fumée des foyers de chaudières et on abandonna au domaine judiciaire le règlement des contestations auxquelles donnerait lieu la production de la fumée.

Mais ce régime de la liberté de la fumée ne va pas sans grands inconvénients, et ceux-ci s'aggravent chaque jour, surtout dans la capitale, où l'on voit installer un nombre sans cesse croissant de puissantes batteries de générateurs de vapeur.

Dans le but de remédier à cette fâcheuse situation, la Ville de Paris a ouvert, en 1894, un concours pour la suppression des fumées produites par les foyers de chaudières à vapeur. Une commission a été instituée pour

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

rédiger le programme de ce concours, pour examiner les projets présentés par les concurrents et pour procéder aux essais des systèmes lui paraissant offrir le plus de garanties de réussite. Ces essais ont été terminés en juin 1897 et on en lira avec intérêt le compte rendu dans le rapport dressé par M. Hirsch en novembre 1897 et approuvé par la Commission. Nous nous sommes permis d'emprunter quelques renseignements à cet important travail.

M. J. Hinstin, ingénieur des arts et manufactures, membre de la Société d'Encouragement, qui a pris part à ce concours, avait présenté à la Société, dès le 28 décembre 1895, le foyer fumivore combiné par lui, qui était appliqué à un four céramique et à plusieurs chaudières à vapeur. Il avait, en même temps, soumis à l'appréciation de la Société les applications de ce système à divers appareils de chauffage domestique.

M. Hinstin développe dans une note les idées qu'il s'est formées sur la combustion du charbon; il expose que, pour obtenir une bonne combustion, il faut brûler séparément les gaz résultant de la distillation et le coke, résidu de cette distillation, chacun suivant la méthode qui lui convient.

Ces principes sont bien conformes à ceux que Combes mettait en lumière il y a plus de quarante ans; ils sont aujourd'hui admis d'une manière générale. Voici les dispositions essentielles auxquelles a recours M. Hinstin pour leur application industrielle.

Le chargement se fait (fig. 1 et 2) à l'avant de la grille sur la couche de combustible préalablement carbonisé; l'échauffement et la distillation se produisent sous l'afflux d'une grande quantité d'air, dont une partie traverse la grille et le charbon et une autre, entrant par des ouvertures réglables ménagées dans la porte de chargement, passe sur la couche de combustible. Le cendrier est divisé en deux compartiments par une plaque de tôle percée d'un petit orifice, de façon à envoyer moins d'air à l'arrière qu'à l'avant du foyer. Cette plaque séparative peut être levée pour sortir les cendres.

L'air se mêle ainsi aux gaz du charbon. Ce mélange gazeux est infléchi par une voûte en produits réfractaires, qui règne au-dessus de la grille.

Après distillation, le combustible passe sur la partie moyenne de la grille. Tantôt, si la pente est suffisante, il y descend par son propre poids, tantôt c'est le chauffeur qui doit, à l'aide du râble, pousser la tête de la couche vers la partie moyenne de la grille, et dégager aussi cette partie en refoulant vers l'autel le coke en partie consumé.

Le courant horizontal d'hydrocarbures, intimement mêlés d'air par le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

renversement, sort de la voûte, vient lécher la couche de coke incandescent ainsi entretenue et s'y brûle plus ou moins complètement.

Cette couche est mince au-dessous de la voûte, mais s'épaissit vers l'arrière, grâce à une certaine inclinaison de la grille, on obtient ainsi, au centre du fourneau, une grande masse en ignition, qui entretient la chaleur dans tout l'ensemble du foyer.

Pour maintenir aussi le coke en ignition dans la partie voisine de l'au-

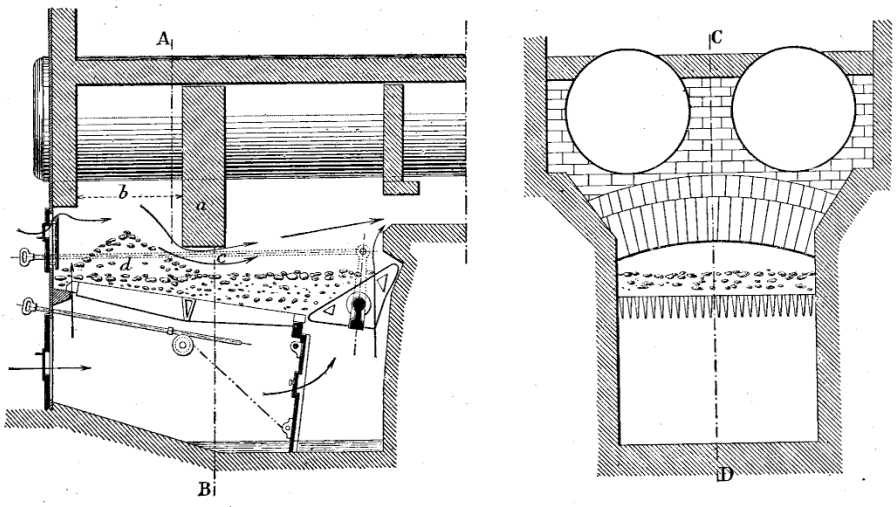


Fig. 1 et 2. — Foyer *Hinstin*. Application à une chaudière à bouilleurs des *Colettes*. Coupes A B et C D.

a, Voûte de renversement; *b*, Espace réservé à la charge dans l'avant-foyer; *c*. Espace réservé aux dégagements des gaz; *d*, Forme de la charge. Les flèches indiquent la direction des courants d'air les plus actifs qui déterminent la fumivorité.

tel, la couche de coke s'y amincit grâce à l'inclinaison inverse d'une petite grille articulée, ou jette-feu, qui sert aussi au décrassage du foyer.

Les gaz de combustion riches en acide carbonique qui partent ainsi de l'arrière du foyer s'élèvent vers l'autel. Les produits de la combustion des hydrocarbures émanant de l'avant du foyer se dirigent vers le même point, en un courant à peu près horizontal. Les gaz provenant de la combustion du coke dans la partie centrale du foyer, et qui peuvent contenir une certaine proportion d'oxyde de carbone, sont ainsi enserrés et, pour ainsi dire, laminés entre ces deux courants. Leur combustion s'achève sur l'autel de briques très réfractaires où règne une température élevée. C'est

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sur ce phénomène que compte surtout l'inventeur pour atteindre à la fois une bonne utilisation du combustible et la suppression de la fumée.

M. Hinstin a installé tout d'abord son système de foyer sur un four à cuire les produits réfractaires dans l'usine des Colettes (Allier). Ce foyer, alimenté du charbon fumeux de la mine de Saint-Éloi, a été examiné par une réunion de membres de la Société de l'Industrie minérale, le 19 août 1894.

Ces ingénieurs ont constaté, qu'en marche courante, la cheminée ne donnait pas de fumée, pas plus qu'au moment du chargement du foyer. Ils ont remarqué que, lorsqu'on déréglait intentionnellement le foyer, un panache de fumée se montrait aussitôt en haut de la cheminée, pour cesser dès que le feu avait repris sa marche régulière.

Le 9 septembre 1897, un groupe des membres du Congrès tenu à Montluçon par la Société de l'Industrie minérale, a examiné, en outre du foyer dont il vient d'être question, le fourneau de la chaudière à bouilleurs d'une machine d'exhaure de 50 chevaux installée depuis 1894.

Dans les sous-sols de la Caisse des Dépôts et Consignations, se trouvent installés cinq générateurs, dont quatre du système Dulac et un, déjà ancien, qui sert de secours aux autres lorsqu'ils sont insuffisants. Ces générateurs servent surtout au chauffage et alimentent, en outre, un moteur actionnant une dynamo pour l'éclairage; la vapeur d'échappement de ce moteur est utilisée au chauffage. L'installation ne fonctionne guère, comme on le voit, que durant l'hiver.

Les foyers des générateurs ne sont pas desservis par une cheminée d'usine, mais bien par des coffres surmontés de deux tuyaux en tôle de faible hauteur. On n'obtenait ainsi qu'un tirage médiocre avec production abondante de fumée. Cette fumée provoquait des plaintes de la part des voisins.

Pour remédier à cet inconvénient, le directeur a fait installer en 1894 un premier foyer Hinstin, puis, après essai, trois autres. Ces foyers sont en service sur les chaudières Dulac. C'est à l'obligeance de M. Forestier, chef du bureau du matériel, que nous devons les renseignements qui suivent sur cette installation.

A cause du peu de longueur des foyers : $1^{m},25$ environ, M. Hinstin a dû vaincre de réelles difficultés pour parvenir à installer son système. Le peu d'espace disponible ne permettait d'établir aucune saillie sur l'avant de la chaudière. Dans ces conditions particulières, la mise en marche a été labo-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

rieuse. La voûte d'inflexion des gaz, primitivement établie en une seule pièce réfractaire, s'est détériorée; elle a été remplacée par une voûte surbaissée en briques réfractaires qui se comporte bien actuellement.

Depuis que les foyers Hinstin sont installés, M. Forestier estime que la fumée a été diminuée de moitié, sans que les cheminées aient été modifiées; les plaintes ont cessé. Il croit aussi, bien que des expériences spéciales n'aient pas été faites à ce sujet, que ces foyers ont réduit la consommation de charbon de un dixième environ, la vaporisation est notamment plus active. Le personnel de la chaufferie n'a pas été augmenté, mais il paraît avoir un peu plus de travail à fournir qu'avec les anciens foyers.

M. Forestier se félicite d'avoir adopté les foyers de M. Hinstin et reconnaît que cet ingénieur a étudié avec soin le cas particulier des chaudières de la Caisse des Dépôts et Consignations et a réussi à vaincre les difficultés spéciales qu'il présentait.

M. Hinstin s'étant présenté, comme il a été dit, au concours de la ville de Paris, a été autorisé à installer un de ses foyers sous un des générateurs semi-tubulaires de l'usine élévatoire du quai de Javel, d'une surface de chauffe de 68 mètres carrés. Pendant les essais préparatoires, une des pièces réfractaires de l'arc de voûte de l'avant du foyer s'est brisée et est tombée dans le feu. Quand cet accident eut été réparé, on remit en feu, mais on dut arrêter dès le lendemain parce qu'un barreau de grille était brûlé et que la plaque de tôle du cendrier ne fonctionnait plus.

Après quelques modifications, on put commencer enfin le service régulier, qui se poursuivit à peu près sans interruption pendant quarante jours. Il y eut toutefois un arrêt de quelques heures pour mettre en place des barreaux de grille d'un modèle spécial et pour remplacer par une neuve la plaque de cendrier qui était hors de service. La nouvelle plaque ne résista elle-même que douze jours.

Après les quarante jours de service, toutes les pièces de l'appareil, à l'exception de cette plaque, furent trouvées en bon état.

Le combustible employé a été la briquette d'Anzin à 16 p. 100 de matières volatiles et 10 p. 100 de cendres.

Quatre expériences, d'une durée de dix heures chacune, ont été faites sur l'installation, dont deux à allure modérée et deux à allure vive. Voici les résultats généraux de ces expériences tels qu'ils sont inscrits dans le rapport de la Commission municipale.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

	Allure modérée.	Allure vive.
Charbon brûlé par heure et par mètre carrée de grille.	39kg,76	68kg,04
Vaporisation par heure et par mètre carré de suface de chauffe.	12kg,07	21kg,93
Fumée planimétrée par kilogramme de charbon consommé.	2mm2,02	2mm2,15 (1)
Fumée planimétrée par kilogramme d'eau vaporisée	0mm2,242	0mm2,242 (2)
Vaporisation (ramenée à 0 et 100°) par kilogramme de charbon brut.	8kg,27	8kg,69 (3)

D'après ces résultats, le rapport de la Commission apprécie le système de la manière suivante :

La faculté de répartition du tirage entre l'avant et l'arrière est de nature à donner de bons effets entre les mains d'un chauffeur habile, mais les résultats pourraient, par contre, devenir fort mauvais, si le chauffeur ne savait pas bien se servir du volet de réglage.

Sauf une certaine adresse dans les manœuvres, la conduite du foyer n'a pas paru présenter de difficultés sérieuses.

Au point de vue de la fumivorité, les résultats obtenus dans les expériences de Javal, sans être entièrement satisfaisants, sont loin d'être sans importance; le diagramme des fumées, mesuré au planimètre, donne une surface qui n'est que le quart environ de celle fournie dans les expériences avec grille ordinaire.

Comme utilisation de combustible, le système paraît très comparable aux foyers ordinaires. Les chiffres de vaporisation présentent même un léger avantage par rapport à ceux qu'a donnés la grille ordinaire.

Cet avantage eût été le plus grand sans les manipulations successives auxquelles le charbon est soumis, et qui entraînent la perte, par tamisage à travers la grille, d'une quantité assez forte de combustible; ainsi, la proportion des cendres et escarbilles qui n'est que de 8,7 p. 100 avec le foyer ordinaire, s'élève ici à près de 15 p. 100.

Les incidents qui se sont produits pendant la mise en marche et pendant l'essai officiel ont montré clairement que les proportions et le mode de construction ne sont pas encore fixés de manière précise. Entre autres, l'arcade en produits réfractaires, la plaque en fonte qui la protège et la cloison à volet du cendrier demandent encore de nouvelles études.

(1) Contre 11mm2,43 et 7mm2,96 avec la grille ordinaire sous la même chaudière,
(2) Contre 1mm2,218 et 0mm2,997.
(3) Contre 8kg,49 et 8kg,20.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L'appareil est toutefois assez simple de construction et de prix modéré.

Comme suite à cette appréciation, et après une comparaison avec les cent neuf autres systèmes présentés au concours, et spécialement avec les sept appareils soumis à l'expérience, la Commission attribua à M. Hinstin une première mention, ce qui classe son foyer fumivore au quatrième rang dans le concours.

Nous ajouterons que M. Hinstin, allant au-devant des critiques qui viennent d'être exposées, a supprimé la plaque de protection en fonte, a donné à la voûte de renversement la forme d'un arc surbaissé en briques réfractaires ordinaires, et a augmenté l'épaisseur de la cloison du cendrier qu'il a raidie au moyen de cornières. C'est suivant ce mode de construction que sont établis les foyers de générateurs visités par les membres de la Société de l'industrie minérale le 9 septembre 1897.

M. Hinstin, pour montrer que le même système de fumivorité pouvait s'appliquer à tous les foyers, a aussi établi divers appareils de chauffage domestiques tels que poêles à feu continu, fourneau de cuisine, cheminées d'appartement.

Bien que votre rapporteur ait pu voir fonctionner d'une manière satisfaisante quelques-uns de ces appareils, il ne se croit pas en mesure de les apprécier, du moins quant à présent.

En résumé, le foyer fumivore combiné pour le chauffage des générateurs de vapeur par M. Hinstin repose sur des principes rationnels. Malgré certaines difficultés rencontrées dans les premières applications, ce foyer a déjà réussi dans trois occasions diverses : aux usines des Colettes, à la Caisse des Dépôts et Consignations, où son emploi a fait cesser les plaintes du voisinage, et au concours de la Ville de Paris, où il a supprimé les trois quarts de la fumée de la grille ordinaire et où il a obtenu un rang honorable après une difficile épreuve.

Bien que le travail qui vous a été présenté appelle encore l'étude, le Comité des Arts mécaniques, tenant compte des résultats déjà réalisés, vous propose d'insérer le présent rapport au *Bulletin*, avec les figures et légendes qui l'accompagnent, et de remercier M. Hinstin de son intéressante communication.

Signé : BRULL, *rapporteur*.

Lu et approuvé en séance, le 22 avril 1898.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

RAPPORT fait par **M. N.-J. Raffard**, au nom du *Comité des Arts mécaniques*, sur *la serrure de sûreté* de M. GEORGES BERGEVIN.

M. Bergevin s'est donné pour but d'inventer une serrure incrochetable, dont le prix ne dépasserait pas celui d'une serrure ordinaire, et dont les diverses pièces puissent être exécutées mécaniquement, c'est-à-dire économiquement, au moyen de machines-outils appropriées.

Cette méthode de fabrication réduit le coût de production des mécanismes, grâce à la réduction du nombre des pièces dont ils se composent et à un outillage absolument complet, quelquefois fort coûteux, mais qui, lorsque ce mode d'exécution s'applique à des objets de première nécessité : serrures, revolvers, montres, machines à coudre, permet de réaliser de grands bénéfices, tout en livrant des objets de qualité supérieure à des prix minimes (1).

Quoi qu'il en soit du procédé de construction que se propose d'employer M. Bergevin, la serrure qu'il a inventée mérite d'être connue, car elle est vraiment incrochetable : la garniture de la clef, en acier trempé et fort épaisse, la met à l'abri de toute tentative malhonnête; et, d'ailleurs, l'espace libre laissé par cette garniture est beaucoup trop petit pour qu'un instrument autre que la clef puisse faire fonctionner la serrure. En outre, la gâche, par ses tenons qui pénètrent profondément dans le chambranle, empêche que l'on enfonce la porte.

La serrure de M. Bergevin, fabriquée à bas prix, est donc capable de rendre de grands services. En conséquence, nous vous proposons, Messieurs, de remercier M. Bergevin de son utile communication et d'insérer au *Bulletin* le présent rapport, avec le dessin de la serrure et la légende explicative.

Signé : RAFFARD, *rapporteur.*

Lu et approuvé en séance, le 22 avril 1898.

(1) Voir la lettre de M. Hill, publiée dans le *Bulletin de la Société d'Encouragement* de l'année 1878. Page 96.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

SERRURE DE SURETÉ DE M. BERGEVIN

Fig. 1 à 9. — Serrure *Bergevin*.

g. 1. Vue montrant l'intérieur de la serrure. — Fig. 2. Coupe suivant les lignes 1, 2, 3, 4, 5, 6, de la figure 1. — Fig. 3 et 4. Vues de la gâche. — Fig. 5. Disposition de la serrure commandant plusieurs verrous. — Fig. 6. Serrure se fermant de l'intérieur par une clef. — Fig. 7. Serrure pour meubles. — Fig. 8 et 9. Élévation et coupe de la clef et de sa garniture. La clef (fig. 9), principal objet de l'invention, est fabriquée par séries qui diffèrent toutes entre elles par diverses modifications de la longueur des principales parties de la clef, du diamètre extérieur et intérieur du canon, de la forme et de l'inclinaison des cannelures et de sa garniture.

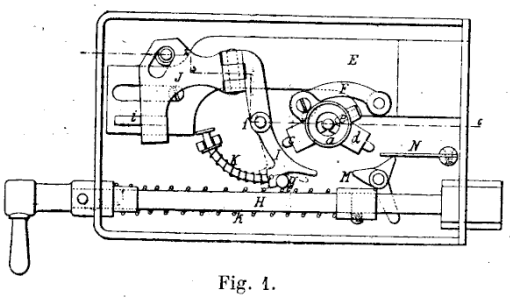


Fig. 1.

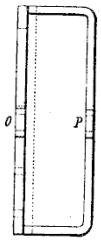


Fig. 3.

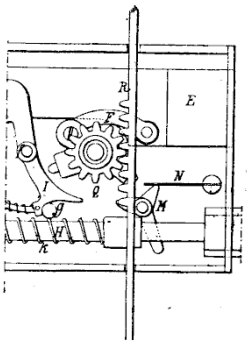


Fig. 5.

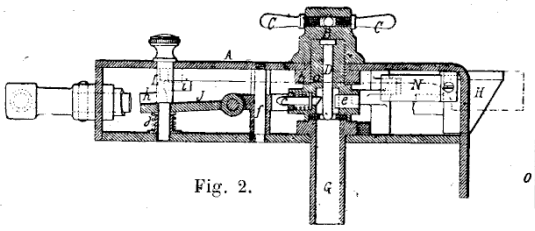


Fig. 2.

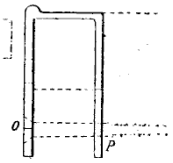


Fig. 4.

Fig. 8.

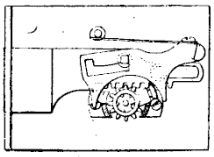


Fig. 7.

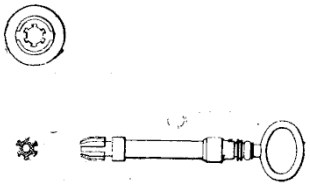


Fig. 9.

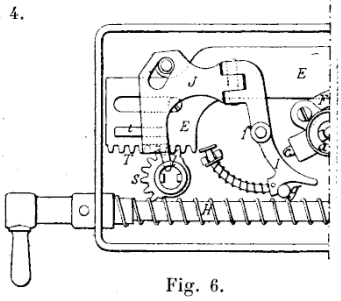


Fig. 6.

A, plaque de foncet; B, tourniquet solidaire du manchon et des doigts (*c*) et (*e*); C, bras du tourniquet; D, broche de la clef; E, pène; F, bielle du pène E; G, entrée de la clef; H, demi-pène; I, platine courbe produisant l'ancrage du pène; J, partie articulée de la platine I; K, ressort à boudin du demi-pène; L, bouton servant à dégager le pène en poussant la platine J; M, canne du demi-pène; N, ressort de la canne M; O et R, tenons de la gâche traversés par une vis; S, pignons du grand pène (fig. 6); *a*, manchon solidaire du tourniquet, il porte les doigts (*c*) et (*d*) et la clavette (*e*), sur laquelle agit la clef; *b*, garniture d'acier trempé (fig. 8); *c* et *d*, doigts qui saillissent lors de l'introduction de la clef, mais qui, par l'action d'un ressort à boudin, reviennent à leur position première dès qu'on la retire; *e*, clavette en acier, sur laquelle la clef vient agir pour produire la rotation du manchon (*a*) et des doigts (*c*) et (*d*); *f*, tourillon de la platine I et J; *g*, butée de la platine I; *h*, chape solidaire de la platine articulée J, sert à l'ancrage du gros pène; *i*, pièce solidaire du gros pène et sur laquelle agit la platine à charnière J.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

FONCTIONNEMENT DE LA SERRURE

Pour fermer la porte, on entre la clef et on la pousse jusqu'au fond de la serrure : dans ce mouvement, les doigts *c* et *d* font saillie, soulèvent la platine et déclenchent le pène; et, comme la clef est venue s'emboîter sur la clavette (*e*), un tiers de tour fait avancer le pène jusqu'à ce qu'il s'arrête. Alors, on tire la clef à soi et la porte est fermée.

Pour l'ouvrir, on fait le mouvement inverse avec la clef, puis on retire celle-ci.

Quand il s'agit d'ouvrir ou de fermer la porte, de l'intérieur, on pousse le petit bouton *L*, qui déclenche le pène, que l'on fait reculer ou avancer en agissant sur le tourniquet *B*.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

COMMERCE

RAPPORT présenté, par **M. Levasseur**, au nom du *Comité du Commerce* sur les *cartes en relief*, par **MM. Stragliati et Nobili.**

L'ingénieur-conseil, de l'ambassade d'Italie, M. Pesce, a transmis à la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale une carte en relief du Vésuve et une série de cartes en relief représentant le massif des Alpes dans la région du Mont-Cenis, dressées par MM. Stragliati et Nobili.

La carte du Vésuve est à l'échelle du 10 000^{e} ; celles des Alpes, qui sont au nombre de six cartes s'ajustant les unes à côté des autres, sont à l'échelle du 50 000^{e}. Les auteurs ont publié deux autres séries, les Alpes du mont Rose (frontière suisse) et les Alpes du Trentin (frontière autrichienne) à la même échelle, une série de cartes à l'échelle du 25 000^{e} représentant le massif du Grand Paradis. L'échelle des hauteurs est la même que celle des longueurs : rapport qu'il est facile d'observer quand on adopte une aussi grande échelle, et qui nous paraît applicable même à une échelle moitié moindre, celle du 100 000^{e}, dans une région accidentée telle que les Alpes.

Les auteurs construisent leurs modèles à l'aide de plans d'égale épaisseur découpés suivant des courbes de niveau équidistantes dont ils abattent ensuite les angles en sculptant les détails. C'est un procédé généralemen employé pour les travaux de précision de ce genre depuis Bardin qui l'a, je crois, appliqué le premier d'une manière systématique et qui, en tout cas, l'a popularisé : le Mont-Blanc de Bardin est un des types classiques de ce mode de représentation. Il existe de bons reliefs de ce genre en Suisse, en Autriche, en France et dans d'autres pays.

Ce qui est surtout à signaler dans les échantillons présentés par MM. Stragliati et Nobili, c'est, d'une part, la reproduction gravée et coloriée de tous les détails de la carte topographique sur laquelle ils ont travaillé et, d'autre part, la légèreté et la solidité de leur relief. La carte du Vésuve, en neuf morceaux, est particulièrement d'un effet pittoresque ; je ne suis pas étonné qu'un géographe aussi compétent que M. Marinelli ait distingué cette œuvre à l'Exposition de Milan.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Il y a plus de trente ans que, moi-même, j'ai recommandé, pour l'enseignement, l'emploi des cartes en relief dressées avec précision d'après des cartes topographiques par courbes. J'admets une certaine exagération du relief, quand elle est nécessaire pour rendre sensibles, à une petite échelle, les mouvements importants du terrain; cette exagération rectifie parfois, sur une carte destinée à l'enseignement, la différence d'impression faite sur le spectateur par l'aspect des pentes lorsqu'on les voit de bas en haut, comme on les voit dans la vallée, et le même aspect quand on les voit de haut en bas comme on les verrait d'un ballon. Mais il faut que cette exagération soit aussi réduite que possible. Dans la carte en relief de France à l'échelle du millionième, que j'ai dressée en collaboration avec M^lle^ Kleinhans, j'avais adopté pour les hauteurs une échelle quadruple de celle des longueurs. Mais à partir du 100 000^e^, toute exagération de ce genre me paraît une erreur.

MM. Stragliati et Nobili ne sont pas tombés dans cette erreur. Au point de vue du procédé scientifique, leur œuvre est sérieusement faite. Au point de vue de l'exécution matérielle pour laquelle ils ont pris un brevet, elle est tout à fait satisfaisante. Je ne saurais dire jusqu'à quel point leur procédé diffère de ceux qu'ont employés à ma connaissance des cartographes français. Mais je constate que leurs cartes peuvent être utiles pour l'enseignement à tous les degrés. Malheureusement, quelque réduit qu'il soit, le prix de ces reliefs est toujours élevé : les neuf planches du Vésuve coûtent 100 francs; il est vrai que la planche centrale n'en coûte que 15. Le prix, et quelquefois aussi la place qu'occupent des cartes de ce genre ont été, jusqu'ici, des obstacles à l'emploi fréquent de ces représentations géographiques dans les écoles ainsi que l'insertion du présent rapport au *Bulletin*.

Le Comité du Commerce propose, en conséquence, d'adresser des félicitations et des remerciements à MM. Stragliati et Nobili pour leur intéressante communication.

Signé : E. Levasseur, *rapporteur*,

Lu et approuvé en séance, le 22 avril 1898.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS ÉCONOMIQUES

RAPPORT présenté par **M. Hippolyte Fontaine,** au nom du *Comité des Arts économiques,* sur le *Balancier galvanogrammètre* de **M. Ducot.**

M. Ducot, industriel à Paris, a soumis à l'examen de la Société d'Encouragement un appareil destiné à peser les dépôts d'or et d'argent effectués dans des cuves électrolytiques, appareil auquel il a donné le nom de *Balancier galvanogrammètre.*

C'est un perfectionnement à la balance Roseleur, fréquemment employée dans l'industrie des dépôts galvaniques.

La balance Roseleur est à bras égaux. Un de ses plateaux est remplacé par une tige supportant l'ensemble des pièces à argenter ou à dorer; le tout est équilibré par une tare placée à l'autre extrémité du fléau.

Quand les pièces a recouvrir sont plongées dans le bain, le fléau est horizontal. Sur un plateau spécial, du coté de la tare, on ajoute des poids variables pour connaître, à n'importe quel moment, l'état d'avancement du travail; ou un poids fixe correspondant au dépôt total à obtenir. Le plus souvent, on ne se préoccupe que de ce dernier point, les pesées intermédiaires ayant peu d'importance.

Les choses étant ainsi disposées, on fait passer le courant entre les deux électrodes, et l'opération commence.

Dès que le poids total du dépôt atteint son maximum, le fléau s'incline, déclenche un levier qui interrompt automatiquement le circuit et prévient, par une sonnerie électrique, l'ouvrier préposé à la surveillance du travail.

Depuis l'invention des ampèremètres enregistreurs à déclenchement automatique, la balance Roseleur a été un peu abandonnée; cependant, beaucoup de praticiens préfèrent se fier aux pesées directes, au lieu d'avoir recours à des instruments de mesure électriques.

M. Ducot s'est proposé de faire une balance plus précise que celle de Roseleur, et ayant sur cette dernière l'avantage d'indiquer pendant toute la durée de l'opération le poids du métal déposé.

Son appareil, représenté ci-contre, est très bien étudié. Il permet d'obtenir

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

des pesées rigoureusement exactes, et paraît répondre convenablement à toutes les données du problème industriel.

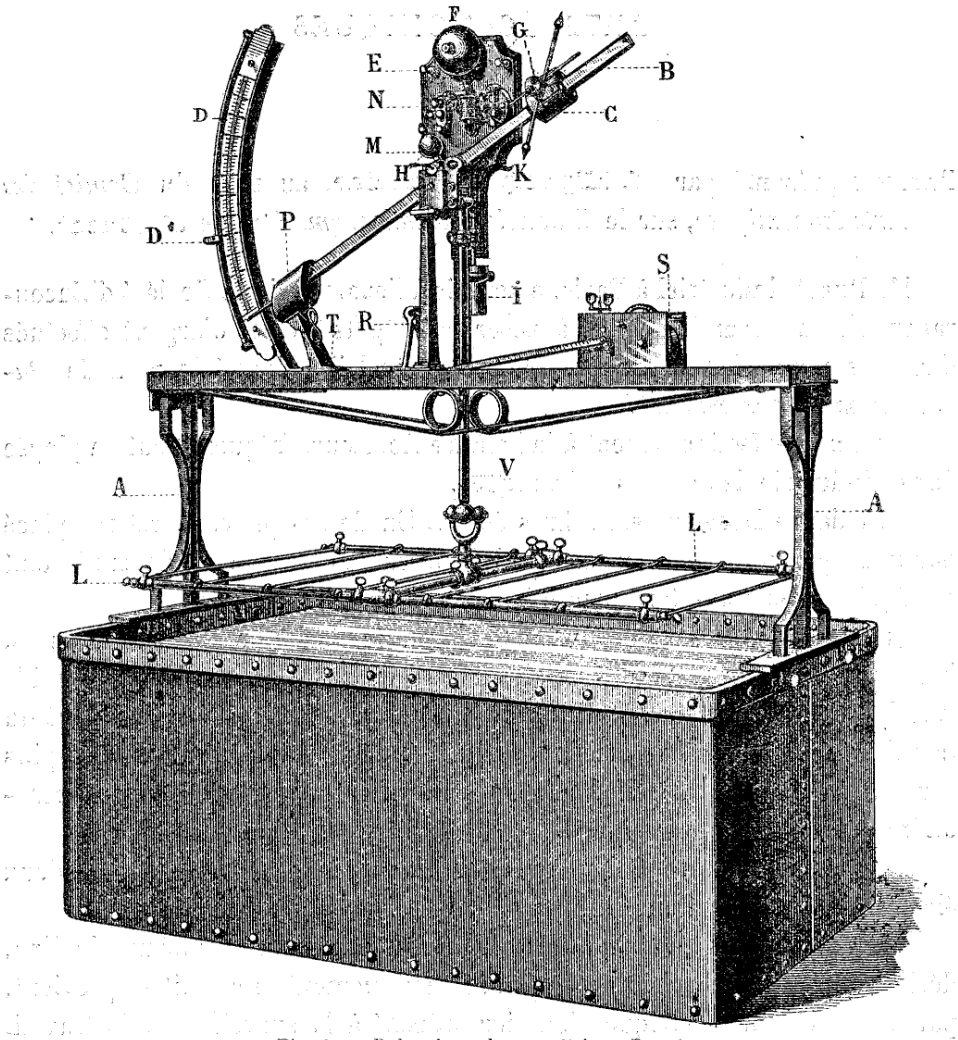


Fig. 1. — Balancier galvanométrique *Ducot*.

A A, supports du balancier galvanogrammètre; B, levier ou fléau relié au cadre L; C, poids équilibrant le cadre L; D, cadran indiquant le poids du métal déposé; D', barette placée par l'opérateur avant chaque opération; E, borne d'attache du fil relié au pôle négatif du générateur d'électricité; F, sonnette avertissant que l'opération est terminée; G, bouton de réglage du poids C; H, couteaux de suspension du fléau indicateur; I, amortisseur à air; K, attache du levier au cadre cathodique; L, cadre recevant les pièces à recouvrir; M, petite sphère servant à régler le balancier; N, commutateur mobile pour l'arrêt automatique du circuit électrique; P, contrepoids fixe, placé sur le levier près de l'aiguille indicatrice; R, leviers actionnés par le mécanisme S; S, mécanisme destiné à donner un mouvement de va-et-vient du cadre dans le bain pour accélérer le dépôt; T, appui du levier quand l'appareil est au repos; V, tige de suspension des pièces à recouvrir.

L'explication qui précède, sur la balance Roseleur, et la légende annexée à notre dessin rendent facile à comprendre la marche du balancier Ducot.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le bain étant préparé, on dispose sur le cadre suspendu au fléau les pièces à recouvrir, puis on place les anodes et on plonge le cadre dans le bain, en ayant soin de manœuvrer le poids mobile de manière à ce que l'aiguille indicatrice marque zéro. Rien de plus ingénieux que le réglage de ce poids, dont l'axe est excentré et dont le curseur et le régulateur prennent une série de positions rigoureusement déterminées, suivant que la charge est lourde ou légère, soit au départ soit à l'arrivée.

On fixe la barette de déclenchement à la place qu'elle doit occuper, et on met le bain en action.

Les choses se passent alors comme il est dit précédemment, mais les résultats ont un plus grand degré d'exactitude, car l'appareil Ducot est plus rigide, plus facile à régler, plus industriel, en un mot, que la balance Roseleur.

Pour obtenir un dépôt régulier dans toutes les parties du bain, M. Ducot, au lieu de relier le pôle positif du générateur électrique à l'angle du cadre métallique reposant sur la cuve, ainsi que cela se fait généralement, le relie à deux points opposés sur les traverses extrêmes de ce cadre.

En outre, pour arriver à un résultat plus parfait encore, M. Ducot place les pièces les plus grandes à proximité de l'entrée des courants sur le cadre cathodique; et, en observant une progression décroissante, il éloigne les pièces de moindre surface desdites entrées. De cette façon, les dépôts sont réguliers et homogènes : chaque pièce reçoit un revêtement de même épaisseur.

Pour conclure, nous dirons que les travaux de M. Ducot relatifs au dépôt électrolytique des métaux précieux sont susceptibles de rendre des services réels aux industriels; ils méritent donc d'être encouragés et portés à la connaissance du public.

En conséquence, le Comité des Arts économiques a l'honneur de vous proposer de remercier M. Ducot de son intéressante communication et d'insérer le présent rapport dans le *Bulletin* de la Société avec figure dans le texte.

Signé : le rapporteur, H. FONTAINE.

Lu et approuvé en séance, le 22 *avril* 1898.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

CONSTRUCTIONS ET BEAUX-ARTS

RAPPORT présenté par **M. Rossigneux**, au nom du *Comité des Constructions et des Beaux-Arts*, sur l'ouvrage de **M. Léon Lefèvre**, intitulé : *La Céramique du bâtiment.*

MESSIEURS,

J'ai à vous rendre compte d'un livre d'une incontestable valeur, en ce qu'il intéresse au plus haut degrés l'industrie nationale, et où, sous le titre : *la Céramique du bâtiment*, se trouve exposé et traité avec une réelle compétence tout ce qui a rapport à la fabrication et à l'emploi des briques, tuiles, tuyaux, terres cuites émaillées, carreaux ordinaires et grès architecturaux, qui jouent un rôle si important dans les constructions de nos jours.

Loin de moi la pensée de vous faire ici l'historique de la céramique, même de celle plus particulièrement destinée à la construction, car, tous, vous savez aussi bien que moi que l'invention, comme l'emploi de la brique, remonte aux premiers âges du monde, qu'elle précéda de beaucoup l'emploi de la pierre qui exigeait, avec un outillage plus parfait, des connaissances plus approfondies dans l'art de l'extraire des carrières, de la tailler et de l'appareiller.

Rien de plus simple, en effet, que de délayer l'argile qui se trouve en abondance dans la nature, de la modeler, de la laisser se dessécher à l'air libre où elle prend alors assez de consistance pour résister à l'écrasement, et à pouvoir ainsi être employée, telle quelle, dans la construction des bâtiments : mais comme elle conserve la faculté d'absorber l'humidité, et que, par suite, elle perd sa solidité en se délayant de nouveau, le premier homme qui eut l'idée de la faire durcir au feu, de la rendre immarcessible, fut vraiment un homme de génie, digne d'être considéré comme un des bienfaiteurs de l'humanité, et il est à regretter que l'histoire ne nous ait pas conservé son nom.

C'est évidemment à partir de cette découverte que la brique obtint la préférence sur tous les autres matériaux de construction, et il nous suffira

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de citer comme exemple, avec Hérodote, l'immense Babylone, ses palais, ses terrasses, ses jardins suspendus, ses hautes murailles de 40 kilomètres de tour, dont l'épaisseur était telle que six chars attelés de front pouvaient y circuler à l'aise, ainsi que cette tour de Babel qui, au dire de Moïse, amena la confusion des langues, et dont les archéologues prétendent avoir retrouvé l'emplacement et les ruines. La céramique de bâtiment, après avoir brillé du plus vif éclat en Asie Mineure pendant la domination assyrienne, atteignit chez les Romains le plus haut degré de perfection ; mais, vint la décadence de l'Empire, et, avec elle, celle de la céramique, qui ne retrouva son éclat qu'à l'époque de la Renaissance, avec les merveilleuses fayences émaillées des Della-Robia, puis le goût en passa encore, et ce n'est que de nos jours qu'elle paraît devoir prendre un nouvel essor, au plus grand profit de la construction et de la décoration de nos demeures et de nos édifices.

J'insiste d'autant moins sur cet intéressant sujet que vous le trouverez exposé d'une façon complète, quoique succincte, dans l'ouvrage qui nous occupe en ce moment.

Ce livre, et les enseignements qu'il renferme, arrive d'autant plus à son heure, que la pierre commence à s'épuiser dans les carrières où elle se trouvait jadis en abondance près des grands centres de construction. Il en résulte un tel accroissement de prix de la matière première, qui va s'augmentant de celui de la main-d'œuvre, que l'on a dû rechercher les moyens de remplacer la pierre par des matériaux artificiels moins coûteux : simili-pierre, simili-marbre, ciments, bétons, et surtout par la brique, qui se prête si bien, par le moulage, aux exigences des formes les plus variées, et qui, avec l'emploi du fer, aura sans doute cet avantage de provoquer chez les ingénieurs, les architectes, les constructeurs, la création d'une architecture nouvelle française, en la soustrayant à ces redites éternelles des enseignements légués à notre pays par nos ancêtres en art de la Grèce et de l'Italie.

Permettez-moi maintenant, Messieurs, avant d'entrer plus avant dans le vif de mon sujet, de vous présenter l'auteur, M. Léon Lefèvre, que je vous prie d'accueillir avec bienveillance, étant digne à tous égards de vos encouragements.

M. Lefèvre est sorti avec le n° 1 de l'École industrielle de Rouen, sorte d'École centrale régionale aujourd'hui disparue. Il s'attacha à la chimie et se consacra plus particulièrement à l'étude des matières colorantes. Du reste, M. Lefèvre n'est pas un inconnu pour vous, car notre Société, sur un

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

rapport élogieux de notre éminent collègue M. de Luynes, accordait une récompense à son traité sur les matières colorantes, ouvrage considérable, qui fait autorité en France et à l'étranger (1). A la suite de la mort de son père qui exploitait un important établissement céramique, il fut amené à diriger cette usine pendant quelques années. C'est de ce passage dans l'industrie céramique qu'est né son nouvel ouvrage : *la Céramique du bâtiment.*

J'ai lu cet ouvrage avec beaucoup d'attention et d'intérêt; j'ai été frappé de sa clarté, de sa méthode, ainsi que des nombreux chiffres et renseignements qui s'y trouvent réunis. Une telle quantité de documents a dû demander une grande somme de recherches, de travail, et vous serez de mon avis quand vous saurez qu'on n'y rencontre pas moins de cent quatre-vingts machines et appareils étudiés et décrits avec la plus minutieuse exactitude, parmi lesquels on en compte quatre-vingts français, soixante allemands, trente anglais, sept américains et trois suisses. — Ces chiffres vous montrent la place prépondérante que la France occupe dans la construction des machines destinées aux industries céramiques, et j'ajoute que le bon renom de notre fabrication se répand à l'étranger, qui vient acheter chez nous beaucoup de nos machines à briques et autres.

Ne croyez pas, cependant, que les machines occupent la plus grande place dans l'ouvrage de M. Lefèvre; les autres parties y sont traitées avec un développement analogue. C'est ainsi que j'ai noté une dizaine d'installations d'usines avec leurs devis très détaillés, dont les industriels pourront tirer bon parti, puis des plans, à l'échelle, de fours, de hangars, de bâtiments pour séchoirs, etc., et enfin, plus de sept cents figures relatives aux applications des produits céramiques.

C'est, en effet, un des côtés particulièrement intéressants du livre de M. Lefèvre d'avoir réuni ensemble la fabrication et l'application des produits céramiques destinés aux constructions.

De fait, l'auteur estime, et je partage son opinion, que l'industrie céramique n'a qu'à gagner dans l'accord de l'architecte avec l'industriel, et que l'un et l'autre, en se faisant de mutuelles concessions, leur collaboration n'en sera que plus féconde en résultats heureux. — C'est ainsi, qu'en 1889, l'éclatante manifestation du Champ-de-Mars produisit ce remarquable exemple d'une entente fructueuse entre un habile praticien céramiste, le regretté Muller, et les éminents architectes Bouvard et Formigé.

(1) *Bulletin* de juin 1896, p. 815.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L'auteur a divisé son travail en deux parties, la première comprenant toutes les poteries dont la surface n'a reçu aucun enduit étranger; ce sont les poteries simples, non décorées, et la seconde, les poteries dites composées ou décorées. — Cette division, due à Salvetat, paraît la plus rationnelle; on peut lui en préférer d'autres, mais en fait de classification, l'éclectisme est de rigueur.

Quant à la subdivision en chapitres, l'auteur a tenu compte de la forme et de l'emploi des objets étudiés : cette méthode est celle généralement adoptée par tous les auteurs qui se sont occupés de ces questions; à vrai dire, elle est évidemment la meilleure, surtout dans un ouvrage spécial traitant de la céramique du bâtiment.

Le volume s'ouvre sur deux chapitres préliminaires, traitant : l'un, des *argiles en général*, l'autre, de leur *travail préparatoire* en vue de la fabrication à laquelle ils sont destinés.

Le premier se subdivise en trois paragraphes : le premier traitant de la classification des argiles et de leur géologie, le second de leurs propriétés générales, le troisième de leur exploitation. — Des coupes de terrain, des photographies de carrières, des figures représentant le matériel de terrassement accompagnent le texte de ce chapitre, qui se termine par un extrait de la loi sur les mines.

Le chapitre qui suit traite des moyens généraux employés pour amener les argiles à l'état convenable pour leur transformation en produits céramiques : il va sans dire que ces moyens varient suivant la nature des terres, le procédé de fabrication et, aussi, le genre des objets à fabriquer : c'est dans ce but que le taillage, le lavage, le broyage, le dégraissage, sont traités séparément ou simultanément, suivant le but à atteindre.

Le chapitre III traite des *briques*. Il se subdivise en trois paragraphes consacrés à la fabrication, aux formes et dimensions, aux emplois et applications. Le § 1, l'un des plus importants, ne comprend pas moins de 150 pages, ce qui n'aura pas lieu de vous surprendre puisqu'il embrasse les questions générales communes aux autres chapitres, comme les fours et les séchoirs.

Le moulage des briques s'exécute à la main ou mécaniquement. — Le premier moyen est le plus ancien, il remonte vraisemblablement aux époques les plus reculées. On a retrouvé, dans un tombeau de l'antique Thèbes aux Cent Portes, une peinture qui montre la façon dont se fabriquaient les briques au temps de la captivité des Hébreux chez les Égyptiens. — On y

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

voit un esclave préparant l'argile et un autre formant la brique dans un moule. Ce procédé primitif est encore celui usité de nos jours.

Malgré les progrès considérables de la fabrication mécanique, et principalement dus à l'invention des tuiles à emboîtement, ainsi qu'à celle des briques creuses, qui exigent l'emploi des machines, le moulage à la main est encore le plus généralement employé, et, certainement, sur les six mille briquetiers existant en France, les neuf dixièmes, sinon plus, l'exploitent exclusivement. Il n'y a rien là que de très naturel, étant donné sa simplicité, son économie et sa facilité de main-d'œuvre quand il ne s'agit de produire que des briques dites de pays. Mais il ne saurait en être de même pour les produits soignés destinés à figurer dans les parements, c'est alors que la fabrication mécanique s'impose, car elle seule permet d'obtenir des briques denses, à faces lisses, aux arêtes nettes et vives.

Parmi les nombreuses machines décrites par M. Lefèvre, le fabricant serait fort en peine de se prononcer, s'il n'était guidé dans son choix par des tableaux où se trouvent réunis tous les renseignements afférant à ces machines : production, poids, prix, force nécessaire, etc., et surtout par les considérations générales formulées par l'auteur pour le choix d'une machine à briques. Il y a là quelques pages très personnelles, et qui indiquent, sans qu'on puisse s'y méprendre, l'homme de métier.

Quelques types d'installation très pratiques, avec devis détaillés à l'appui, sont le complément obligé des renseignements qui précèdent.

Le rebattage des briques a pour but de donner aux faces une planimétrie parfaite et de rendre les arêtes nettes et vives. Une ingénieuse machine, imaginée par Brethon de Tours, a résolu ce problème en remplaçant les planchettes en bois avec lesquelles un ouvrier, plus ou moins expérimenté, frappait la brique encore molle sans pouvoir cependant en obtenir la parfaite régularité. Cette machine, adoptée dans les plus petites exploitations, y rend les plus grands services, et ce qui prouve encore mieux son excellence, c'est qu'elle a été copiée fidèlement par un grand nombre de constructeurs étrangers.

Une opération des plus importantes est celle du séchage ; elle s'effectue le plus souvent à l'air libre ou sous de légers hangars ; mais, dans les grandes exploitations travaillant toute l'année, elle nécessite la construction de vastes bâtiments à étages. M. Lefèvre donne les dessins de ces diverses sortes de séchoirs, et il fixe, à l'aide de devis détaillés, le prix de revient de chacun d'eux, en indiquant les conditions dans lesquelles on doit donner la pré-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

férence à l'un ou à l'autre, telles, par exemple, que d'arrêter son choix, sur le tunnel séchoir, appareil à marche continue, dont on s'occupe beaucoup en France en ce moment.

Au séchage succède la cuisson. Cette opération se fait soit en tas, à l'air libre, c'est la cuisson dite à la volée, soit dans des fours *ad hoc*, à marche intermittente, ou bien dans des fours voûtés à marche continue. Ces derniers ont reçu leurs formes définitives des Allemands Hoffmann et Licht, et leur apparition a été, sans conteste, l'un des plus grands perfectionnements réalisés dans la cuisson des produits céramiques.

L'auteur passe en revue tous ces systèmes de fours; il en décrit minutieusement le fonctionnement, sans rien omettre de leur construction, en s'appuyant sur des plans et coupes à l'échelle. Il indique encore, avec détail et précision, la façon de poser les briques à cuire, d'allumer le feu, de le conduire, le combustible à employer, le prix de revient de la cuisson, et tout cela avec le détail et la précision qui ne laissent aucune prise à l'imprévu. Il y a encore lieu de citer une étude intéressante sur la cuisson faite dans des fours à feu continu à combustible gazeux, obtenu à l'aide de gazogènes. Ce perfectionnement a son intérêt pour les produits délicats ou pour ceux qui exigent une haute température. C'est ainsi qu'est mentionné dans l'ouvrage, à côté d'un four rectangulaire système Gastelier, un autre four rond, employé par MM. Schneider, pour cuire, dans leur usine du Creusot, les produits nécessaires à leur industrie métallurgique.

Les § 2 et 3 traitent plus particulièrement de l'application des produits dont on vient de décrire la fabrication. Les renseignements portent tout d'abord sur les dimensions, les formes, la couleur et la qualité des briques en usage dans notre pays, aussi bien que dans les pays étrangers. Une trentaine de différents types de briques ordinaires ou diversement façonnées, moulurées en vue d'applications spéciales, y sont représentées à l'aide de la gravure.

L'historique de l'emploi des briques précède leurs applications. Cet historique est illustré d'une douzaine de photogravures représentant les monuments les plus importants des diverses époques dans lesquels la brique et la terre cuite ont joué un rôle prépondérant. Voici la célèbre Chartreuse de Pavie (XIVe siècle), l'église de Saint-Sernin de Toulouse (XIe siècle), au curieux clocher en briques; la maison historique de Tristan à Tours, où la brique a été si habilement employée dans toutes les parties de la construction; l'important beffroi de Bruges (XIIIe siècle), qui domine la ville de ses

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

100 mètres de hauteur; la gracieuse église de Santa-Maria de Milan, œuvre du célèbre Bramante; l'élégant château de Blois; l'imposant Muséum d'histoire naturelle de Londres, construit entièrement en terre cuite dont le ton imite celui de la pierre.

Dans les quelques pages qui suivent, vous trouverez relatés les détails pratiques et essentiels à l'emploi des briques : appareillage, rejointement, pavages, voûtes, cheminées, etc.

Après les briques, *les tuiles :* la couverture, après les murs, n'a rien que de logique. L'utilisation de ces plaques en terre cuite, aux formes et aux dimensions si variables, est certainement aussi ancienne que celle des briques, et si les matériaux antérieurs à l'époque romaine sont rares, ou même font défaut, en revanche, ceux de cette époque et des suivantes se rencontrent en abondance, prouvant ainsi que l'emploi de la tuile fut général en Europe comme il l'est encore de nos jours.

On ne faisait alors usage que de trois sortes de tuiles, plates, rondes et en s renversé. Ce n'est seulement que vers le milieu de notre siècle que fut inventée la tuile à emboîtement, qui, fabriquée mécaniquement, révolutionna cette industrie en réalisant un important perfectionnement. Je tiens à vous signaler en passant, Messieurs, que cette invention toute française est due aux frères Gilardoni d'Altkirch, en Alsace.

La fabrication des tuiles amène M. Lefèvre à examiner et à discuter les avantages et les inconvénients qu'offre le degré d'humidité des pâtes destinées à cet usage. Selon leur consistance, on les appelle molles, fermes ou dures. Il y a quelques années, à la suite de graves dégâts survenus rapidement à des toitures exécutées en tuiles fabriquées en pâte dure, ces pâtes furent mises à l'index par nombre d'architectes. Plus éclectique, M. Lefèvre ne rend pas responsable d'accidents indéniables la méthode elle-même, mais le fâcheux emploi des terres qui ne sauraient être travaillées de cette façon. A son avis, dont on ne saurait trop reconnaître la sagesse, le consommateur, sans avoir à se préoccuper du mode de fabrication des tuiles, doit exiger du fabricant qu'elles soient bien cuites, de dimensions bien régulières, et lui demander une garantie de dix ans contre la pluie et la gelée, garantie qui ne saurait être refusée par les fabricants sérieux et sûrs de leurs produits.

Le moulage des tuiles à la main n'offre pas plus de difficultés que celui des briques; seulement le mélange et la préparation des terres exige les soins les plus minutieux.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La fabrication mécanique emploie plus particulièrement la presse à cinq pans, construite pour la première fois par Schmerber de Tagelsheim (Haut-Rhin) sur les indications de Gilardoni, l'inventeur de la tuile à recouvrement. Cette machine, comme la presse à rebattre de Brethon, eut un tel succès qu'elle fut copiée par tous les constructeurs, qui en conservèrent le principe en en modifiant plus ou moins heureusement les organes.

Les nombreux modèles reproduits dans le livre de M. Lefèvre, avec l'indication de leur poids, de leur rendement, de la force absorbée et de leur prix, ne laisse à l'industriel que l'embarras du choix.

Les appareils pour le séchage et la cuisson des tuiles sont les mêmes que ceux employés pour les briques, en adoptant certaines dispositions nécessitées par la forme même de ces produits. Là encore, sont indiqués des types d'installation de tuileries mécaniques, avec devis et indications du prix moyen de revient.

Le § 3, qui traite des formes, dimensions et emploi des principaux modèles de tuiles, m'a fourni d'intéressants renseignements réunis sous forme de tableaux, et une comparaison entre les tuiles françaises et étrangères qui toutes, ou presque toutes, procèdent directement des premières, qui ne sont autres que celles à recouvrement de Gilardoni.

Outres les tuiles anciennes plates, rondes, romaines, flamandes, sont représentés plus de soixante modèles de tuiles mécaniques comprenant les tuiles faîtières, chaperons, frontons, rives, chêneaux, tuiles spéciales, etc. En regard des tuiles, se trouvent placés les quelques produits céramiques qui en sont les accompagnements obligés sur les couvertures, mitres, mitrons et cheminées en terre.

L'auteur a cru devoir aussi faire mention des tuiles en grès, dont l'usage est encore restreint par suite de quelques inconvénients qu'on ne désespère pas de surmonter.

Les tableaux placés à la suite de ce paragraphe donnent des renseignements sur les principaux types de tuiles tels que leur dimension, leur poids, leur nombre au mètre carré, le prix du mille, etc.

Le chapitre V a pour titre : *Des tuyaux*. Bien que ces conduits creux en terre cuite se retrouvent dans de très anciennes constructions, ce n'est qu'à la fin du siècle dernier que leur fabrication prit une grande extension, quand on en fit usage pour le drainage des terres et pour les conduits de cheminées. Comme pour les briques et les tuiles, les tuyaux furent de tous temps fabriqués à la main, opération longue et coûteuse. Ce n'est qu'en 1858, à

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Onwiller, dans le Haut-Rhin, que la fabrication mécanique fut essayée, à l'aide de presses du genre de celles servant à confectionner le macaroni. Ce système se répandit rapidement, et aujourd'hui il est seul employé pour les tuyaux lisses.

Les tuyaux en terre cuite sont employés dans les canalisations, bien que les tuyaux en grès leur soient avec raison préférés. Ils trouvent encore leur emploi dans les conduits de cheminée, sous les désignations de ventouses ou boisseaux, et à Paris, sous celle de wagons. Diverses figures représentent les machines servant à l'étirage des tuyaux. Les principaux modèles de boisseaux et wagons sont aussi représentés aux applications.

Au chapitre VI, les *carreaux en terre cuite*, qui sont aussi anciens que les briques et qui servent depuis des siècles à carreler nos habitations, vous verrez que leur fabrication est de tout point analogue à celle des tuiles, en ce sens que la terre, préalablement malaxée et amenée à un état convenable, est étirée sous forme de galettes, qui sont ensuite comprimées sous des presses dont les plus estimées viennent de Beauvais et d'Auneuil.

La plasticité de l'argile la rend propre à épouser et à conserver la forme des objets sur lesquels on l'applique; on comprend alors le parti que l'on peut tirer de cette propriété pour l'ornementation des édifices. On retrouve dans les ruines des monuments anciens de nombreux vestiges de corniches, de frontons et de bas-reliefs obtenus par ce procédé.

C'est par le moulage que s'exécutent les terres cuites servant à la décoration architecturale des édifices, en prenant certaines précautions pour l'évidage des pièces massives. C'est ainsi, qu'à l'Exposition de 1889, on a pu admirer, au porche du palais des Arts-Libéraux, des sculptures en terre cuite de très grandes dimensions, exécutées par Muller, d'après les modèles du sculpteur Michel. L'un de ces remarquables morceaux : *Labor*, est reproduit dans l'ouvrage de M. Lefèvre par la photogravure, ainsi que différentes terres cuites de Lœbnitz, créées également pour cette exposition.

A côté de ces œuvres d'art hors ligne, il y a lieu de citer d'autres modèles décoratifs plus pratiques, tels que rosaces, cartouches, caissons, balustrades, d'un usage courant dans la construction.

Cette première partie de la *Céramique du bâtiment* prend fin par la description des méthodes officielles d'essai des terres cuites.

Dans la seconde partie, consacrée aux *poteries décorées*, M. Lefèvre les définit ainsi : « Poteries dont la surface reçoit un enduit terreux, vitreux

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ou métallique, qui en modifie l'aspect et leur donne de nouvelles propriétés. La décoration peut se réduire à un simple engobage, ou être composée de brillantes couleurs, comme les panneaux magnifiquement peints dont on revêt les murs. »

Ce chapitre traite donc des engobes, des glacures et des procédés particuliers de décoration, avec les émaux, les couleurs, etc.

Le second chapitre est consacré aux briques et aux tuiles vernissées et émaillées.

M. Lefèvre fait remarquer que, pendant que nos voisins font avec succès l'application de ces matériaux dont l'emploi se trouve tout indiqué dans bien des circonstances, tels que courettes, offices, souterrains, etc., l'usage est si long à s'en répandre parmi nous où, appliqués avec discernement, ils pourraient être utilisés avec succès. Pour ma part, je partage entièrement l'avis de M. Lefèvre : que les exemples que nous ont légués les anciens devraient servir à nous guider dans cette voie.

Pourquoi aussi ne s'adresserait-on pas à la *lave émaillée*, qui, pour de grandes surfaces, a d'indiscutables avantages sur les plaques de dimensions restreintes des terres cuites?

J'ai eu l'occasion d'appliquer à différentes reprises cette matière immarcessible à la décoration extérieure des surfaces murales des bâtiments, et j'en ai toujours obtenu les résultats les plus satisfaisants.

Les *carreaux* forment un chapitre d'un intérêt tout particulier ; l'auteur les divise en : 1° carreaux pour pavage unis ou décorés; 2° carreaux pour revêtements; 3° carreaux pour poêles.

C'est du XI^e^ au XV^e^ siècle que l'on fabriqua, en France, ces carreaux historiés aux vives couleurs, aux dessins originaux, destinés aux pavages des églises et des châteaux; mais, au XVII^e^ siècle, cette fabrication disparut complètement de notre pays, et ce sont deux Anglais, Wright et Minton, qui, au début de ce siècle, cherchèrent à reproduire les anciens et curieux carreaux du moyen âge. Ils y réussirent après de longs tâtonnements, et cette industrie devint florissante dans le Staffordshire, centre de l'industrie céramique anglaise.

Ce n'est que beaucoup plus tard que cette fabrication des carreaux émaillés reprit faveur en France, mais avec assez de succès pour rattraper le temps perdu. Il suffira, en effet, de jeter les yeux sur le tableau suivant pour s'assurer que l'importation des carreaux décorés a subi, dans l'espace de trois ans, une décroissance de près de moitié, tandis que l'exportation

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

s'est maintenue avec un chiffre très supérieur dans le même laps de temps.

		Importations.			Exportations en francs.		
		1897	1896	1895	1897	1896	1895
Carreaux et pavés céramiques.	Terre commune sans vernis ni émail. .	667 010	600 274	555 427	2 470 888	3 106 541	1 966 333
	Autres.	560 700	799 362	841 685	1 057 760	1 064 955	1 162 928

L'auteur passe en revue les différents genres de carreaux : carreaux décorés avec engobes, carreaux en grès unis ou incrustés, etc.; il y a joint une cinquantaine de photogravures et une planche en couleur, qui mettent en présence l'un de l'autre les produits fabriqués par les principales maisons françaises et étrangères. M. Lefèvre a fait tout exprès le voyage de Stoke-on-Trent, principal centre de la production anglaise, afin d'étudier sur place cette fabrication.

Le § 3 du chapitre des carreaux est consacré aux carreaux pour poêles et cheminées. Encore une vieille fabrication qui a fait de notables progrès dans ces derniers temps, modifiant heureusement ses formes, étendant sa palette, et donnant à ses productions un véritable cachet d'art. On peut s'en rendre compte en examinant les spécimens de poêles décoratifs de la maison Lœbnitz, un des lauréats de la Société d'Encouragement, reproduits dans la *Céramique du bâtiment*.

La céramique décorée en vue de l'architecture comprend les faïences, les grès et les porcelaines. C'est là un chapitre des plus intéressants, et, pour ma part, je regrette qu'il ne soit pas plus étendu. Comme application, je retrouve différents panneaux décoratifs, exécutés dans les maisons Lœbnitz et Muller, ainsi qu'une vue du palais de la République Argentine à l'Exposition de 1889, dont les plans étaient de mon éminent confrère M. Buller. Vous n'avez sans doute pas oublié la remarquable décoration de cet édifice, dans la construction duquel il n'entrait que du fer et de la terre émaillée, dont les couleurs brillaient du plus vif éclat.

Laissant maintenant de côté toute question d'art, pour ne s'occuper que de l'utile, je dirai même de l'indispensable, le chapitre V, et dernier du volume, traite des *poteries sanitaires* : tuyaux, éviers, urinoirs, cuvettes, dont l'usage nous vient d'Angleterre, au plus grand profit de l'hygiène. Tous ces objets sont exécutés en grès, en faïence, ou mieux encore en porcelaine, à cause de sa plus grande imperméabilité.

A titre d'applications, M. Lefèvre a reproduit différentes installations de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

cabinets où la céramique est seule employée, l'évacuation se faisant à l'aide de tuyaux en grès. Bien que relativement récente chez nous, la fabrication de ces tuyaux a pris un grand développement, et il est intéressant de comparer, à ce sujet, les chiffres de notre exportation avec ceux de l'importation. Les différences constatées en notre faveur, sont singulièrement éloquentes.

		Exportations en francs.			Importations.		
		1897	1896	1895	1897	1896	1895
Poteries cuites en grès.	Ustensiles pour les produits chimiques.	55 840	84 963	123 574	192 160	198 542	130 684
	Tuyaux de toute forme. .	1 020 034	360 524	170 897	92 854	78 365	79 706
	Communes	60 272	52 580	61 318	46 382	46 485	50 101
	Pâte fine.	7 582	9 908	38 780	28 934	20 081	32 918

Enfin, quand je vous aurai dit que, outre les 900 figures qui illustrent le texte de la *Céramique du bâtiment*, on y trouve encore cinq remarquables planches hors texte, dont trois en couleurs, reproduisant avec une scrupuleuse exactitude la coloration des panneaux en carreaux céramiques, grâce au nouveau procédé de la photochromotypie, appliqué avec habileté par l'excellent imprimeur M. Crété, j'aurai terminé l'exposé du livre de M. Lefèvre.

J'ose espérer, qu'après le rapport que vous venez d'entendre et les détails circonstanciés dans lesquels j'ai cru devoir entrer, votre opinion sera la mienne : c'est-à-dire que nous nous trouvons en présence d'un ouvrage du plus haut intérêt, écrit avec conscience, par un homme d'étude et de métier, qui n'a épargné ni son temps ni sa peine pour mener à bonne fin sa laborieuse et utile entreprise.

Signé : le rapporteur, ROSSIGNEUX.

Lu et approuvé en séance le 22 *avril* 1898.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS CHIMIQUES

L'OXYDE DE CARBONE, LE GRISOU ET LE GRISOUMÈTRE, PAR M. LE Dr **Gréhant,** *professeur au Muséum d'histoire naturelle* (1).

MESDAMES, MESSIEURS,

Je remercie tout d'abord M. le professeur Mascart, l'éminent Président de la Société d'Encouragement, de l'honneur qu'il me fait en me donnant la parole devant un aréopage de savants distingués, et devant une si brillante assemblée.

Je n'ai pas la prétention, Mesdames et Messieurs, de traiter complètement devant vous la question du grisou ; cela a été fait ici, d'une façon magistrale, par M. Le Chatelier, ingénieur en chef des mines, qui a publié un livre très instructif sur le grisou (2); j'emprunte à cet ouvrage la citation suivante : « La ventilation, dans les mines, doit être aussi active que possible ; la fixation du volume d'air minimum dans une mine grisouteuse donnée ne peut être déterminée d'une façon rationnelle que d'après la mesure de la quantité de grisou qui se dégage. Ces observations grisoumétriques, d'une importance capitale pour la sécurité, devraient être faites quotidiennement dans toutes les mines grisouteuses, il faut espérer, qu'à bref délai, ce progrès sera réalisé d'une façon générale. Mais aujourd'hui, les mines où l'on fait des observations grisoumétriques sérieuses constituent une infime minorité. » Il y a donc un grand intérêt à vulgariser un grisoumètre que j'ai fait connaître dans le volume intitulé *les Gaz du sang* (3), et que j'ai perfectionné depuis la publication de ce livre.

On sait que l'inventeur du grisoumètre est M. Coquillion, qui a introduit dans une ampoule de verre une spirale de platine portée au rouge vif par un courant électrique; tout gaz combustible contenu dans l'air est brûlé au contact de ce fil rouge; lors du refroidissement, il se produit une réduction que l'on mesure dans un tube étroit et gradué soudé à l'ampoule.

M. Le Chatelier a fait connaître un grisoumètre à mercure qui donne, pour

(1) Conférence faite à la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale, le 10 décembre 1897.

(2) Le grisou. *Encyclopédie scientifique des aide-mémoire*, publiée par M. Léauté, membre de l'Institut.

(3) Des gaz du sang. *Encyclopédie scientifique des aide-mémoire*, publiée par M. Léauté, membre de l'Institut.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

un centième de grisou, une différence de pression de 15 millimètres de mercure.

Mon grisoumètre fonctionne sur l'eau; il est doué d'une telle sensibilité, que l'air renfermant 1 p. 100 de formène pur donne une réduction de 10,3 divisions, dont la longueur est égale à 51 millimètres. Dans cet instrument, qui est représenté par la fig. 1, la surface de l'eau dans le tube gradué est si petite, que la portion du volume d'acide carbonique résultant de la combustion du carbone qui peut être absorbée par l'eau est absolument négligeable.

Le grisoumètre se compose (fig. 1) d'une ampoule de verre de forme cylindrique d'une capacité de 43 centimètres cubes; dans les parois du verre, on a soudé un fil de platine enroulé en spirale dont les extrémités se terminent dans deux tubes de verre, que l'on remplit de mercure; à l'aide d'un tube de caoutchouc, on fixe dans ce métal un fil de cuivre recouvert de gutta-percha, conducteur du courant électrique qui doit porter au rouge blanc le fil de platine.

Il faut se garder de faire passer dans la spirale un courant trop intense, qui fondrait le fil, et mettrait l'appareil hors d'usage.

J'emploie une batterie d'accumulateurs de dix éléments, qui me rend les meilleurs services.

Au-dessous de l'ampoule, le

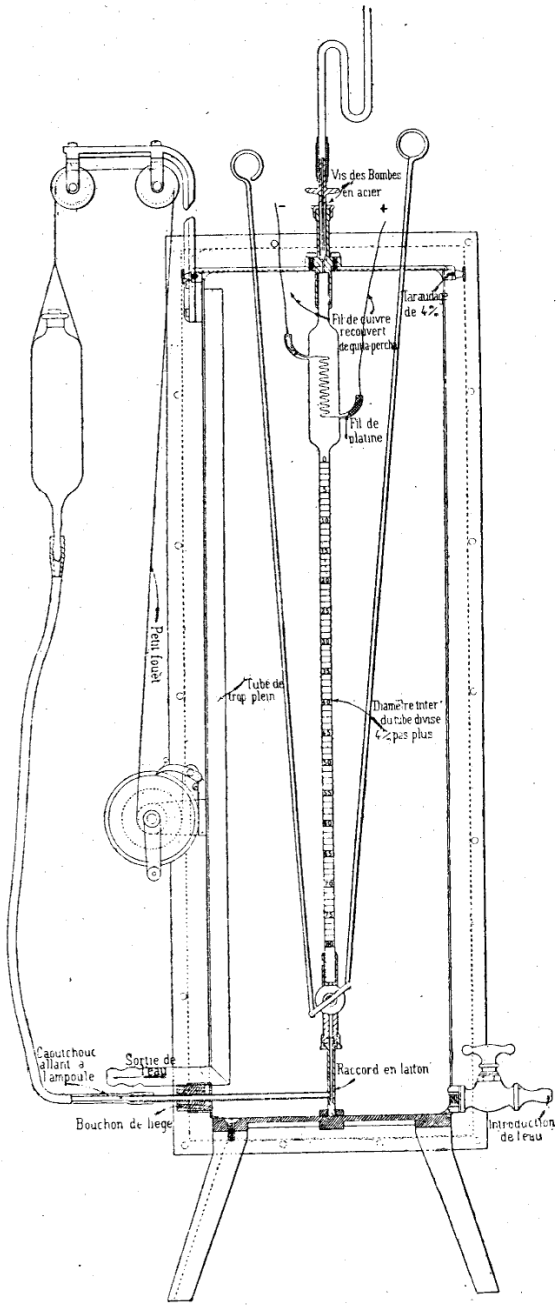


Fig. 1. — Grisoumètre de M. *Gréhant*.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

constructeur, M. Golaz a mastiqué un robinet pointeau qui garde parfaitement; à la partie inférieure de l'ampoule, il a soudé un long tube de verre bien calibré divisé en 80 parties d'égal volume, à partir du zéro qui est voisin de l'ampoule. Ce tube, qui sert aux mesures des volumes de gaz, se termine par un robinet de laiton bien mastiqué, dont la clef est percée de telle sorte qu'à l'aide de deux longues bielles de laiton on peut faire mouvoir cette clef, ouvrir et fermer à volonté.

Au-dessous du robinet, un tube de laiton horizontal communique, par un tube de caoutchouc, avec une ampoule de verre pleine d'eau que l'on fait monter ou descendre avec un petit treuil muni d'une roue à rochet et d'un cliquet. Tout l'instrument est fixé au centre d'une cuve métallique à glaces parallèles, qui est traversée par un courant d'eau continu dont la température prise avec un thermomètre divisé en dixièmes varie à peine d'un dixième de degré pendant une séance de laboratoire.

Fig. 2. — Cloche de verre servant à introduire les gaz dans le grisoumètre.

Il est essentiel que les gaz soient toujours mesurés à la même température, et à la pression atmosphérique.

Pour faire pénétrer dans le grisoumètre plein d'eau un gaz donné, j'emploie une petite cloche de verre (fig. 2) dont la tubulure est fermée par un bouchon de caoutchouc et par un robinet de verre auquel on fixe un tube de caoutchouc de 15 centimètres de longueur; on a soin de remplir d'eau la cloche, le robinet et le tube; on transvase le gaz donné dans la cloche, le robinet étant fermé; on unit le tube de caoutchouc au robinet pointeau; on ouvre les deux robinets; il se fait un appel du gaz qui se rend de la cloche dans le grisoumètre, dont on remplit l'ampoule et une portion du tube gradué.

Il faut fixer au-dessus du robinet pointeau, à l'aide d'un caoutchouc épais, un petit manomètre à eau, et faire monter ou descendre l'ampoule mobile de manière à ce que les deux niveaux soient dans un même plan horizontal; on inscrit la division occupée par le gaz en menant une tangente à la partie inférieure du ménisque concave; on attend trois ou quatre minutes, pour reconnaître si le niveau est constant, ce qui indique que les gaz sont exactement à la température de la cuve à eau; on ferme ensuite le robinet pointeau et, à l'aide d'une poire de caoutchouc, on exerce une certaine pression qui fait passer dans l'ampoule tout le gaz qui remplit le tube gradué, et on ferme le robinet inférieur.; s'il existe un gaz combustible mélangé à l'air, on réussit par cette manœuvre à le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

soumettre tout entier à l'action de la spirale de platine qui est portée au rouge.

Si le gaz introduit dans le grisoumètre est de l'air pur, quatre cents passages du courant, à l'aide d'une clef de Du Bois-Reymond, ne donnent aucune diminution du volume gazeux, aucune réduction; si l'on fait passer dans l'ampoule 1 centimètre cube d'oxyde de carbone et de l'air, on observe une réduction égale à 5,4 divisions; si l'on fait passer 1 centimètre cube de formène, on observe une réduction quatre fois plus grande, égale à 21,6 divisions; 8 centimètres cubes d'oxyde de carbone mélangés avec de l'air dans l'ampoule donnent, comme vous le voyez, au premier passage du courant, une auréole bleue caractéristique qui dure un instant, et une réduction égale à 43,2 divisions.

Il me paraît essentiel d'insister ici sur l'application de mon grisoumètre à la recherche et au dosage du grisou; grâce à l'extrême obligeance de M. Haton de la Goupillière, directeur de l'École nationale des Mines, président de la Commission du grisou, et de M. Chesneau, ingénieur en chef des mines, secrétaire de la même Commission, j'ai reçu dans mon laboratoire quatre échantillons de grisou qui se dégageait par des soufflards; je vais exposer les résultats que j'ai obtenus :

Envoi des mines d'Anzin :

1° Grisou de la fosse d'Hérin (niveau de 500 mètres).

J'introduis dans le grisoumètre.	$2^{cm3},78$ de gaz
J'ajoute de l'air, le mélange remplit l'ampoule et.	66,3 divisions
Après 400 passages du courant.	16,5 —
Réduction.	49,8

1 centimètre cube de formène pur donnant une réduction de 21,6 divisions, divisons 49,8 par 21,6; le quotient 2,3 indique le volume de formène pur contenu dans le grisou, cela fait 82,7 p. 100.

2° Un litre de gaz de la fosse Renard (niveau de 546 mètres).

On introduit dans le grisoumètre.	$7^{cm3},8$
de ce gaz et de l'air; le mélange remplit l'ampoule et. . .	35,6 divisions
Après 400 passages du courant.	22,7 —
Réduction.	12,9 —

$$\frac{12,9}{21,6} = 0^{cm3},6 \text{ formène.}$$

Écrivons la proportion $\frac{7,8}{0,6} = \frac{100}{x}$.

$$x = 7,7 \text{ p. } 100.$$

Ainsi le gaz de la fosse Renard qui était inflammable renfermait seulement 7,7 p. 100 de formène, c'est-à-dire environ 11 fois moins de formène que le gaz de la fosse Herin.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Envoi de la Société des Mines de Lens. — 3° grisou, fosse n° 3, bonette n° 341, étage 348 mètres. Le gaz transvasé dans une cloche brûle avec une flamme bleue semblable à celle de l'oxyde de carbone.

On introduit dans le grisoumètre.	$2^{cm3},55$ de gaz
que l'on additionne d'air de manière à remplir l'ampoule et.	67,6 divisions
Après 400 passages du courant.	17,6 —
Réduction.	50,0

$$\frac{50}{21,6} = 2,31. \qquad \frac{2,55}{2,31} = \frac{100}{x}; \qquad x = 90,5 \text{ formène p. 100.}$$

Gaz de Saint-Étienne. — 4° Grisou capté en treizième couche.
Ce gaz brûle sans détonation avec une flamme bleue.

On introduit dans le grisoumètre.	$2^{cm3},55$ de gaz
avec de l'air; le mélange occupe l'ampoule et	63,9 divisions
Après 400 passages du courant.	12,1 —
Réduction.	51,8 —

$$\frac{51,8}{21,6} = 2^{cm3},4 \text{ formène.}$$

Écrivons la proportion $\frac{2,55}{2,4} = \frac{100}{x}$;

$x = 94,1$ p. 100 de formène.

Chacune de ces analyses grisoumétriques a duré un quart d'heure environ.

Il est évident que la recherche et que le dosage du grisou dans l'atmosphère des mines ne présenterait aucune difficulté avec mon grisoumètre, mais il faudrait établir dans chaque exploitation un laboratoire spécial muni de tous les instruments nécessaires, accumulateurs, cuve à eau, distribution d'eau pour maintenir l'instrument à une température constante, etc.

Mallard et M. Le Chatelier ont reconnu que les seuls mélanges inflammables de grisou et d'air sont ceux dans lesquels la proportion de gaz inflammable sur 100 de mélange est comprise entre 6 p. 100 et 16 p. 100.

Ces données importantes vont me permettre de répéter devant vous quelques expériences qui n'offrent aucun danger et qui sont très démonstratives.

J'emploie une éprouvette ou cloche à gaz d'un volume égal à 200 centimètres cubes environ dont l'extrémité fermée est recouverte d'un chapeau cylindrique de laiton portant une tige métallique soudée perpendiculairement à la base du cylindre et passant par le centre de la base circulaire (fig. 3); l'éprouvette est maintenue par un support spécial que j'utilise depuis longtemps dans l'analyse eudiométrique; après avoir introduit dans cette cloche un mélange détonant de formène ou de grisou et d'air et un inflammateur à fil de platine.

Un volume de formène pur exige pour brûler deux volumes d'oxygène et

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

donne un volume d'acide carbonique ; un calcul très simple montre que 9,4 p. 100 de formène et 90,6 d'air donnent le mélange le plus explosif, tout l'oxygène de l'air, 18,8 étant consommé par le gaz ; je fais passer dans l'éprouvette un mélange que nous préparons dans ces proportions, dont le volume égal à 100 centimètres cubes remplit la moitié de la cloche ; on introduit dans le mélange le fil de platine de l'inflammateur ; ici, nous prenons des précautions particulières pour éviter tout accident ; sur le bocal cylindrique plein d'eau qui contient la cloche, son support et les fils qui doivent amener le courant électrique, nous plaçons une planche de chêne et un poids de 20 kilogr.

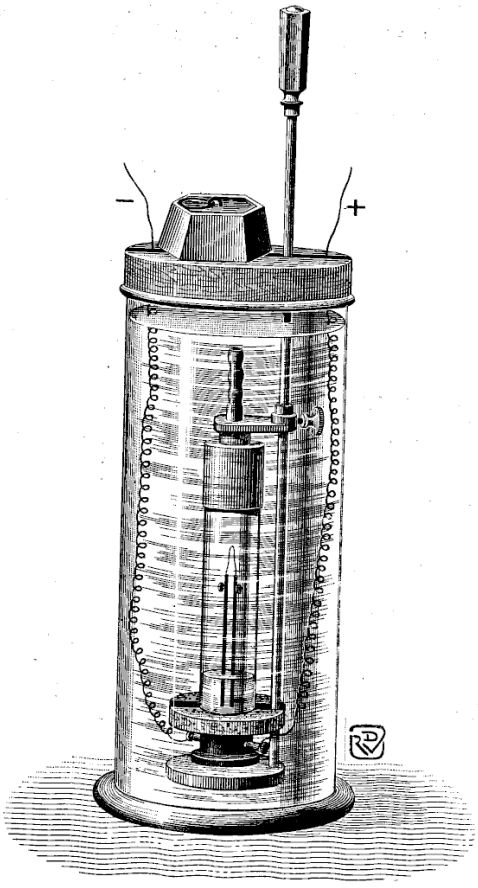


Fig. 3. — Dispositif permettant de faire détoner sans danger les mélanges de gaz combustible et d'air.

Faisons passer le courant, le fil de platine rougit ; il se produit une détonation violente comparable à celle d'un coup de pistolet qui chasse les gaz en grande partie hors de la cloche.

Le grisou mélangé à l'air dans les mêmes proportions donne exactement la même détonation, comme vous pouvez le reconnaître.

Un mélange beaucoup plus riche en formène renfermant 20 p. 100 de ce gaz et 80 p. 100 d'air ne s'enflamme pas au rouge blanc, mais si à 50 centimètres cubes de ce mélange on ajoute 50 centimètres cubes d'air comme nous le faisons, nous obtenons une explosion.

Ces expériences comparatives nous démontrent que, dans certaines conditions, rares il est vrai, la ventilation en ajoutant de l'air au grisou forme un mélange détonant ; de sorte que, dans certaines mines grisouteuses, à Saint-Étienne, par exemple, on ménage la ventilation par l'établissement de doubles portes disposées de manière que l'une s'ouvrant, l'autre se ferme, comme dans les écluses.

Au point de vue théorique, il semble qu'il serait avantageux dans des cas pareils de faire l'aspiration du grisou qui se dégage au lieu d'envoyer de l'air en

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

grande quantité. Mais, je laisse au savant Corps des Ingénieurs des Mines le soin de résoudre toutes les difficultés qui se présentent pour éviter les coups de grisou, et je me contente de signaler les services que mon grisoumètre pourrait rendre dans la lutte qui est ouverte contre un terrible ennemi.

J'arrive à une autre question que j'ai travaillée spécialement depuis plus de vingt ans et qui est du plus haut intérêt au point de vue de l'hygiène, à la question de l'oxyde de carbone, gaz qui fait encore beaucoup plus de victimes que le grisou.

L'OXYDE DE CARBONE

Il me faudrait, Mesdames et Messieurs, plusieurs heures pour résumer les recherches que j'ai faites sur ce sujet; je serai aussi bref que possible.

Cependant je dois rendre hommage tout d'abord à Félix Le Blanc, l'un des meilleurs élèves de l'illustre J.-B. Dumas, ancien président de la Société d'Encouragement. Le Blanc a démontré qu'un animal, un chien placé dans une chambre avec un réchaud de charbon allumé y est mort empoisonné par l'oxyde de carbone, dont la proportion dans l'air au moment de la mort déterminée par une analyse très exacte a été trouvée égale à $\frac{1}{185}$.

Je fais projeter sur l'écran une photographie très ressemblante de mon illustre maître Claude Bernard.

Je conserve le meilleur et le plus respectueux souvenir de ce grand homme qui soit par ses leçons au Collège de France et au Muséum d'histoire naturelle, soit par ses longues et très instructives conversations, a inspiré la plupart de mes recherches; j'ai toujours appliqué avec le plus grand profit la méthode des expériences comparatives qui a été proclamée et mise en pratique par mon maître et que je n'abandonnerai jamais.

C'est à Claude Bernard que l'on doit l'explication du mécanisme de l'empoisonnement des animaux par l'oxyde de carbone; l'hémoglobine, cette admirable substance, de composition si complexe qui renferme du carbone, de l'hydrogène, de l'oxygène, de l'azote et du fer, et qui cristallise parfaitement, donne aux globules du sang leur couleur rouge; vous pourrez voir au microscope, à la fin de la séance, des cristaux du sang de cobaye qui ont la forme de tétraèdres.

(1) J'ai reçu de M. Daniel, ingénieur des mines en Belgique, un important mémoire qu'il a traduit de l'anglais et que j'ai lu avec le plus grand intérêt. Le Dr John Haldane, professeur de physiologie à l'Université d'Oxford, auteur de ce travail, a reconnu, à l'aide d'une méthode colorimétrique sensible et délicate, que, sur 57 victimes d'un terrible accident survenu dans le charbonnage de Tylorstown, 52 ont succombé à l'empoisonnement par l'oxyde de carbone, gaz contenu dans les produits des explosions que l'on désigne en Angleterre sous la dénomination de *After-Damp*.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L'hémoglobine jouit de la propriété de fixer l'oxyde de carbone avec plus d'énergie que l'oxygène, de sorte que si, comme l'a fait Claude Bernard, on agite du sang oxygéné avec un certain volume d'oxyde de carbone, ce gaz s'unit à l'hémoglobine et déplace l'oxygène volume à volume.

J'ai fait dans mon laboratoire une expérience qu'il serait trop long de répéter ici, mais dont je vais vous montrer le résultat ; dans un flacon d'un demi-litre j'ai versé du sang de bœuf défibriné qui avait été agité avec de l'oxygène et qui renfermait 25 centimètres cubes de ce gaz dans 100 centimètres cubes de sang (capacité respiratoire du sang) (fig. 4) ; le flacon étant rempli, j'ai fixé sur le col avec un tube de caoutchouc une cloche graduée contenant 100 centimètres cubes d'oxyde de carbone pur recueillis sur l'eau ; j'ai agité ce gaz avec le sang pendant quelques minutes, l'oxyde de carbone s'est fixé sur le sang, l'oxygène a été déplacé ; l'appareil est plongé dans une cuve à eau, la cloche est séparée ; une allumette approchée de la cloche donne une explosion avec une flamme bleuâtre, produite par l'oxygène avec un peu d'oxyde de carbone qui n'a pas été absorbé.

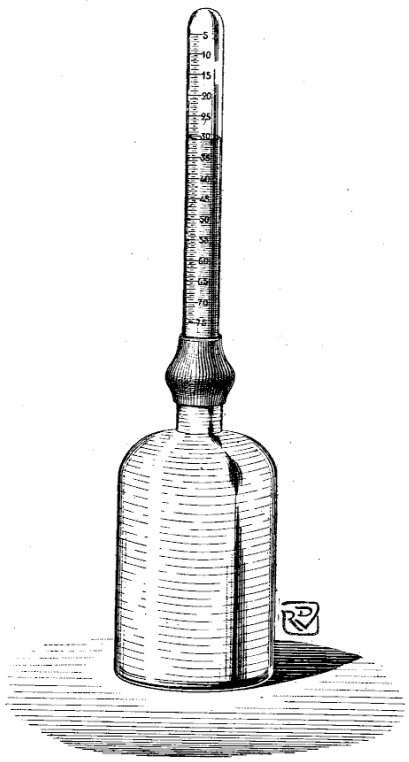


Fig. 4. — Flacon et cloche graduée : déplacement de l'oxygène du sang par l'oxyde de carbone.

Les recherches de physiologie comparée montrent que les animaux inférieurs tels que l'escargot supportent indéfiniment la présence de l'oxyde de carbone avec de l'oxygène ; pour les invertébrés, l'oxyde de carbone se comporte comme l'azote.

Pour les mammifères l'oxyde de carbone est beaucoup plus toxique que l'acide carbonique : comme l'a démontré Paul Bert, pour empoisonner un chien, il faut de 40 à 50 p. 100 d'acide carbonique, tandis que j'ai reconnu que si l'on fait respirer à un chien un mélange d'air et d'oxyde de carbone à 1 p. 100, l'animal meurt en vingt ou vingt-deux minutes.

Les choses se passent tout autrement quand on opère sur des vertébrés inférieurs, animaux à sang froid ; j'ai transvasé hier dans un col droit de 2 litres 1 litre d'oxyde de carbone et 1 litre d'oxygène, mélange à 50 p. 100 (fig. 5) ; dans un autre col droit de même volume, j'ai transvasé un litre d'oxygène et

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

un litre d'acide carbonique (fig. 6) ; une grenouille a été introduite dans chaque flacon: aujourd'hui, vous le voyez, le batracien qui a été placé dans l'acide carbonique est mort, tandis que celui qui a été placé dans l'oxyde de carbone vit parfaitement (fig. 5); voici un résultat qui semble paradoxal, mais il faut s'incliner devant les faits; dans une éprouvette à gaz, sur la cuve à eau, nous transvasons une partie du mélange auquel a résisté la grenouille qui se met à nager dans la cuve; nous enflammons le mélange qui détonne avec une belle flamme bleue.

Bandes de l'hémoglobine. — Je puis vous démontrer, grâce à l'obligeance et à

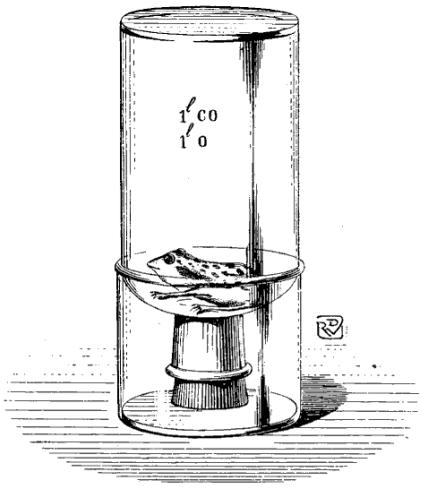


Fig. 5. — Grenouille vivant dans un mélange d'un litre d'oxyde de carbone et d'un litre d'oxygène.

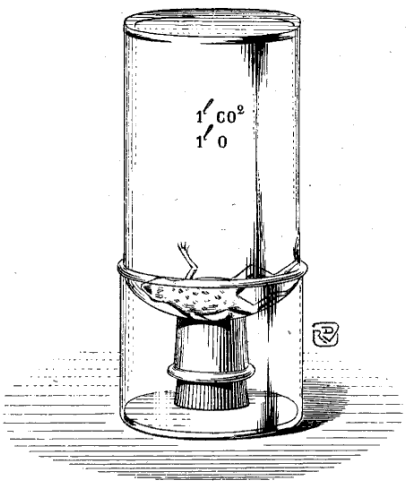


Fig. 6. — Grenouille morte dans un mélange d'un litre d'acide carbonique et d'un litre d'oxygène.

l'habileté de M. l'ingénieur Pellin, les caractères optiques différentiels des solutions d'hémoglobine oxygénée ou oxycarbonée. On projette sur l'écran un magnifique spectre obtenu à l'aide d'un arc électrique, d'un prisme à vision directe et d'une lentille achromatique.

Plaçons près de la fente, sur la marche des rayons, une petite cuve prismatique remplie de sang oxygéné dilué dans l'eau, nous voyons que tout le spectre est absorbé à l'exception des rayons rouges, la solution colorée se comporte comme un verre rouge monochromatique ; mais ajoutons de l'eau pour diluer le sang, de nombreux rayons apparaissent; il n'y a d'exception que pour deux bandes parallèles qui restent noires; ce sont les bandes d'absorption de l'hémoglobine oxygénée; ajoutons au liquide sanguin une solution de sulfhydrate d'ammoniaque, les deux bandes disparaissent et sont remplacées par une seule

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

bande occupant dans le spectre une position intermédiaire, c'est la bande de l'hémoglobine réduite ou privée d'oxygène.

L'addition du sulfhydrate d'ammoniaque, le réactif réducteur au sang oxycarboné présentant les deux bandes d'absorption ne les fait point disparaître, ce

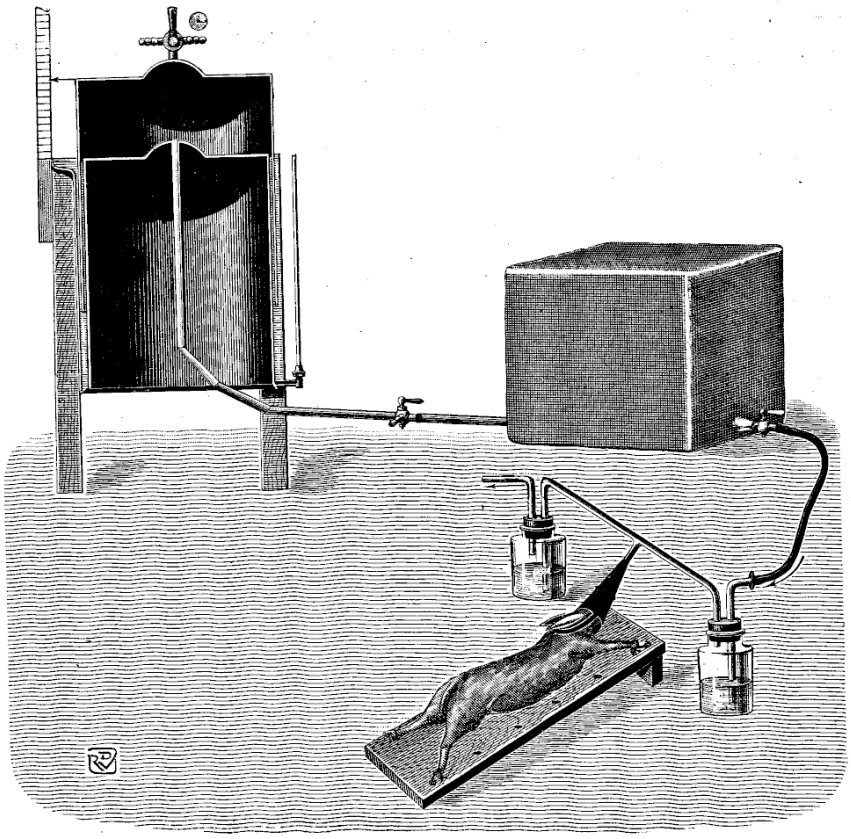


Fig. 7. — Dispositif employé pour faire respirer à un animal un mélange titré d'air et d'oxyde de carbone pendant plusieurs heures.

réactif ne pouvant pas enlever l'oxyde de carbone. De là, une différence; persistance des bandes qui est encore sensible lorsque le sang est à moitié oxycarboné, mais qui devient incertaine quand la proportion d'oxyde de carbone est inférieure à la moitié du volume que le sang pourrait absorber.

Absorption de l'oxyde de carbone par un mammifère carnassier, par un chien qui respire les mélanges titrés d'air et de gaz toxique. — Pour composer un mélange titré d'air et d'oxyde de carbone, j'analyse d'abord ce gaz en mesurant

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

100 centimètres cubes dans une cloche graduée sur l'eau et en faisant passer un petit tube contenant une solution de protochlorure de cuivre dans l'acide chlorhydrique; la cloche fermée avec un bouchon de caoutchouc plein est vivement agitée; l'oxyde de carbone est absorbé; on ajoute une nouvelle dose de réactif, on agite encore, il reste, par exemple $2^{cm3},5$ de gaz; le volume d'oxyde de carbone pur est égal à $100 - 2,5 = 97^{cm3},5$.

Si je veux préparer un mélange d'air et d'oxyde de carbone à 1/1000, je fais

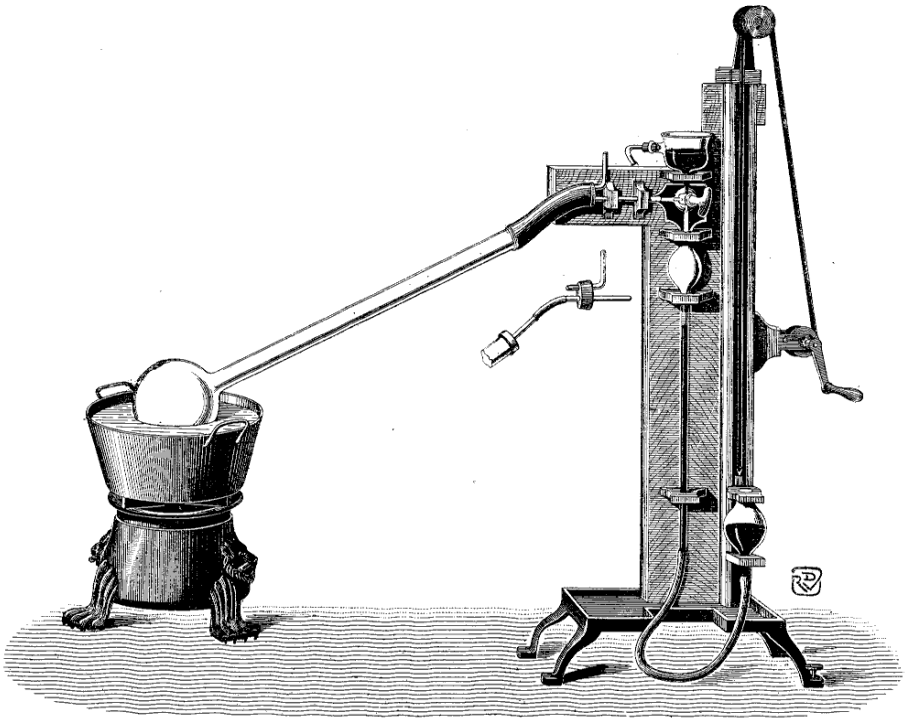


Fig. 8. — Appareil du professeur Gréhant servant à l'extraction du gaz.

passer dans un gazomètre à rainure 100 litres d'air qui doivent recevoir 100 centimètres cubes d'oxyde de carbone pur; j'écris la proportion : $\frac{100}{97,5} = \frac{X}{100}$ d'où $X = 102^{cm3},5$; je mesure ce volume et je le fais passer à l'aide d'une petite cloche à robinet dans l'air du gazomètre; puis le gaz est envoyé dans un grand sac de caoutchouc, qui, lorsqu'il est gonflé, peut contenir 300 ou 400 litres de mélange (fig. 7).

Sur un chien attaché convenablement, on découvre une artère carotide ou fémorale; on fixe dans le vaisseau un ajutage métallique muni d'un tube de caout-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

chouc fermé par une baguette de verre; d'autre part, on a fait le vide absolu (sauf la vapeur d'eau) dans un ballon récipient de verre uni à la pompe à mercure (fig. 8); on aspire dans l'artère avec une seringue de physiologie que j'ai fait construire par Golaz (fig. 9) et qui garde parfaitement 25 centimètres cubes de sang artériel, qui sont injectés par le robinet de la pompe dans le récipient qui contient 50 centimètres cubes d'acide acétique à 8°, privé de gaz par l'ébullition; on recueille les gaz du sang, l'acide carbonique est absorbé par la potasse; le gaz restant est introduit dans le grisoumètre avec de l'air et donne une réduction égale à 0,4 qui tient à la présence dans le sang d'une trace de gaz combustible (N. Gréhant). On fait respirer à l'animal, à l'aide de soupapes hydrauliques, le mélange à 1/1 000 contenu dans le sac; au bout d'une heure, on aspire de nouveau dans l'artère 25 centimètres cubes de sang et, en opérant comme ci-dessus, on obtient dans le grisoumètre une réduction beaucoup plus grande, égale à 11,2 divisions; retranchons 0,4 (gaz combustible du sang), il reste 10,8 pour l'oxyde de carbone qui a été absorbé par 25 centimètres cubes de sang, ce qui correspond à 2 centimètres cubes de gaz, ou à 8 centimètres cubes d'oxyde de carbone pour 100 centimètres cubes de sang.

Au bout de deux heures, on a trouvé 10 centimètres cubes d'oxyde de carbone dans 100 centimètres cubes de sang. Voici le tableau des résultats que j'ai obtenus en répétant les mêmes expériences comparatives avec différents mélanges d'air et d'oxyde de carbone, tableau que j'emprunte à une note que j'ai publiée dans les Comptes rendus de l'Académie des Sciences (8 novembre 1897).

Mélanges d'air et d'oxyde de carbone.	100cc de sang ont absorbé en				
	une heure. cc CO	deux heures. cc CO	trois heures. cc CO	quatre heures. cc CO	cinq heures. cc CO
$\frac{1}{1000}$	8	10	18,3	17,4	16,8
$\frac{1}{2000}$	4,1	7,8	»	»	»
$\frac{1}{4000}$	3	4,2	»	»	»
$\frac{1}{6000}$	1,6	3,3	»	»	»
$\frac{1}{12000}$	»	1,63	»	»	»
$\frac{1}{15000}$	0,59	1,18	»	»	»
$\frac{1}{30000}$	0,44	0,88	»	»	»
$\frac{1}{60000}$	0,22	0,45	»	»	»

On voit donc que, pour des mélanges compris entre 1/6 000e et 1/60 000e, les

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

volumes d'oxyde de carbone fixés par 100 centimètres cubes de sang sont exactement proportionnels aux temps.

Ces résultats doivent servir de base solide à toutes les recherches de l'oxyde

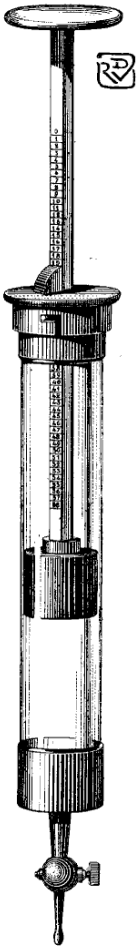


Fig. 9. — Seringue de physiologie.

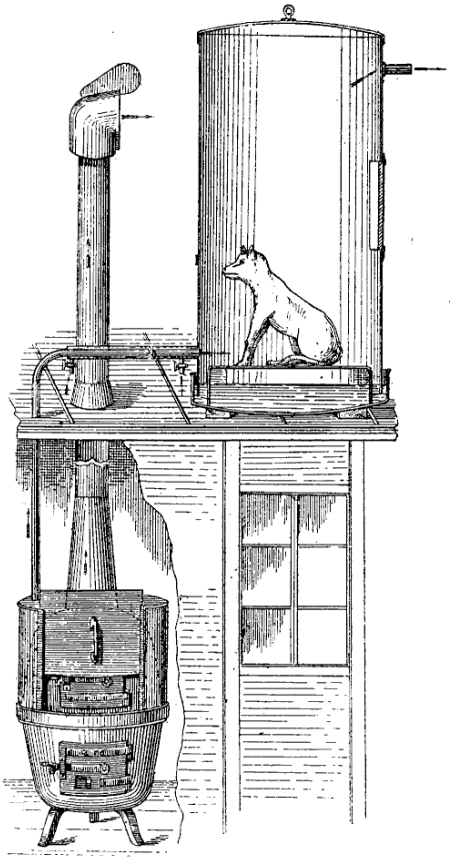


Fig. 10. — Poêle de corps de garde, avec enveloppe cylindrique de tôle et tuyau conduisant les gaz de l'enveloppe dans un gazomètre.

de carbone que je compte faire dans l'avenir; en attendant, je vous communiquerai les chiffres que j'ai obtenus en appliquant mon procédé de dosage à la fois physiologique et chimique, en étudiant : 1° les poêles de corps de garde; 2° les produits de combustion des briquettes servant au chauffage des voitures; 3° un fer à repasser à chauffage intérieur.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

1° *Poêle de corps de garde.* — J'ai fait installer dans une salle de mon laboratoire, dans un rez-de-chaussée, un poêle de fonte, dit de *corps de garde*, que j'ai fait chauffer au rouge avec du coke, afin de rechercher s'il est possible de reconnaître à la surface extérieure de la fonte rouge la présence de l'oxyde de carbone.

Toutes mes analyses ont donné un résultat positif; je citerai seulement ici deux expériences qui sont très probantes : 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 de 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 1/500e d'oxyde de carbone dans l'air analysé. (Extrait des Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 24 mai 1897.)

J'ai employé un autre dispositif qui est représenté par la figure 10; un tube de fer d'un diamètre égal à 5 centimètres s'élève verticalement au-dessus de la tubulure de l'enveloppe cylindrique de tôle, reste parallèle au tuyau d'échappement des produits de la combustion, traverse le toit, et se termine au dehors, à 60 centimètres, par un coude recourbé. Dans ces conditions, l'air de la salle qui circule entre la surface rouge et la tôle s'élève dans ce tuyau; on fait passer l'air chaud à travers un réfrigérant à eau froide qui le ramène à une basse température : les gaz pénètrent ensuite dans un grand gazomètre de zinc, d'une capacité égale à un mètre cube environ; c'est une petite chambre d'expérience dans laquelle on place un chien; au bout de deux heures, l'animal ayant respiré l'air qui a circulé autour du poêle renfermait dans 100 centimètres cubes de sang $7^{cm3},2$ d'oxyde de carbone.

Ces expériences démontrent que, dans les conditions normales, la surface rouge d'un poêle de fonte est le siège d'une production d'oxyde de carbone, par suite de réduction de l'acide carbonique de l'air; elles démontrent en outre que, par l'emploi de mon dispositif, d'un tube parallèle au tuyau de dégagement, on peut expulser au dehors la totalité de l'oxyde de carbone ainsi produit.

D'autres expériences sur le même sujet, qu'il serait trop long de résumer ici, ont confirmé ces résultats.

2° *Fer à repasser à chauffage intérieur par le charbon.*— Les tailleurs à Paris et la plupart des repasseuses en Bretagne emploient un appareil ingénieux et commode : un fer à repasser représenté en coupe par la figure 11, muni à l'intérieur d'une grille et d'une cavité que l'on remplit de petit charbon de bois bien

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

allumé; la combustion se fait lentement et la chaleur dégagée porte à une tem pérâture suffisante le métal qui est employé au repassage.

Malheureusement, les produits de la combustion se dégagent par un court tuyau juste au-dessous de l'entrée des voies respiratoires des ouvriers ou des ouvrières; j'ai fait, pour cette conférence, une recherche de l'oxyde de carbone qui se produit toujours dans la combustion lente du charbon et même dans la combustion vive, puisque j'ai démontré que, même les charbons d'un arc électrique, dégagent une certaine quantité d'oxyde de carbone. J'ai placé dans une étuve à air de Wiesnegg un fer à chauffage intérieur rempli de charbon allumé et j'ai fait sceller au plâtre à la partie supérieure de l'étuve un tuyau d'échappement qui s'ouvrait dans le gazomètre de zinc contenant un chien.

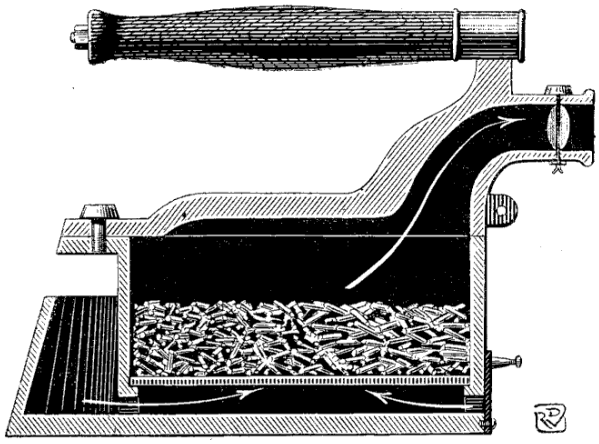


Fig. 11. — Fer à repasser à chauffage intérieur.

On avait pris d'abord à l'animal 25 centimètres cubes de sang qui ont donné, dans le grisoumètre, une réduction égale à 0,6.

Quand l'animal eut respiré pendant une heure les produits de la combustion mélangés à l'air entraîné, on fit une nouvelle prise de sang; la réduction grisoumétrique fut égale à 9,7 divisions; retranchons 0,6, il reste 9,1 divisions, qui correspondent à $6^{cm^3},7$ d'oxyde de carbone, ou à une proportion de $1/1200^e$ de ce gaz dans l'air qui circulait autour de l'animal.

Les ouvriers doivent donc prendre des précautions en aérant convenablement les ateliers pour éviter un empoisonnement partiel.

3° *Emploi des briquettes pour le chauffage des voitures.* — L'emploi des briquettes pour le chauffage des voitures tend à se généraliser de plus en plus; cependant, mon savant collègue, M. le professeur Gautier, membre de l'Institut, a démontré que des briquettes, charbons agglomérés qui brûlent lentement,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dégagent de l'oxyde de carbone; plusieurs accidents graves, même mortels, ont été signalés : un cocher, qui s'était endormi dans sa voiture chauffée par une briquette, ne s'est pas réveillé. Un autre cocher, qui avait transporté la chaufferette dans sa chambre à coucher, a été trouvé mort le lendemain matin.

J'ai fait, avec une briquette servant au chauffage des voitures, une expérience toute semblable à celle du fer à repasser, et dont il suffit de donner le résultat : au bout d'une heure et demie, le chien qui avait respiré l'air vicié était fort malade, le sang était aux trois quarts oxycarboné, l'animal était en danger de mort.

Il faut donc, quand on emploie les briquettes pour le chauffage des voitures, rejeter complètement les chaufferettes percées de trous qui sont simplement posées sur le plancher du véhicule, car tous les produits de la combustion se mélangent à l'air peu renouvelé des voitures et produisent toujours un commencement d'empoisonnement.

Il ne faut accepter, pour le chauffage des voitures, que des appareils disposés de telle sorte que tous les produits de la combustion se dégagent au dehors; quelques progrès ont été réalisés récemment dans ce sens, mais ils ne sont pas suffisants et il faut obéir aux prescriptions impérieuses de l'hygiène.

Avant de terminer le long résumé de ces recherches, je tiens à remercier M. Molteni qui a bien voulu se charger de projections qui ont parfaitement réussi; je dois aussi remercier mon jeune préparateur, M. Nicloux, ancien élève de l'École municipale de Physique et de Chimie, qui devient très habile dans l'art de l'expérimentation.

Conclusion. — J'ai tenu surtout à vous prouver, Mesdames et Messieurs, par une série d'expériences, que les phénomènes physiologiques obéissent à des lois mathématiques, tout aussi bien que les phénomènes qui sont étudiés par les physiciens et par les chimistes dans le domaine de la nature inorganique.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS MÉCANIQUES

Les progrès récents de l'éclairage des côtes et l'invention des feux-éclairs, par M. **Jean Rey**, *ingénieur civil des mines*.

Historique. — L'éclairage des côtes est une science d'application toute française.

Les principes rationnels et les procédés industriels qui ont permis de créer les puissants foyers de lumière que l'on voit briller sur notre littoral ont été découverts par nos ingénieurs et par nos constructeurs ; leurs travaux, poursuivis sans relâche depuis la fin du siècle dernier, ont assuré à notre pays une supériorité universellement reconnue.

L'Administration française des Phares, avec des ressources limitées, inférieures à celles dont disposent les corps analogues des grandes nations maritimes, comme l'Angleterre et les États-Unis, a obtenu des résultats pratiques plus considérables.

Ses méthodes nouvelles, d'abord discutées, sont ensuite adoptées par les autres pays, qui transforment périodiquement leur éclairage en suivant la voie qu'elle leur a tracée.

On peut distinguer trois périodes dans l'histoire des phares depuis une centaine d'années :

La première est marquée par l'emploi des appareils à réflecteurs.

La seconde, par le système lenticulaire de Fresnel.

La troisième, ou période actuelle, par les feux-éclairs.

Phares à réflecteurs. — A la fin du siècle dernier, en 1780, l'invention des lampes à double courant d'air, avec mèche cylindrique et cheminée en verre, due à Argand, et perfectionnée par Carcel, en 1800, permettait de substituer, pour la première fois, un foyer brillant et stable au feu de charbon ou de bois, seul employé dans les phares depuis l'antiquité.

En 1783, l'ingénieur Teulère, l'académicien Borda et le constructeur Lenoir inventaient le réflecteur parabolique en métal, perfectionné, quelques années plus tard, par Bordier-Marcet, et qui, pour la première fois également, donnait le moyen de produire un faisceau concentré de lumière dirigé vers l'horizon, tandis que la rotation de l'appareil autour de la verticale fournissait des apparences variées par la succession des éclats et des éclipses.

Ce nouveau système offrait de tels avantages que l'Angleterre, malgré la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

guerre et le blocus continental, se décidait à l'adopter et à en généraliser l'emploi pour ses côtes.

Phares lenticulaires de Fresnel. — Trente ans plus tard, Augustin Fresnel, reprenant l'idée féconde de Buffon et de Condorcet, créait, avec ses lentilles à échelons, l'admirable système lenticulaire qui porte son nom, et qui, peu à peu, devait remplacer dans le monde entier les phares à réflecteur.

Les premières lentilles de Fresnel furent construites par l'habile opticien Soleil dans son petit atelier de l'avenue Montaigne, qui, vingt-cinq années après, transformé par L. Sautter, devenait la plus importante usine de construction d'appareils de phares.

L'invention des lampes à mèches multiples, dont la première idée est due à Guyton de Morveau, permit à Fresnel d'obtenir des sources lumineuses d'un éclat supérieur à tout ce qui avait été employé jusqu'alors et de compléter ainsi l'ensemble de son système.

L'application des idées de Fresnel, commencée de son vivant, ne put être pleinement réalisée que plusieurs années après sa mort, survenue en 1827; ce n'est guère qu'à partir de 1830 que la France généralisa l'emploi du nouveau système, et il fallut encore six années pour que la corporation de Trinity-House l'adoptât pour l'Angleterre.

La construction des anneaux catadioptriques, basés sur le phénomène de la réflexion totale, dont Fresnel appliqua le principe pour la première fois, en 1825, à l'éclairage du canal Saint-Martin, à Paris, ne put être réalisée pour les grands appareils à éclats que vers 1840, et il fallut encore plus d'une dizaine d'années pour vaincre les difficultés qu'elle présentait dans les grands phares à feu fixe.

Ce ne fut donc que vers 1852, soit vingt-cinq ans après la mort de Fresnel, que les progrès de l'industrie permirent de mettre en œuvre, d'une manière complète, les idées de ce grand novateur.

Depuis lors, et jusqu'en 1889, les perfectionnements portèrent sur les détails de construction des appareils, plutôt que sur des idées de principes nouvelles, les types imaginés par Fresnel et leurs nombreuses combinaisons restant à la base du système.

On améliora la fabrication des éléments de l'optique par des procédés de coulée dont la célèbre usine de Saint-Gobain s'est fait une spécialité; la taille et le polissage furent également l'objet de soins plus minutieux, l'ancien outillage avec mouvements à coulisses, employé par l'opticien Soleil, faisant place aux mouvements avec flèches, beaucoup plus précis, imaginé par Louis Sautter.

La substitution des huiles minérales aux huiles végétales accrut d'une manière sensible l'éclat des lampes, tandis que les procédés de Foucault pour la régulation des mécanismes d'horlogerie permettaient d'obtenir une allure parfaite dans la distribution des feux à éclats.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

A partir de 1855, toutes les nations maritimes adoptaient successivement le nouvel éclairage, et l'industrie française se trouvait enrichie d'une branche nouvelle avec d'importants débouchés.

L'emploi de l'électricité comme source lumineuse fut essayé pour la première fois en 1863, au phare de la Hève, à l'aide d'une machine de l'Alliance et d'un régulateur Serrin. L'apparition de la machine de Gramme, quelques années plus tard, permit d'augmenter l'intensité des lampes. Il fallut toutefois encore de grands progrès, soit dans la construction des machines génératrices, soit dans celles des lampes et des charbons, pour permettre l'adoption de gros foyers présentant un fonctionnement stable et un éclat régulier.

Système des feux-éclairs. — L'invention des feux-éclairs, due à M. l'inspecteur général Bourdelles, directeur du Service des Phares, constitue le perfectionnement le plus considérable qui ait été apporté à l'éclairage des côtes depuis les travaux de Fresnel.

La première description des feux-éclairs, renfermant l'exposé des principes qui ont servi de base à leur construction, se trouve dans une publication officielle : *Notice sur les appareils d'éclairage exposés à Chicago en 1893 par le Service des Phares de France.*

En juillet de la même année, M. Bourdelles présentait au Congrès maritime international de Londres un important mémoire *Sur la puissance lumineuse des appareils d'éclairage des phares*, où se trouvait définie cette notion fondamentale. — Nous y reviendrons plus loin. — M. l'ingénieur Blondel, dans un mémoire lu au même Congrès, *Sur les feux-éclairs et la perception physiologique des éclats instantanés*, discutait la théorie physique, encore peu élucidée, des feux à éclats et en montrait toute l'importance dans son application aux phares.

L'année suivante, M. l'ingénieur en chef Ribière analysait, dans un mémoire paru aux *Annales des Ponts et Chaussées*, les propriétés optiques des appareils de phares et les conditions qu'ils doivent remplir pour la meilleure utilisation des sources lumineuses.

M. Blondel publiait la même année sa *Théorie des projecteurs électriques*, où se trouve la démonstration générale de la formule de la puissance lumineuse appliquée par M. Bourdelles aux appareils de phares.

J'ai résumé en 1896 ces divers travaux dans une notice consacrée aux feux-éclairs, et publiée par MM. Sautter, Harle et Cie.

Les personnes que le sujet intéresse y trouveront une description des divers appareils de feux-éclairs ainsi que leur puissance lumineuse, calculée d'après les nouvelles formules.

Pour bien faire saisir la différence fondamentale qui sépare l'ancien du nouveau système de phares, il nous faut entrer dans quelques détails et chercher à

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

définir le rôle de l'optique dans la concentration des rayons émis par une source lumineuse.

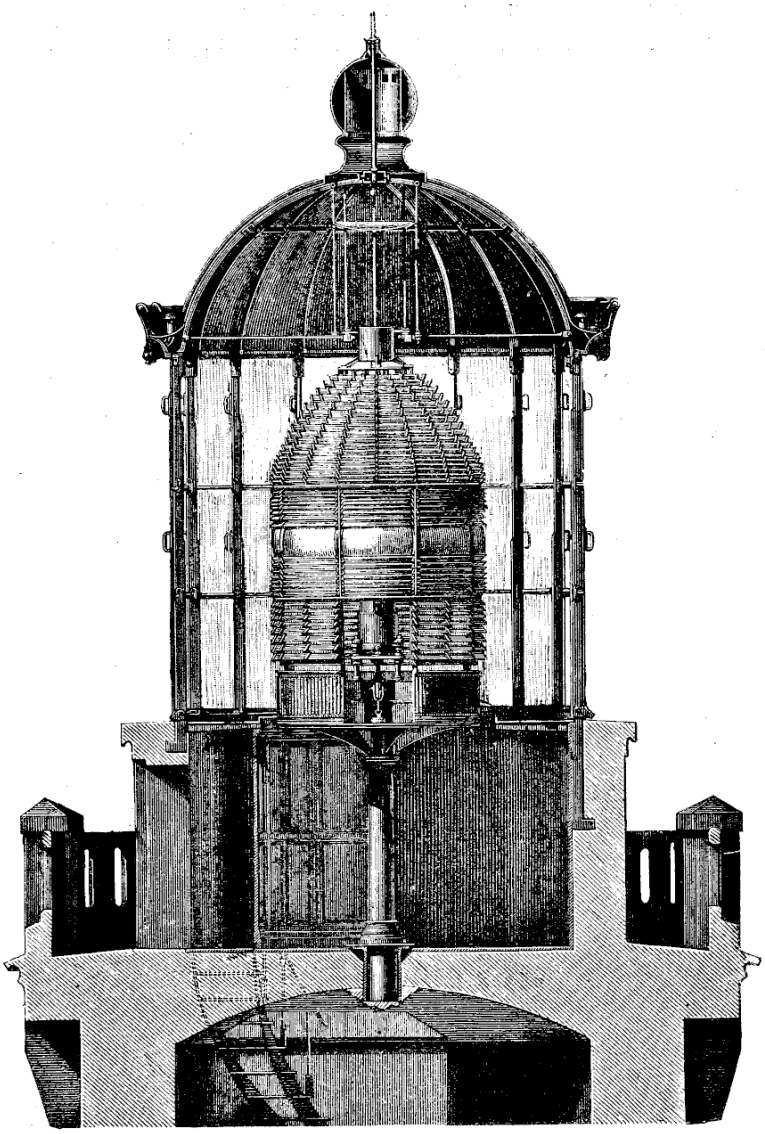


Fig. 1. — Appareil de feu fixe de premier ordre.

La figure 1 représente un appareil de feu fixe de premier ordre, et la figure 2 un appareil de feu fixe de troisième ordre, petit modèle.

Comme on le voit, les anneaux dioptriques et catadioptriques qui consti-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tituent ce genre d'optique sont de révolution autour de l'axe vertical. Il en résulte que le flux lumineux émis par la source et qui vient tomber sur ces anneaux se trouve réparti uniformément tout autour de l'horizon. Le rôle de l'optique consiste à concentrer ce flux lumineux en une nappe, comprise entre

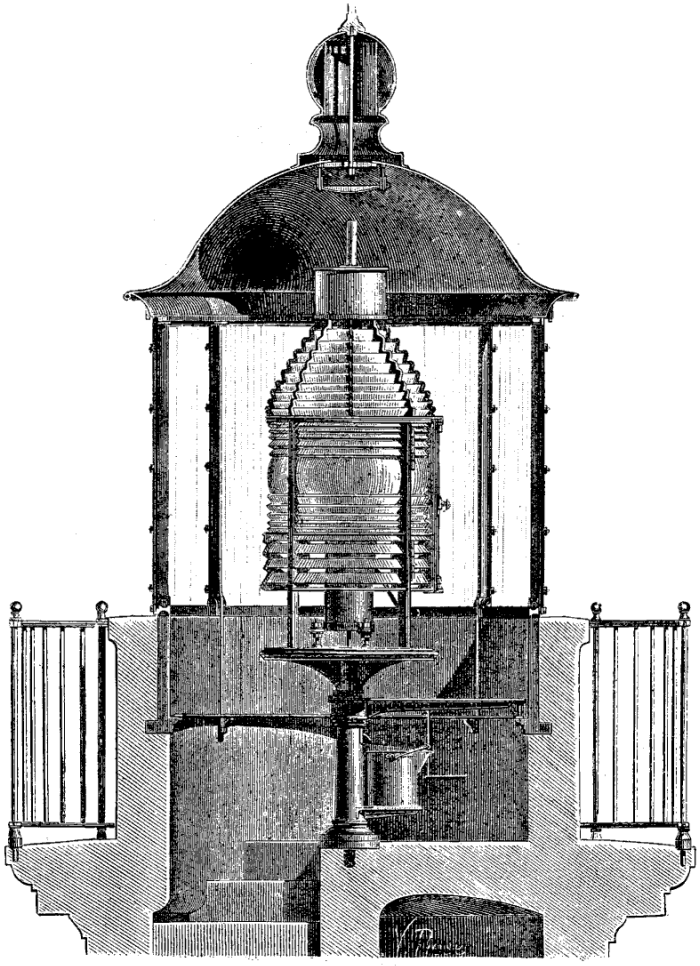


Fig. 2. — Appareil de feu fixe de troisième ordre. Petit modèle.

deux surfaces coniques, dont l'ouverture est proportionnelle à la divergence verticale de la source lumineuse, tandis que la source abandonnée à elle-même le laisserait échapper dans toutes les directions de l'espace.

Pour produire les éclats lumineux, Fresnel a employé deux procédés. Le premier est indiqué sur la figure 3 qui représente un appareil de cinquième ordre. Le feu fixe, constitué comme sur les figures 1 et 2, est entouré d'un tam-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

bour tournant de lentilles cylindriques verticales. Chacune de ces lentilles collecte le flux lumineux, déjà concentré dans l'axe vertical, et le réunit dans l'angle horizontal, en donnant naissance à un faisceau distinct, séparé du suivant par un intervalle obscur.

Le second procédé est celui représenté sur la figure 4, auquel Fresnel a

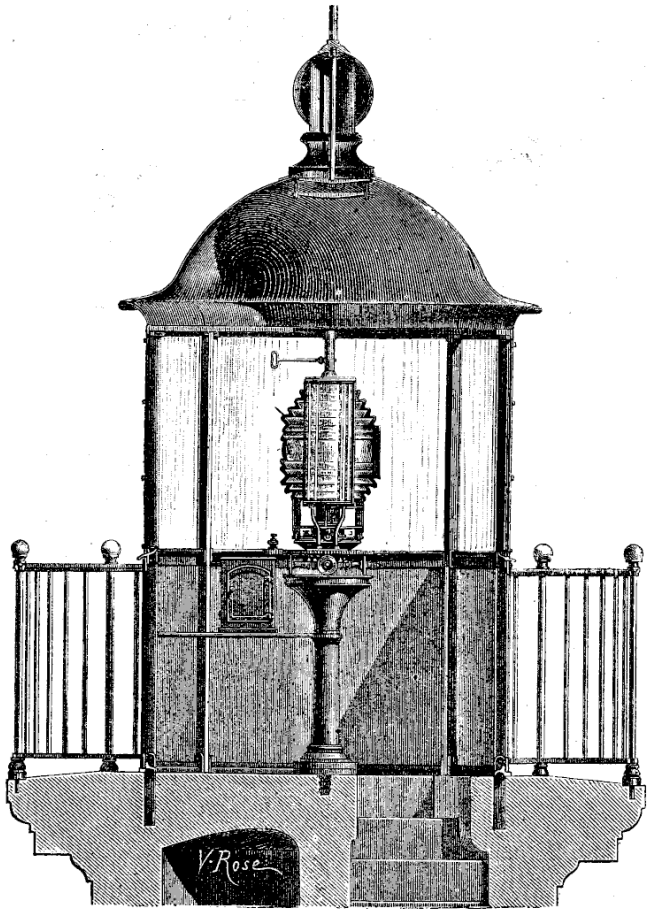


Fig. 3. — Appareil de cinquième ordre à éclats avec lentilles cylindriques.

donné la préférence. Chaque lentille de l'optique est formée d'anneaux de révolution autour d'un axe horizontal passant par le foyer lumineux. Ces lentilles, dites annulaires, produisent chacune un éclat, lequel est équivalent à l'ensemble du feu fixe et d'une des lentilles verticales de la figure 3.

La lentille à éclat concentre en un seul faisceau, limité en azimuth et en hauteur, tout le flux lumineux qu'elle reçoit. La dimension de ce faisceau dépend

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

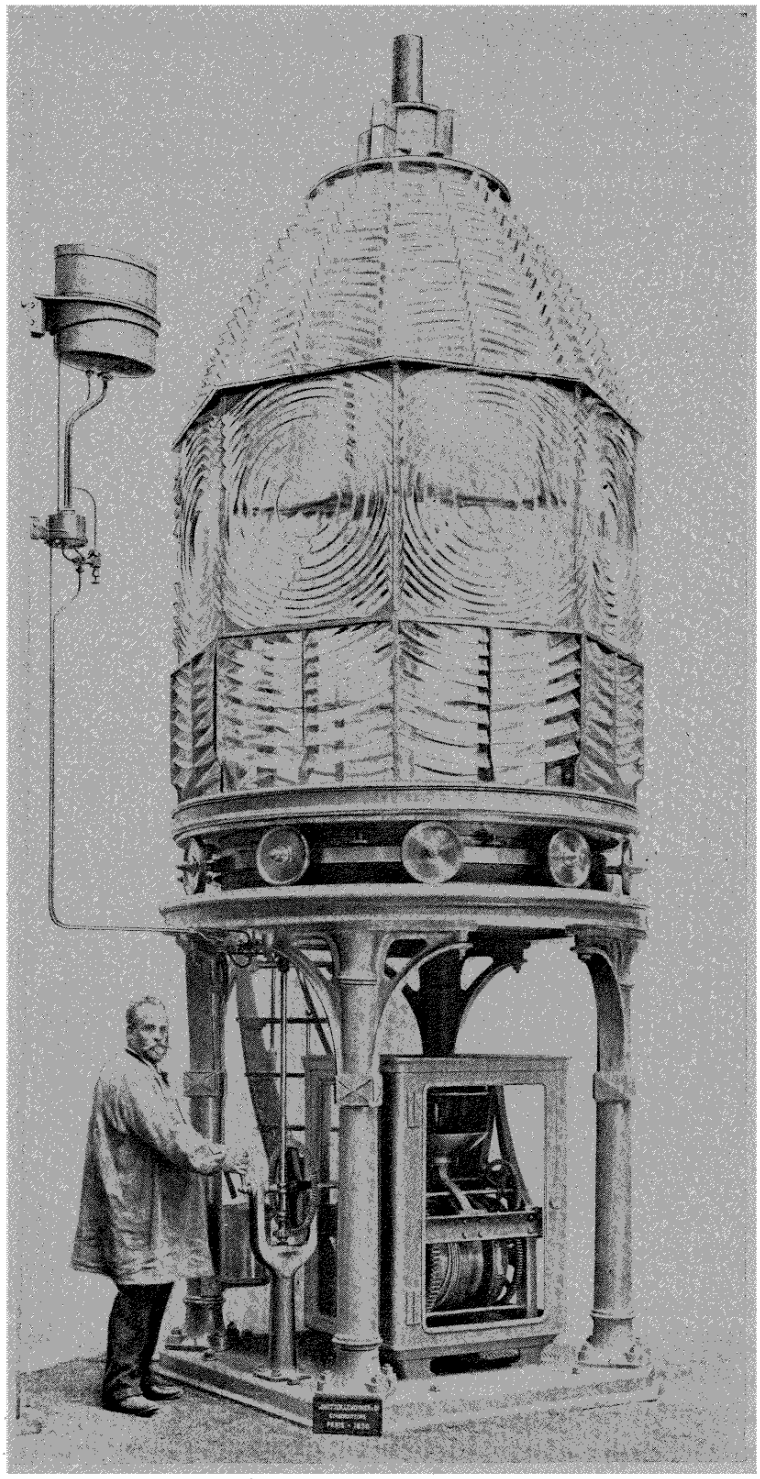


Fig. 4. — Appareil de premier ordre à éclats avec lentilles annulaires.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de celle de la source lumineuse. Ce faisceau serait rigoureusement un cylindre ayant comme section droite celle de la lentille, si la source pouvait être réduite à un point mathématique, et si la taille était théoriquement parfaite. Dans la réalité, c'est un cône ayant pour base la lentille et dont l'ouverture dépend de la divergence de la source, c'est-à-dire de sa dimension et de sa distance à la lentille.

L'ensemble de l'appareil à éclats est constitué, dans le système de Fresnel, par plusieurs lentilles annulaires, chacune concentrant la proportion qui lui revient du flux lumineux total. Les différents faisceaux sont séparés par des éclipses dont la durée dépend de la vitesse de rotation, du nombre des lentilles et de la divergence des faisceaux lumineux.

L'appareil optique joue donc le rôle d'un véritable accumulateur de lumière pendant la période d'éclipse qui sépare les éclats. Il peut être comparé, comme l'a fait si judicieusement M. A. Blondel (1), au point de vue de la distribution de la lumière, à un récipient d'eau, alimenté par un robinet à débit constant (la source lumineuse) et pourvu d'une soupape (la lentille à éclats) qui s'ouvrirait à intervalles réguliers en vidant brusquement toute l'eau accumulée. Je reprendrai plus loin cette comparaison.

Revenons maintenant à la figure 4. Elle représente un appareil de premier ordre à huit éclats, construit par MM. Sautter, Harle et C^ie^, il y a quelques années, pour l'éclairage des îles Philippines, et dont l'optique réalise le type complet imaginé par Fresnel. En laissant de côté les perfectionnements de détail apportés par les constructeurs, on voit que l'appareil comprend essentiellement huit lentilles dioptriques et catadioptriques, embrassant chacune un angle de 45° et collectant un huitième du flux lumineux total ; la révolution complète s'effectue en huit minutes. Il en résulte que la durée de perception de chacun des huit éclats, la source lumineuse étant une lampe à huile minérale à six mèches concentriques, est de 14^{s},73. Fresnel, qui n'employait que des lampes à quatre mèches concentriques, correspondant pour l'optique de premier ordre à une durée d'éclat de huit secondes, et qui trouvait cette durée trop courte, avait jugé nécessaire de l'augmenter en déviant l'éclat émis par les lentilles de la coupole, dont le plan diamétral était légèrement décalé par rapport à celui des lentilles dioptriques. C'est ce qu'il est facile de constater sur l'appareil de la figure 4, dit à éclats prolongés.

Si les plans diamétraux des lentilles dioptriques et catadioptriques de cet appareil coïncidaient, la durée de chacun des éclats serait alors de 10^{s},26 et leur puissance augmenterait dans la proportion inverse.

La figure 5 qui représente un appareil de premier ordre à huit éclats, formé

(1) *Les feux-éclairs et la perception physiologique des éclats instantanés, loc. cit.*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

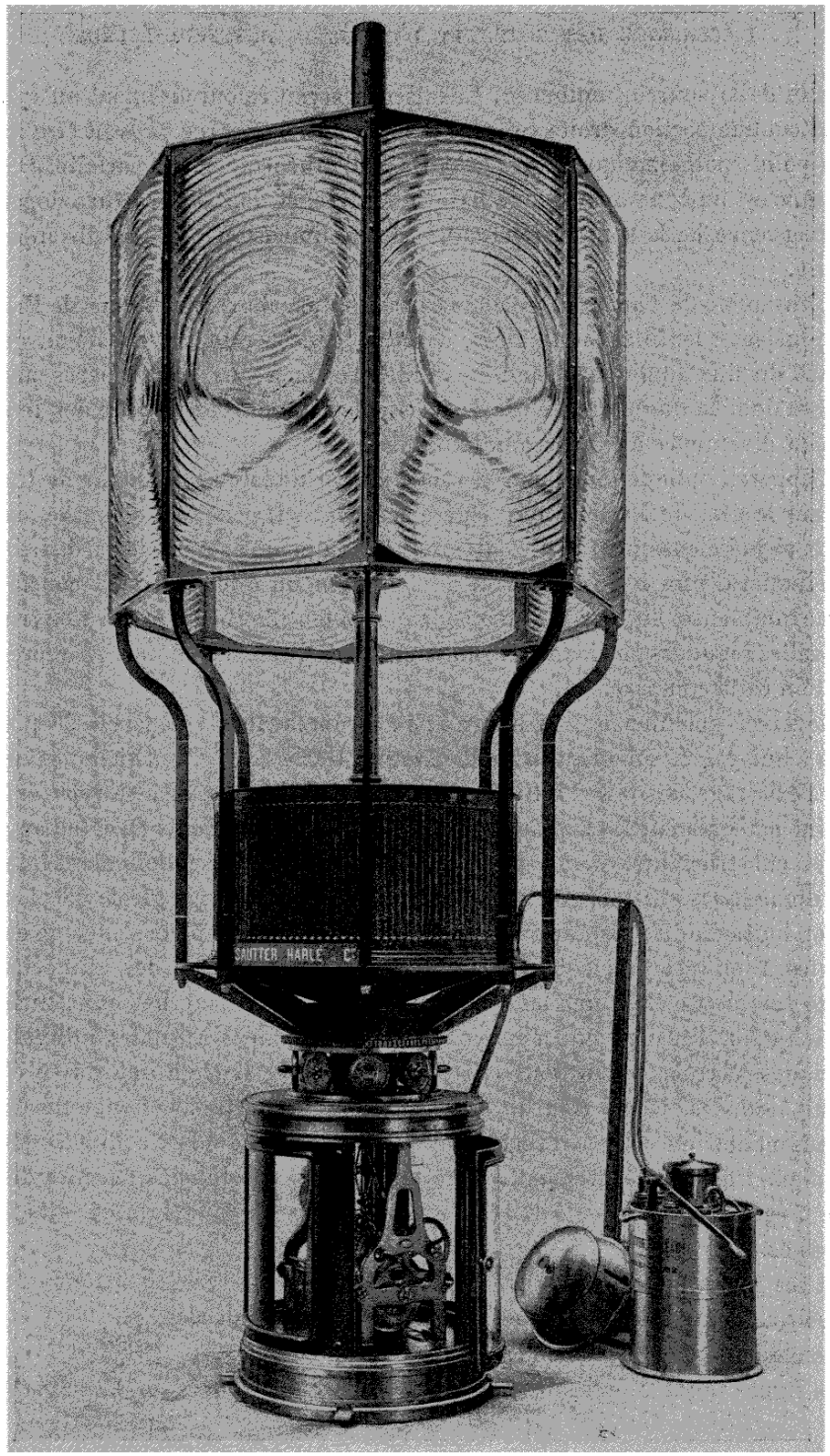


Fig. 5. — Appareil de premier ordre à éclats, avec lentilles annulaires dioptriques.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

seulement de lentilles dioptriques, a précisément, avec la même lampe, la durée d'éclat que nous venons d'indiquer (1).

Pour varier les apparences, Fresnel a conseillé soit d'augmenter le nombre

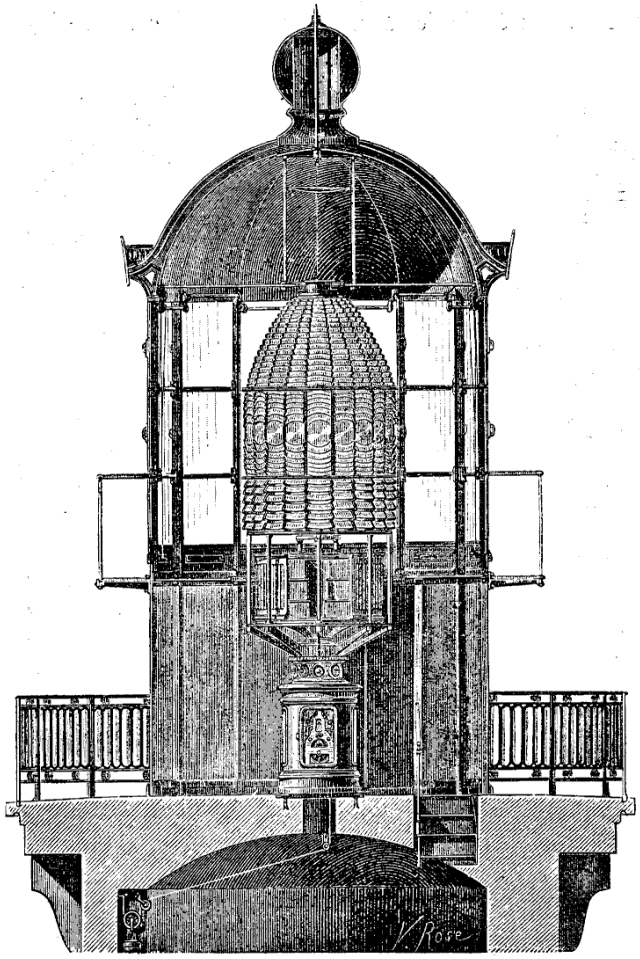


Fig. 6. — Appareil de deuxième ordre à éclats rapprochés.

des lentilles, ce qui a conduit à produire des éclats plus rapprochés, comme le type à vingt lentilles de la figure 6, deuxième ordre, ou le type à vingt-quatre lentilles de la figure 7 premier ordre; soit de grouper les lentilles par deux ou par trois en rapprochant les axes optiques, comme on le voit sur la figure 8 et

(1) Cet appareil a été construit pour les Indes néerlandaises par MM. Sautter, Harlé et Cie.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

la figure 9 (premier ordre à groupes de deux éclats et de trois éclats), de façon à former des groupes de deux ou trois faisceaux plus rapprochés, séparés du groupe suivant par une éclipse plus longue.

Dans toutes ces combinaisons, la durée de la rotation était calculée de façon à ne pas raccourcir la durée de l'éclat au-dessous d'une certaine limite qui était

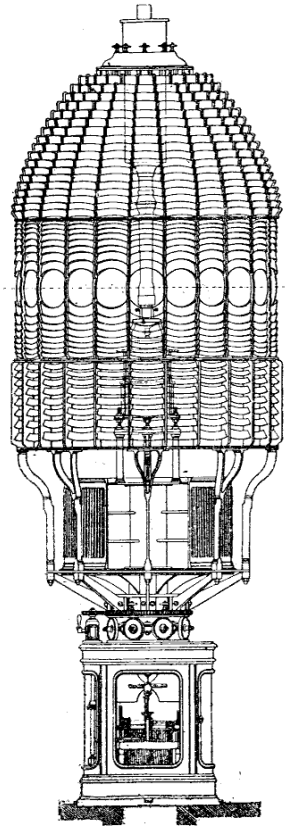


Fig. 7. — Appareil de premier ordre à éclats rapprochés.

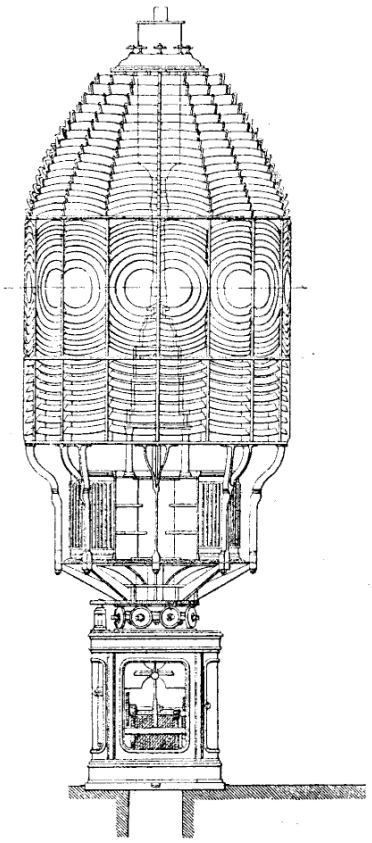


Fig. 8. — Appareil de premier ordre à groupes de deux éclats.

de 5ˢ,13 pour le premier ordre à vingt-quatre lentilles de la figure 7. Il en résultait forcément que l'on ne pouvait employer des lentilles annulaires, d'une amplitude de plus de 45° en moyenne, c'est-à-dire collectant au maximum plus du huitième du flux lumineux total.

Si l'on avait voulu aller au delà, il aurait fallu admettre des éclipses plus longues entre les éclats ou diminuer la durée de la révolution en tournant plus vite. Dans le premier cas, l'observation du feu serait devenue fort incommode, un intervalle de cinquante à soixante secondes entre deux éclats consécutifs étant

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

une limite pratique à ne pas dépasser, surtout avec la vitesse des bâtiments modernes; dans le second cas, l'augmentation de la vitesse angulaire du phare aurait raccourci d'autant la durée d'apparition des éclats et l'aurait fait tomber au-dessous de la limite considérée comme un minimum que la prudence ne permettrait pas de franchir.

On voit donc qu'avec l'ancien système et les idées qui avaient servi de base à son établissement, il n'était pas possible d'augmenter l'intensité des feux en modifiant les dispositifs optiques admis par Fresnel, et que l'on en était réduit, lorsqu'il fallait augmenter la portée d'un phare à remplacer l'appareil par un autre de plus grand diamètre.

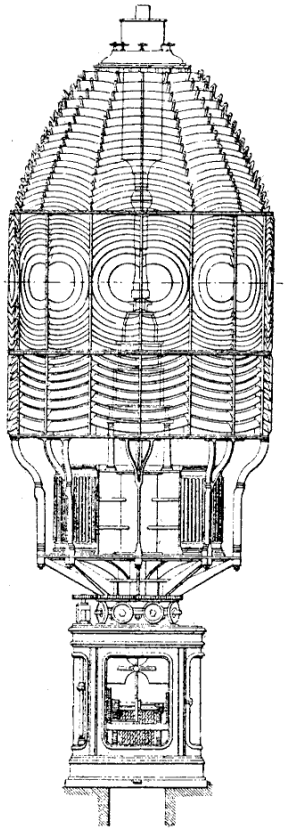


Fig. 9. — Appareil de premier ordre à groupes de trois éclats.

L'influence de la durée de l'éclat sur la perception lumineuse, et celle de la durée de l'éclipse sur l'observation du phare n'avait jamais été élucidée et il nous suffira de dire que la durée des éclipses atteignait parfois jusqu'à cinquante-cinq secondes pour les appareils de grande dimension, et tombait exceptionnellement à $1^s,5$ pour les feux scintillants de petit diamètre.

Pour les feux électriques, la faible dimension de la source lumineuse avait rendu nécessaire, croyait-on, d'augmenter artificiellement la divergence aux dépens de l'intensité du feu.

C'est ainsi que dans le phare électrique de Sainte-Catherine (île de Wight), établi en 1890 par l'honorable corporation de Trinity-House, l'appareil de deuxième ordre, à seize lentilles, tourne en huit minutes et donne des éclats d'une durée de huit secondes, correspondant à un arc électrique qui ne consomme pas moins de 350 ampères.

M. l'inspecteur général Bourdelles, alors ingénieur en chef du Service des Phares, préoccupé d'augmenter la puissance des feux du système de Fresnel, appliqua d'abord tous ses soins à rechercher quelle était l'influence de la durée des éclats sur la visibilité des phares, persuadé qu'il était que cette durée pouvait être considérablement réduite et soumise, comme la durée elle-même des éclipses, à des règles fixes.

Ces nouvelles idées, si contraires, comme nous venons de voir, à celles admises jusque-là, reçurent une confirmation frappante par l'enquête faite en 1886 sur nos côtes, pour examiner l'éclairage électrique existant. La Commission nautique

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

nommée à cet effet constata les excellents résultats de ces feux à éclats rapides, dont les marins se déclaraient hautement satisfaits.

Les observations de visibilité poursuivies chaque nuit, depuis 1888, sur les hares électriques de Créac'h, de Belle-Ile et de Barfleur, ont achevé de démontrer que des éclats qui durent un dixième de seconde sont aussi visibles que ceux de même intensité qui ont une durée plusieurs fois plus longue. Dans ces limites, le temps reste inappréciable.

J'ai à peine besoin d'ajouter qu'en dehors du Service des Phares, personne ne se doutait de l'importance considérable des observations ainsi rassemblées et des conséquences qu'elles devaient entraîner pour la construction des phares. Si les navigateurs avaient pu imaginer que l'on en viendrait bientôt à des faisceaux d'une durée d'un dixième de seconde, véritables éclairs, et que l'on obtiendrait ainsi les effets les plus puissants, nul doute qu'ils n'eussent protesté, unanimes à repousser une innovation aussi contraire aux idées reçues.

Principe des feux-éclairs. — Pour bien faire saisir l'idée fondamentale du système, je reprends la comparaison du réservoir hydraulique que j'ai rappelé plus haut. — La source lumineuse y est représentée par un robinet donnant un débit constant ou un flux lumineux constant dans l'unité de temps. — Le réservoir qui se remplit et se vide périodiquement à l'aide d'une soupape, c'est l'appareil optique à éclats. Plus courte sera la durée de l'ouverture de la soupape, plus grande sera l'intensité du faisceau ou le débit du jet.

Au contraire, si la soupape est d'un plus faible diamètre, la vidange se fera plus lentement, l'éclat durera plus longtemps, mais son intensité sera moindre. — La section de la soupape est ici comparable à celle de la lentille annulaire. Plus elle est grande, plus elle rassemble une forte portion du flux lumineux, mais naturellement aussi, plus l'intervalle qui sépare deux éclats consécutifs est grand, puisqu'il faut laisser au réservoir le temps de se remplir à nouveau.

On voit donc que le principe des feux-éclairs consiste à produire des éclats aussi brefs que possible, puisque l'intensité est d'autant plus élevée que la durée du débit est plus faible, c'est-à-dire que la section de la lentille est plus forte.

D'autre part, il ne faut point que l'intervalle entre les éclats soit trop long. Pour relever la direction d'un feu à l'aide du compas, le navigateur doit pouvoir compter soit sur une certaine durée de l'éclat, c'était le procédé suivi avec l'ancien système de phares, soit sur une répétition suffisamment fréquente, c'est le cas des feux-éclairs.

La théorie et la pratique sont d'accord pour montrer que la durée des éclats la plus avantageuse doit être de un dixième de seconde environ et que celle des éclipses ne doit pas dépasser cinq secondes. Ce sont les conditions qui ont servi de base à l'établissement des feux-éclairs.

Perception des éclats instantanés. — Il ne faudrait point croire toutefois que

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

la durée d'un éclat n'a pas d'influence sur l'impression visuelle qu'en reçoit l'observateur, c'est-à-dire sur son intensité apparente. — Les travaux de divers physiologistes et physiciens, Plateau, Helmholtz, Wundt, Bloch, et tout particulièrement Charpentier, confirmés par les expériences de M. l'ingénieur A. Blondel, effectuées au Dépôt des Phares, ont montré qu'une certaine durée est nécessaire à l'œil pour percevoir dans son intégralité l'intensité d'un feu à éclats. Cette durée est d'autant moindre que l'intensité est plus forte, et en poussant plus loin les observations, on reconnaît que le minimum de lumière perceptible est une quantité constante, au moins pour chaque individu, et qui dépend du produit du temps que dure l'éclat par son intensité réelle. — Cette remarque a une importance considérable au point de vue de la visibilité des phares.

Elle montre qu'à la limite de la portée, il faudra, pour obtenir une perception nette, que l'intensité du feu croisse inversement à la durée de l'éclat, si cette durée est inférieure à une certaine valeur suffisante pour la perception intégrale.

Cette valeur, qui varie avec les individus, avec l'état de l'œil et sa constitution, a été trouvée en laboratoire de un douzième à un huitième de seconde. L'administration française des phares a choisi pour la pratique le chiffre de un dixième de seconde, qui a maintenant pour lui la sanction de l'expérience.

Si donc, un feu donne une durée d'éclat notablement inférieure à un dixième de seconde, il y aura lieu, pour calculer sa portée limite, de réduire dans une certaine proportion l'intensité réelle; on obtiendra ainsi l'intensité correspondant au minimum de lumière perceptible.

Combinaisons optiques employées dans les feux-éclairs. — Les deux conditions fondamentales choisies par M. Bourdelles pour l'établissement du nouveau système des feux-éclairs déterminent d'une manière complète les combinaisons optiques des lentilles de diverses distances focales avec les divers brûleurs.

Pour un brûleur donné à l'huile minérale, au gaz, à l'électricité, éclairant une lentille annulaire donnée, la divergence, c'est-à-dire l'angle de conicité du faisceau, est déterminée.

D'autre part, la vitesse de rotation de l'appareil se trouve fixée dès que l'on s'est donné le nombre des lentilles qui le constituent, puisque l'intervalle qui les sépare, ou la durée des éclipses ne doit pas dépasser cinq secondes. Une fois cette vitesse fixée, il est facile d'en déduire la durée de l'éclat, puisque l'on connaît l'angle d'horizon qu'il recouvre. Si cette durée est inférieure à un dixième de seconde, on augmente le diamètre du brûleur; on peut aussi augmenter le nombre des lentilles, ce qui allonge la vitesse de rotation et par suite la durée de l'éclat.

Ainsi, toute la série des appareils de feux-éclairs se trouve entièrement déterminée en appliquant la règle de M. Bourdelles, et, dans chaque cas, on est certain d'avoir constitué, avec un brûleur donné, la combinaison optique qui

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

fournit l'intensité maxima, et par suite la meilleure utilisation de la source lumineuse. Aucune autre combinaison, quelle qu'elle soit, ne pourrait donner le même résultat, car ou elle allongerait inutilement la durée de l'éclat aux dépens de son intensité, ou elle la raccourcirait, mais en la faisant tomber au-dessous de un dixième de seconde, et par suite, l'accroissement d'intensité réelle se trouverait inutilisé pour l'observateur.

On voit donc quel progrès considérable a été réalisé sur l'ancien système, où aucune des données fondamentales n'avait été fixée, et, par suite, où il était impossible d'estimer la valeur relative de chaque combinaison optique.

Je vais montrer maintenant quelques-unes des combinaisons employées dans les feux-éclairs. Comme avec l'ancien système, on peut produire, pour varier les apparences, soit des éclats à intervalles réguliers, soit des éclats groupés. Les feux peuvent aussi se distinguer par leur coloration.

Éclats équidistants. — Les figures 10 et 11 représentent le feu-éclair à une lentille embrassant 180° et utilisant directement le flux lumineux de la moitié de la source. L'autre moitié est renvoyée sur la lentille par un réflecteur placé dans l'angle obscur de 180°. Il y a donc de ce chef une certaine perte, tenant au rendement plus faible du réflecteur, mais l'ensemble constitue néanmoins la combinaison produisant, avec une source donnée, le faisceau le plus intense qu'il soit possible de réaliser.

Conformément au principe des feux-éclairs, les éclats doivent se succéder toutes les cinq secondes, la durée de la révolution complète de l'appareil est donc de cinq secondes.

Pour obtenir d'aussi grandes vitesses de rotation, inconnues jusque-là dans les phares, M. Bourdelles et ses collaborateurs ont dû recourir à un procédé nouveau et remplacer le roulement sur galets de l'ancien système (voir figures 4, 5, 6, 7, etc.) par le frottement sur un liquide.

C'était là une condition essentielle pour la réalisation du nouveau système de phares, car il était impossible, avec les armatures existantes, de dépasser pour les grands appareils une vitesse de un tour en cinq ou six minutes.

On peut donc dire qu'en dehors de la combinaison optique employée, la caractéristique d'un appareil de feu-éclair est sa suspension sur un bain liquide.

L'appareil optique est supporté par un frotteur annulaire tournant dans une cuve remplie de mercure; un axe à pivot assure le centrage sans avoir aucun poids sensible à porter, l'appareil étant entièrement soulagé, en vertu du principe d'Archimède, par le déplacement du mercure.

Une expérience prolongée de plusieurs années a montré que ce mode de suspension était d'un fonctionnement parfait et, qu'en supprimant l'usure des pièces, il permettait d'obtenir des vitesses de rotation quarante et cinquante fois

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

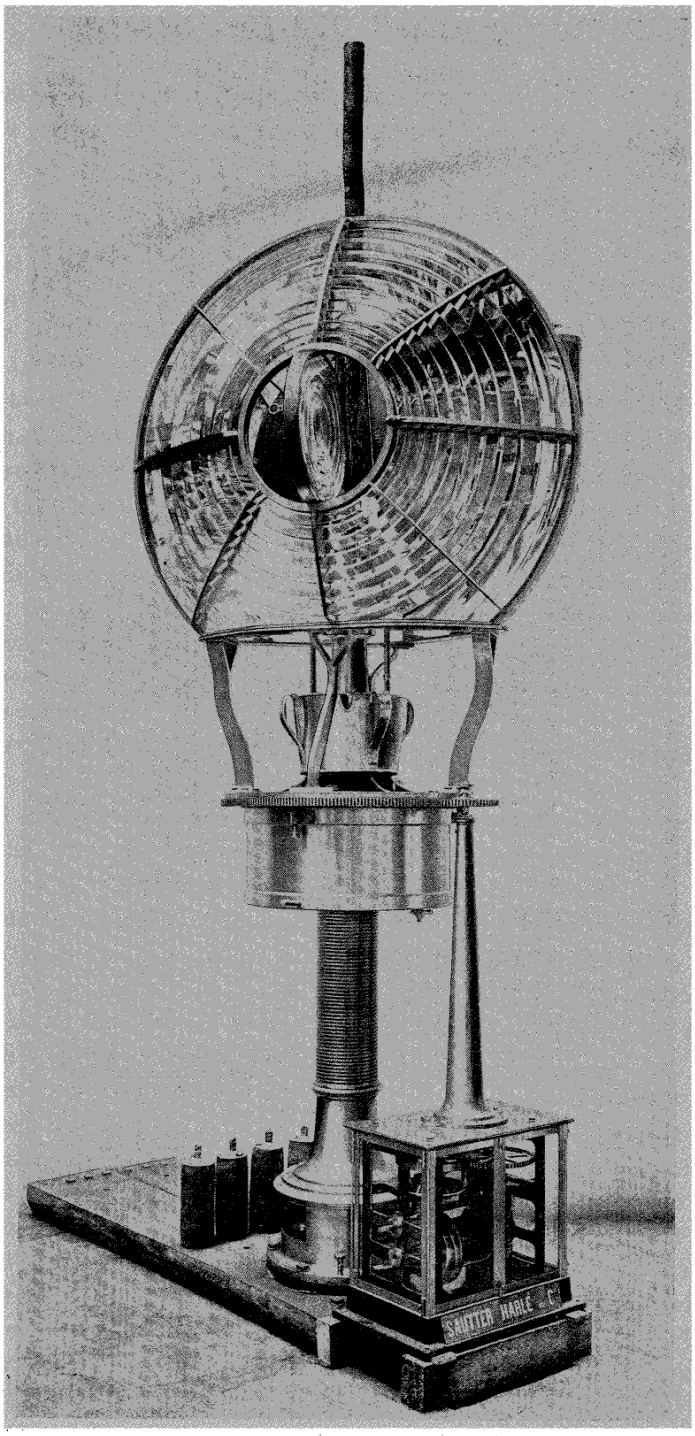


Fig. 10. — Feu-éclair de troisième ordre, petit modèle à une lentille (éclats équidistants).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

plus considérables, tout en conservant la simplicité de montage et les facilités d'entretien qui caractérisaient les armatures des anciens phares.

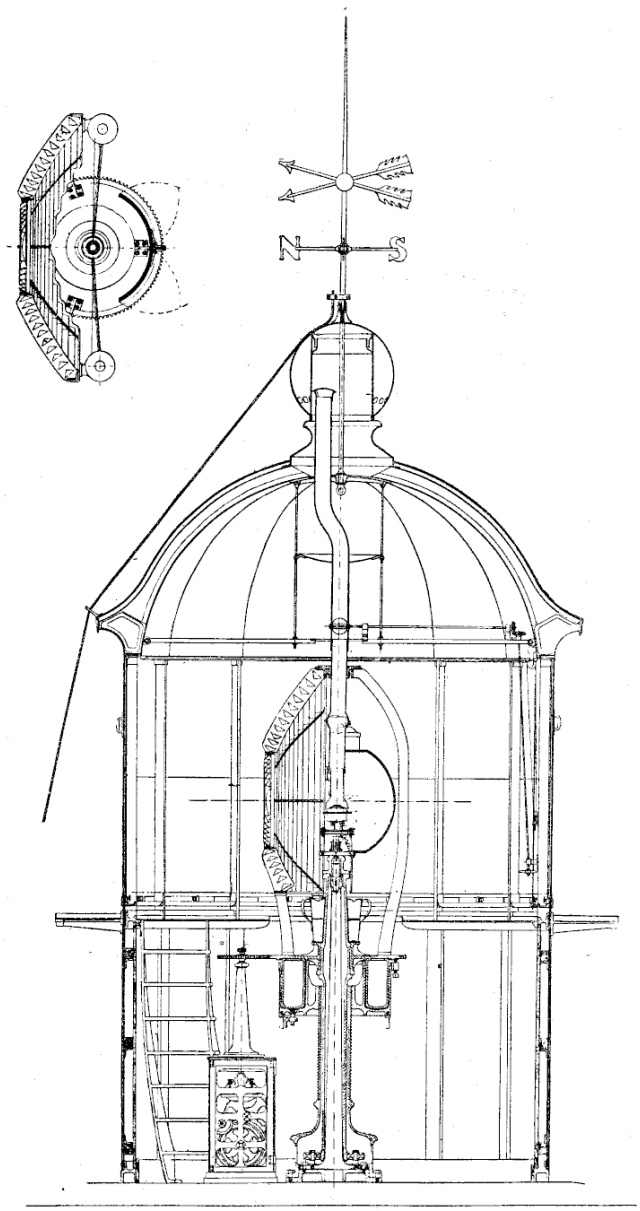


Fig. 11. — Feu-éclair de troisième ordre à une lentille (éclats équidistants).

Le principe de l'armature à flotteur étant admis, divers dispositifs peuvent

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

être réalisés. On peut, comme dans les appareils des figures 10, 11, 12 et 13, placer le pivot de centrage à l'intérieur de l'appareil optique et guider par une crapaudine la partie tournante qui repose sur la cuve à mercure. Un arbre creux se prolonge à la partie inférieure, où il est maintenu latéralement par une couronne de légers galets de centrage, dont le frottement sans pression est insensible. La stabilité est ainsi complètement assurée, le centre de gravité se trouvant au-dessous du point de suspension de la partie flottante. La cuve à mercure est portée par une colonne filetée sur laquelle elle peut se mouvoir à l'aide d'un taraudage intérieur.

La visite et l'entretien des organes sont faciles. Pour le flotteur et la cuve, il suffit de descendre cette dernière le long de la colonne filetée, l'appareil vient alors reposer sur son pivot. Pour visiter le pivot, c'est la cuve qui sert de support à son tour, on enlève le bec qui la surmonte, puis on démonte le coussinet et la crapaudine.

L'Administration française a donné la préférence au dispositif des appareils figures 14, 15, 16, 17, 20, etc. La partie tournante se prolonge par un arbre de rotation dont le pivot est placé au-dessous de l'appareil. On supprime ainsi les galets de centrage du précédent dispositif, mais la visite du pivot est peut-être un peu moins commode.

L'une et l'autre de ces deux variantes du même mode de suspension ont donné d'excellents résultats. On peut compter que l'entraînement d'un appareil pesant plusieurs milliers de kilos à des vitesses aussi considérables n'absorbe qu'une puissance totale de un quart à un tiers de kilogrammètre par seconde.

La production d'éclats équidistants avec une seule lentille ne s'applique pas aux distances focales supérieures à $0^m,500$, c'est-à-dire au troisième ordre. La durée de l'éclat, étant donné la vitesse de rotation, serait trop courte avec les brûleurs à six mèches et nécessiterait l'emploi de lampes à plus grand nombre de mèches qui n'ont pas été adoptées en France.

Aussi est-ce à la combinaison à deux lentilles que l'on a recours pour le premier et le second ordre, figures 12 et 13. Chaque lentille utilise encore la moitié du flux lumineux total avec une durée de révolution de un tour en dix secondes.

Au delà de deux lentilles, la seule combinaison réalisée est celle de quatre lentilles disposées en carré. Pour les feux à l'huile, elle n'est plus employée maintenant, la durée de l'éclat dépassant le dixième de seconde. Un seul appareil de ce modèle fut construit à l'origine, lorsqu'on n'était point encore entièrement fixé sur l'influence de la durée de l'éclat. Pour les feux électriques, au contraire, cette disposition a été conservée, la dimension de la source lumineuse étant fort petite et la durée de l'éclat plutôt inférieure à la limite du dixième de seconde.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les figures 14 et 15 représentent le feu-éclair électrique type de la Hève,

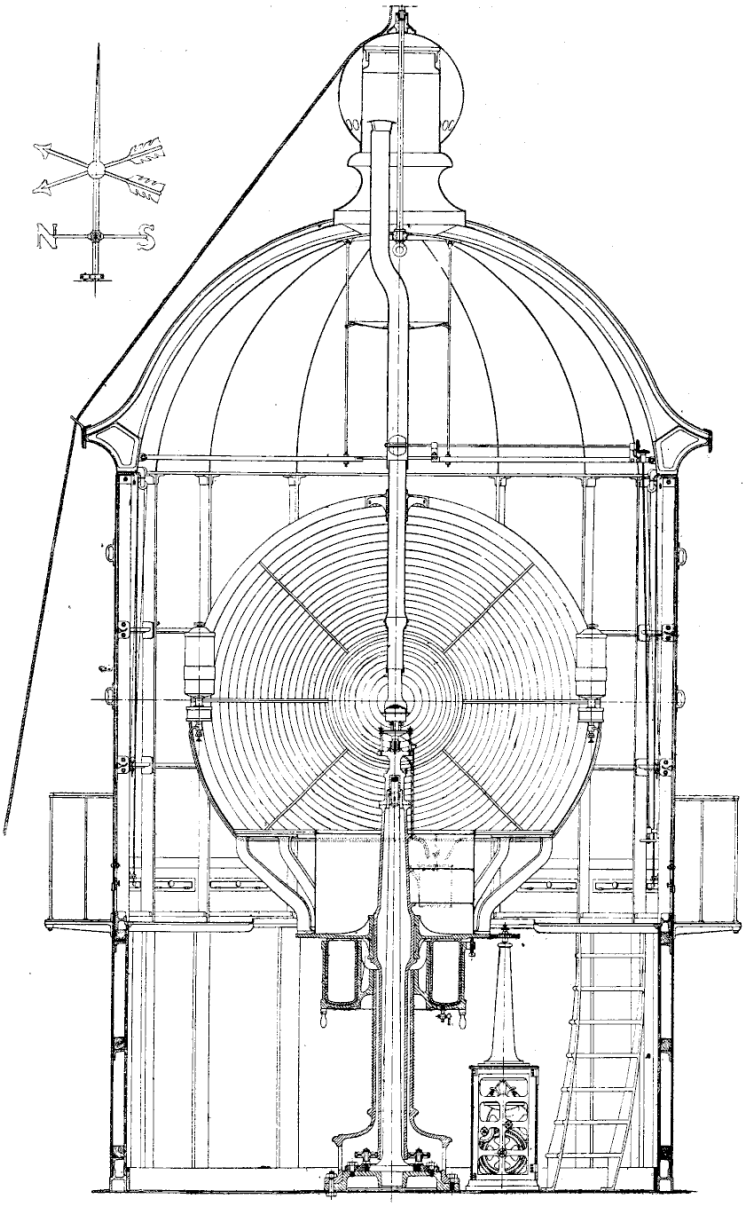


Fig. 12. — Feu-éclair de premier ordre à deux lentilles (éclats équidistants).

établi également à l'île d'Yeu, et construit par MM. Sautter, Harlé et Cie. La révolution se fait en vingt secondes.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

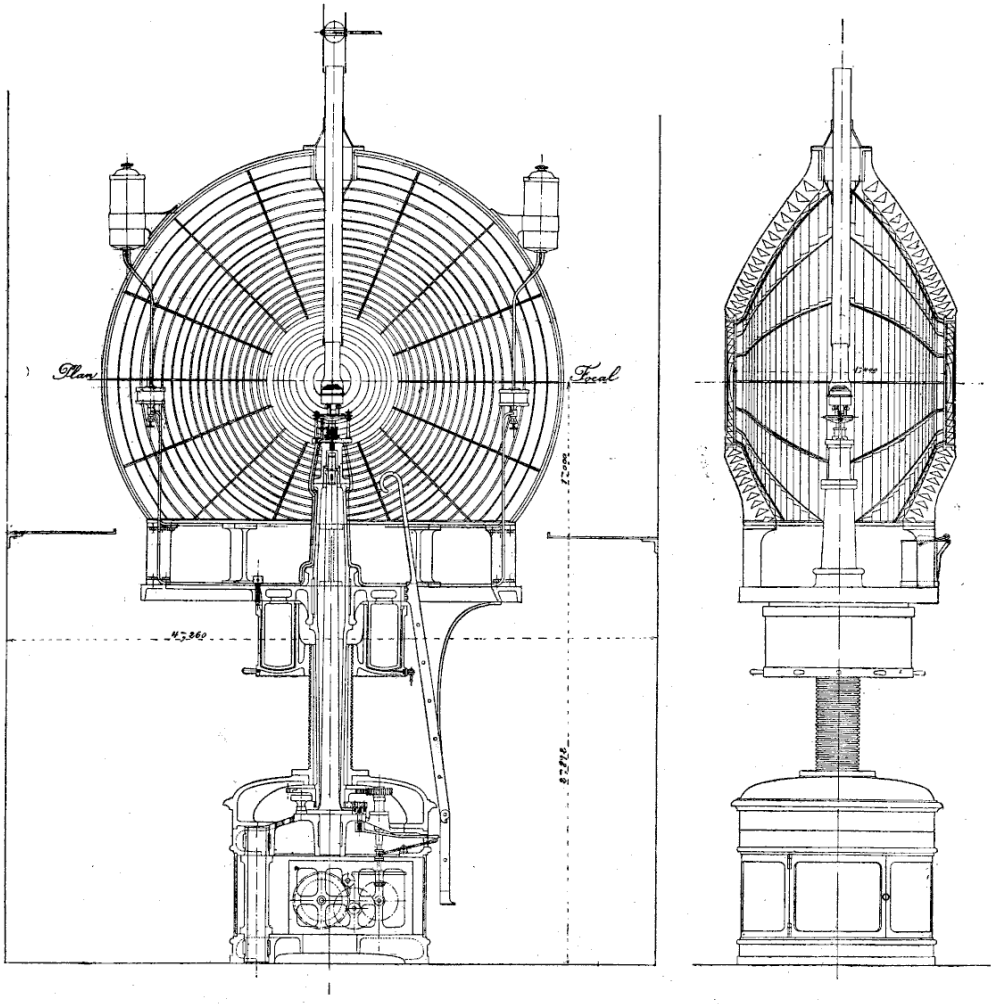
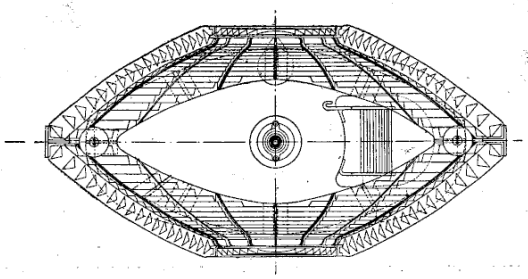


Fig. 13. — Feu-éclair de deuxième ordre à deux lentilles (éclats équidistants).



Coupe par le plan focal.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

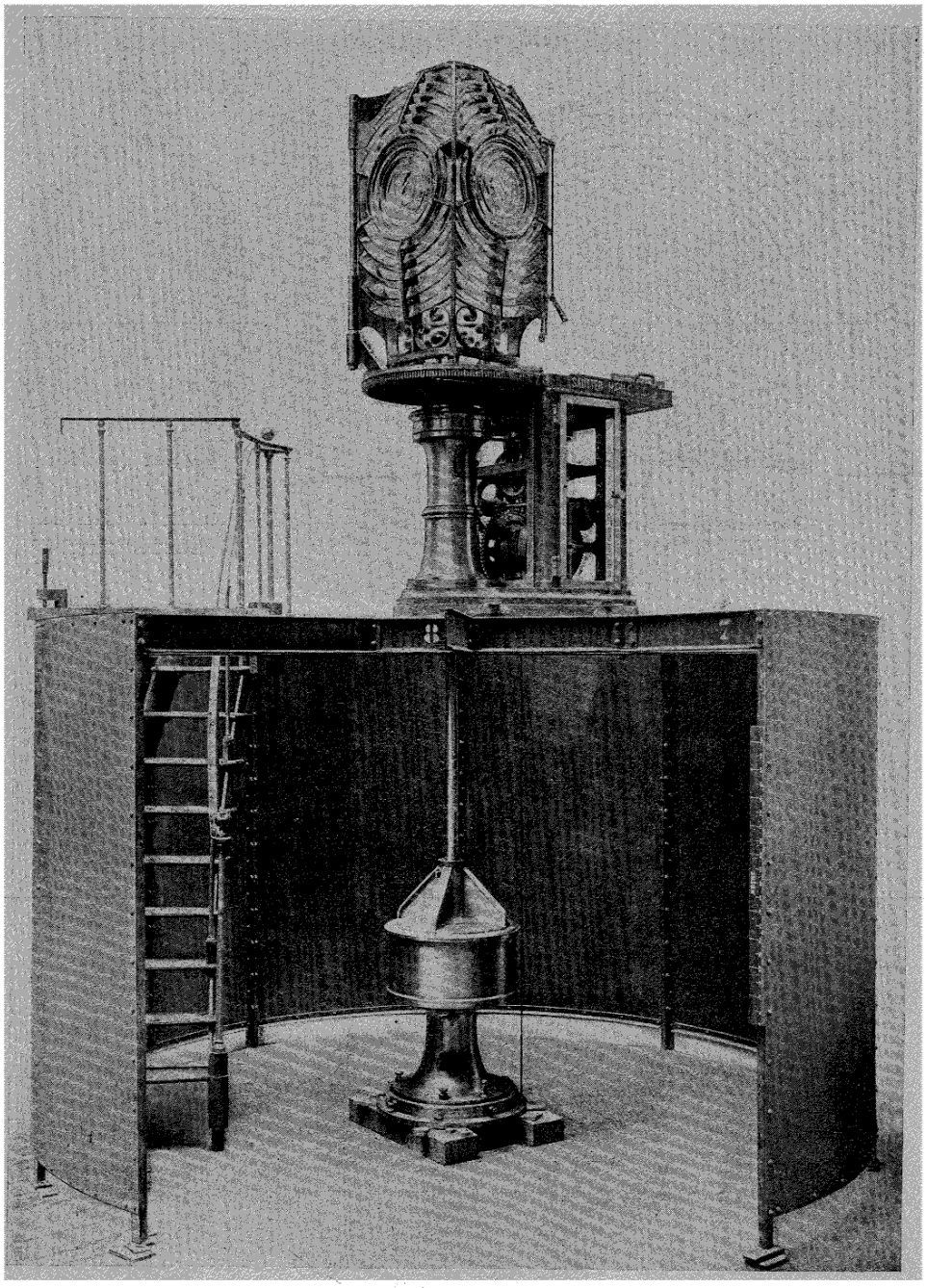


Fig. 14 — Feu-éclair électrique à quatre lentilles, type La Hève et Ile d'Yeu (éclats équidistants).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La distance focale admise est de $0^m,300$ intermédiaire entre le troisième et le quatrième ordre des feux à l'huile.

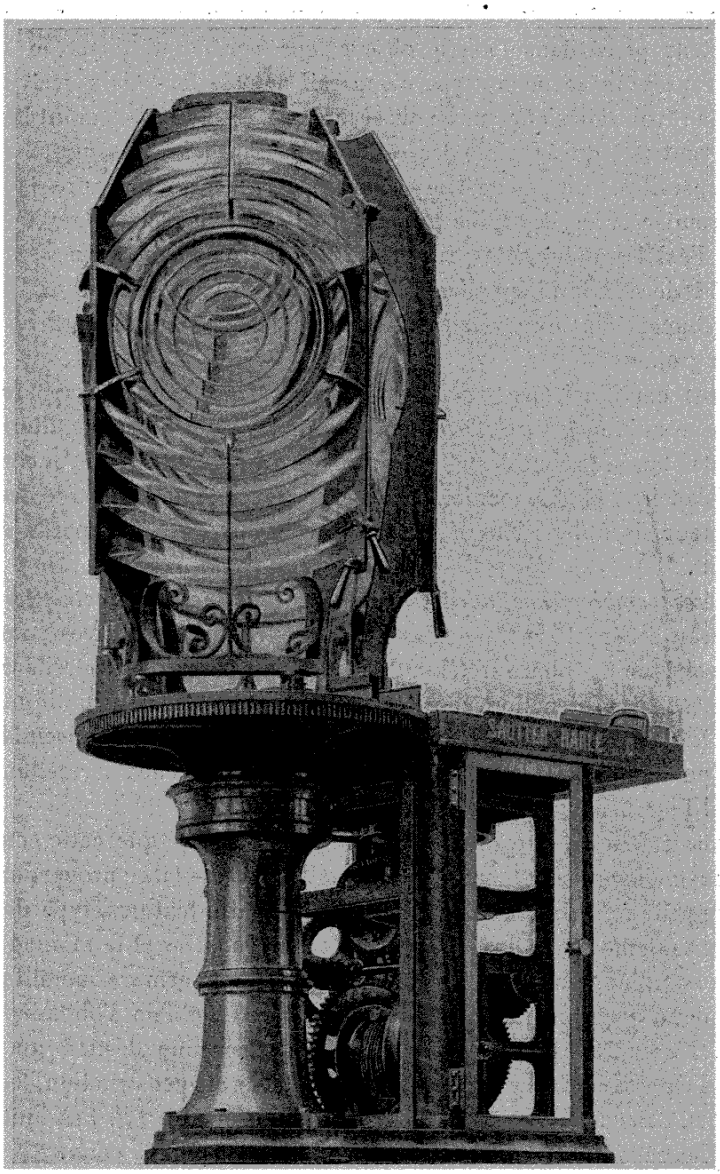


Fig. 15. — Feu-éclair électrique à quatre lentilles, type La Hève et Ile d'Yeu (éclats équidistants).

Éclats groupés. — Les combinaisons optiques pour les feux à éclats groupés dérivent des mêmes principes.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L'appareil à groupe de deux éclats (figure 16, phare de la Garoupe), est constitué par deux lentilles dont les axes optiques sont à angle droit. Ces lentilles dissymétriques reçoivent chacune le flux lumineux répandu dans un angle de 135°. Un réflecteur placé dans l'angle obscur leur permet d'utiliser le reste. La figure 17 représente le même type d'appareil pour le feu-éclair électrique de la Coubre. La révolution s'effectue en dix secondes, les éclipses séparant les groupes d'éclats ayant une durée triple des éclipses séparant les éclats eux-mêmes.

Un appareil à groupes de trois éclats est visible sur la figure 18, c'est un feu de premier ordre, à l'huile minérale, construit par MM. Sautter, Harlé et Cie, pour l'éclairage des côtes du Japon. Les lentilles symétriques embrassent chacune 72° de flux lumineux, la révolution dure dix secondes, les éclipses séparant les groupes étant toujours d'une durée triple de celles qui séparent les éclats du même groupe.

D'autres combinaisons permettent de varier beaucoup les apparences. Je n'en indique qu'une à titre d'exemple, figure 19, un éclat rouge alternant avec deux éclats blancs. La lentille colorée en rouge a 180° d'ouverture, et chacune des lentilles blanches, 60°, de manière à conserver sensiblement l'égalité des portées. Un réflecteur placé dans l'angle mort utilise le flux qui serait perdu sans cette disposition.

Dernières combinaisons adoptées dans les feux-éclairs électriques. — Une combinaison différente, adoptée par l'Administration des Phares pour le feu-éclair électrique du phare d'Eckmühl, ainsi que pour les appareils analogues actuellement en construction, consiste à réunir côte à côte deux optiques à quatre lentilles (fig. 20), les axes étant parallèles deux à deux. L'ensemble tourne autour d'un sommet commun, la superposition des faisceaux permettant de doubler ainsi l'intensité que fournirait une seule lentille.

Les essais fait sur l'appareil d'Eckmühl ont montré que cette combinaison pour la même énergie dépensée, augmentait dans une large proportion la puissance que peut fournir un appareil simple à quatre lentilles, type de la Hève. Elle exige seulement une grande exactitude dans la taille et le montage des éléments de l'optique, ainsi que dans la construction de l'armure métallique.

Avec deux optiques jumelles, il est également possible d'obtenir des éclats groupés. La figure 21 représente l'appareil électrique destiné au phare de Créach' d'Ouessant, à groupes de deux éclats, en construction, comme les précédents, dans les ateliers de MM. Sautter, Harlé et Cie. Les huit lentilles forment deux losanges dont les axes sont parallèles deux à deux.

Puissance lumineuse des feux-éclairs. — Je n'ai indiqué jusqu'ici que les principes d'établissement des feux-éclairs et les combinaisons optiques auxquelles le système de M. Bourdelles devait logiquement conduire.

Il me reste, pour donner une idée suffisamment complète du sujet, à expli-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

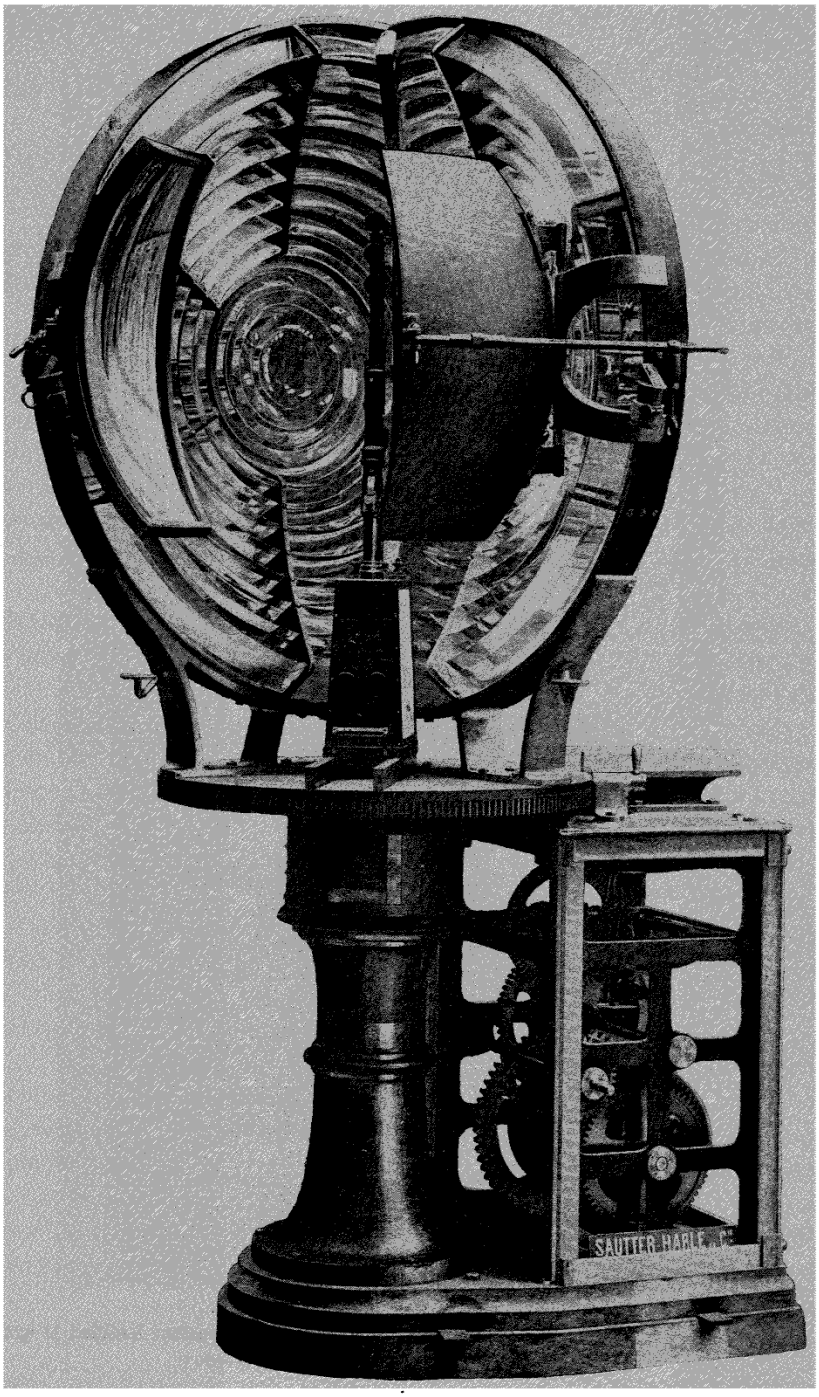


Fig. 16. — Feu-éclair à groupes de deux éclats avec deux lentilles. Phare de la Garoupe.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

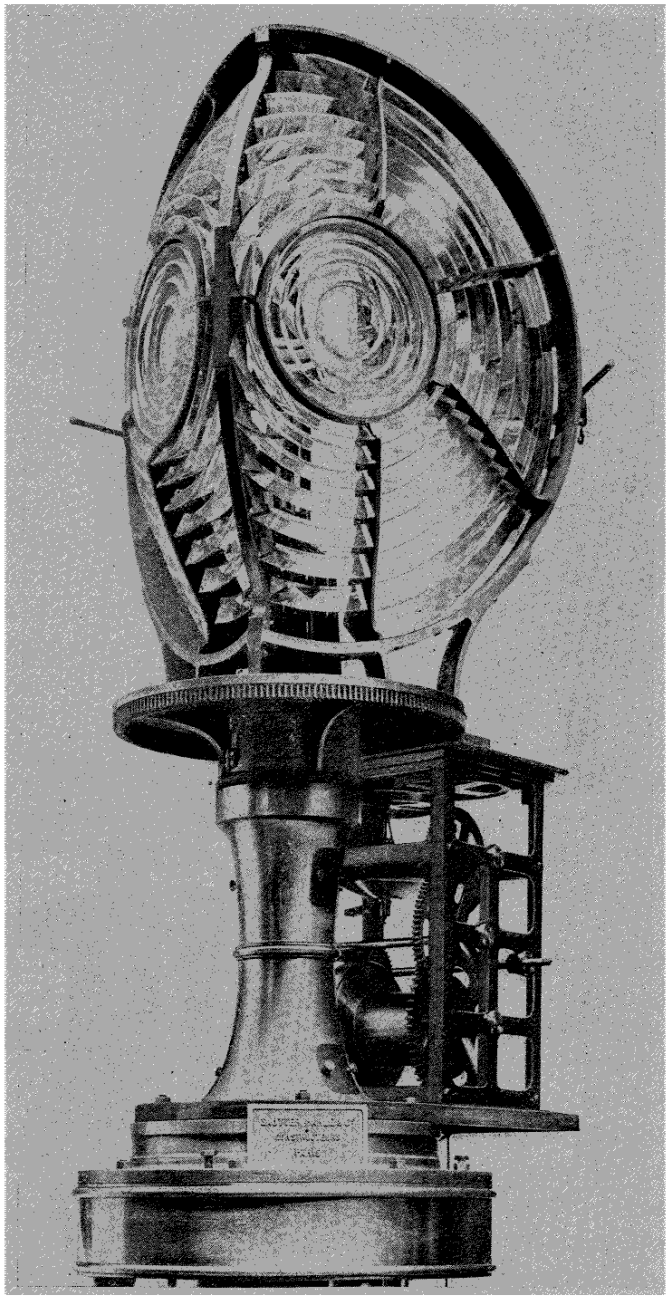


Fig. 17. — Feu-éclair électrique à groupes de deux éclats avec deux lentilles, monté sur colonnes. Phare de la Coubre.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

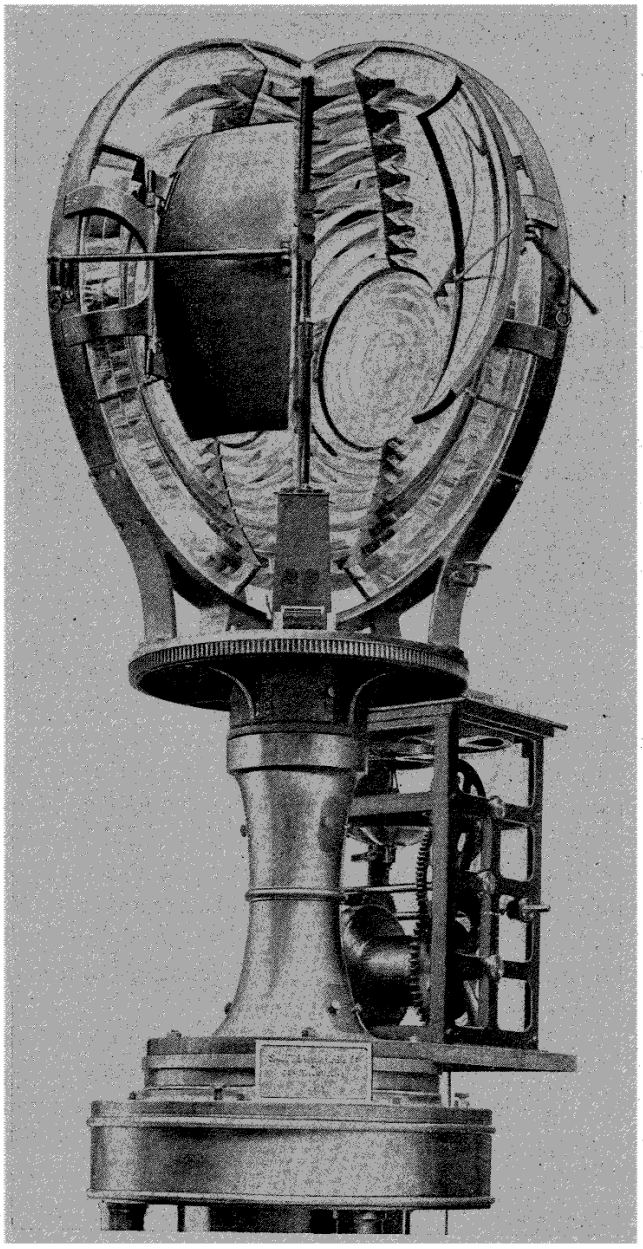


Fig. 17 *bis*. — Feu-éclair électrique à groupes de deux éclats avec deux lentilles, monté sur colonnes. Phare de la Coubre.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

quer ce que les ingénieurs des phares entendent maintenant par *puissance lumineuse d'un appareil de phares*, expression due à M. Bourdelles.

La puissance n'est autre chose que l'intensité lumineuse de l'appareil, mesurée dans l'axe et à une distance telle que la dimension linéaire de l'optique devienne insensible à l'œil.

Le mémoire cité de M. Bourdelles renferme l'application de cette définition aux phares et la critique de la méthode suivie jusque-là pour l'évaluation de la puissance d'un appareil.

Dans sa théorie des projecteurs électriques, M. Blondel établit pour la première fois, la formule générale de la puissance, quel que soit le genre d'optique employé, lentille dioptrique, catadioptrique, réflecteur parabolique, miroir Mangin (1).

Pour bien faire saisir la différence qui sépare la théorie actuelle des vues empiriques qui régnaient jusqu'à ces dernières années, je rappellerai ce qui se passe lorsque l'on place une source lumineuse au foyer principal d'une optique quelconque.

L'optique rassemble et accumule le flux lumineux et elle le renvoie en un faisceau concentré dont l'intensité, mesurée au photomètre, est naturellement plus forte que celle de la source lumineuse elle-même.

Si l'on enlève la lentille et que l'on mesure l'intensité de la source à feu nu, le rapport des deux mesures constitue ce que l'on appelait, jusqu'à M. Bourdelles, le pouvoir amplificateur de la lentille. C'est ainsi qu'on trouve pour une lentille de premier ordre embrassant 45° une intensité de 9800 becs Carcel environ, avec une lampe à 6 mèches concentriques à l'huile minérale, laquelle, mesurée seule, fournit 50 becs Carcel. Le pouvoir amplificateur serait donc de 196. Si l'on prend au contraire un brûleur à 4 mèches, fournissant 24 carcels, placé derrière la même lentille, il donnera un faisceau de 8 500 carcels avec un pouvoir amplificateur de 354. Le coefficient d'amplification ou de multiplication d'une lentille est donc essentiellement variable avec la source employée et il ne peut servir à définir la puissance de l'optique d'un phare.

Ce n'est pas, en effet, le flux total qui émane d'une source lumineuse qui intéresse l'ingénieur des phares, mais bien l'éclat intrinsèque de la partie incandescente, c'est-à-dire l'intensité par unité de la surface de cette flamme.

La puissance lumineuse d'un appareil optique est proportionnelle à trois facteurs : l'éclat intrinsèque de la source, la surface de la lentille ou du réflecteur considéré, enfin le rendement de l'optique employée, lequel n'est jamais égal à l'unité. J'examinerai séparément ces trois facteurs.

Éclat intrinsèque. — L'utilisation d'une source lumineuse dans un appareil

(1) Il convient de rappeler à ce propos les travaux antérieurs de M. Cornu sur les appareils optiques, où se trouve utilisée pour la première fois la notion de l'éclat.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

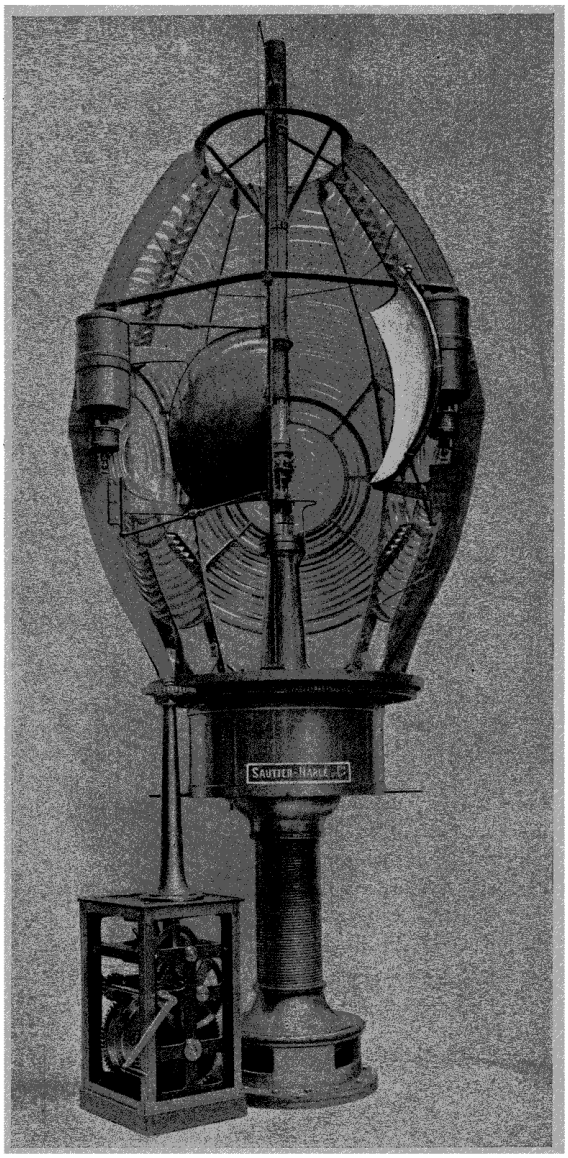


Fig. 18. — Feu-éclair de premier ordre pour huile minérale à groupes de trois éclats.
(Éclairage des côtes du Japon.)

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

optique est complètement différente de celle de la même source éclairant un espace donné, un appartement par exemple. Tandis que le public choisira, avec juste raison, un gros foyer fournissant un flux lumineux total considérable, quel que soit son éclat intrinsèque, l'ingénieur des phares donnera sa préférence à un bec Auer par exemple, ne produisant que 27 carcels d'intensité, mais dont l'éclat est près de deux fois plus élevé que celui d'une lampe avec bec à 10 mèches du type adopté en Angleterre, laquelle fournit cependant 175 becs Carcel d'intensité. Placé derrière la même optique, le bec Auer a donné naissance à un faisceau d'une puissance mesurée de 20300 bougies, et la lampe à 10 mèches seulement 11800 becs Carcel.

Ce n'est donc pas l'intensité à feu nu qu'il faut rechercher dans les phares, mais l'éclat, et à ce point de vue l'arc électrique offre une source incomparablement supérieure à toutes les autres.

D'après les mesures effectuées au Dépôt des Phares, résumées dans un mémoire récent de M. l'ingénieur en chef Ribière (1), on peut classer les diverses sources lumineuses par ordre d'éclat intrinsèque, de la manière suivante :

La lampe à huile minérale, à une mèche, fournit 0c,35 par centimètre carré dans un appareil optique.

La lampe à 6 mèches, 1c,13.

La lampe à 10 mèches anglaises, 1c,63.

Le bec Auer au gaz riche, 3 carcels.

L'arc électrique à courant alternatif, dans une optique taillée comme celle d'Eckmühl, produit 900 carcels.

Le cratère de l'arc à courant continu dans un projecteur Mangin, 1300 carcels. Ce dernier chiffre est le plus élevé obtenu jusqu'ici.

On voit donc combien les vues théoriques précédentes sont utiles pour la recherche et le classement des différentes sources lumineuses au point de vue spécial de l'éclairage des phares.

Les nombres que nous venons de donner montrent qu'il n'y a plus à rechercher de grands perfectionnements dans les lampes à huile minérale à mèches multiples. Ils justifient la répugnance que l'Administration française a pour les gros brûleurs, dont l'éclat intrinsèque, et par suite la valeur optique est relativement faible, tandis que la dépense de combustible reste proportionnelle au flux lumineux total produit. C'est ainsi qu'un bec à 6 mèches consomme quarante-cinq fois plus de pétrole qu'un bec à une mèche, tandis que son éclat intrinsèque, n'est que le triple. Un bec à 10 mèches consomme cent quatre-vingt-dix fois plus de pétrole et son éclat n'est encore que 4,7 fois plus élevé.

(1) *Précision et rendement des appareils optiques de Phares.* (*Annales des Ponts et Chaussées*, 4e trimestre, 1897).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

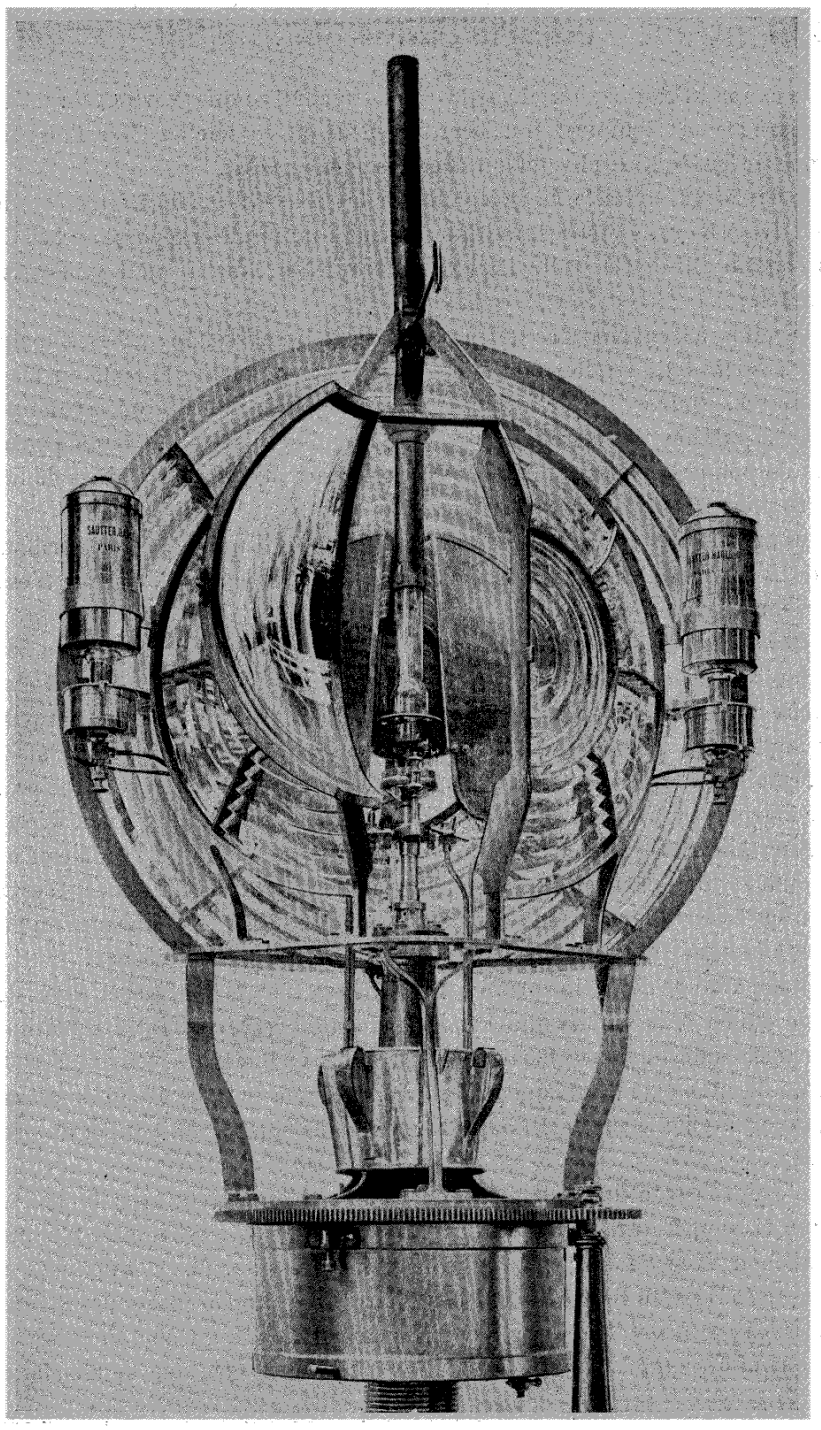


Fig. 19. — Feu-éclair de troisième ordre pour huile minérale. Un éclat rouge alternant avec deux éclats blancs. (Iles Philippines.)

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On connaît l'explication physique de ce phénomène qui provient du défaut de transparence des flammes, tout accroissement de volume au delà d'une limite donnée ne produisant plus aucun accroissement d'éclat.

La figure 22, extraite de la notice sur les feux-éclairs déjà citée (1), donne l'éclat des brûleurs à mèches multiples, à huile minérale, rapporté au bec Carcel pris comme unité. On voit, d'après l'allure de la courbe, qu'il tend vers une limite fixe.

De plus, à l'inverse des autres sources lumineuses, les grosses lampes à mèches voient leur rendement baisser avec l'échauffement par suite du filage et des fumées. Pour éviter l'effet désastreux qui en résulterait, on est obligé, au delà de 6 mèches, de refroidir le bec par une circulation active de pétrole, à l'aide de pompes, avec un débit pouvant atteindre plusieurs centaines de litres à l'heure pour 10 mèches concentriques.

Les mêmes raisons physiques qui font critiquer l'emploi de gros brûleurs à l'huile, s'appliquent aux gros brûleurs à gaz, dont l'éclat intrinsèque n'est pas supérieur à ce que peut fournir l'huile minérale.

Feux à gaz riche avec bec Auer. — Dès l'apparition du bec Auer, le Service français des Phares eut l'idée de l'essayer sur nos côtes. On éclairait d'abord des feux de port et de jetée. Le succès fut complet, et l'on passa à des appareils plus importants. Actuellement, le feu de premier ordre de Chassiron, éclats réguliers, celui de deuxième ordre à groupe de 3 éclats d'Armen, et celui de premier ordre à groupe de 4 éclats de l'île de Groix, sont éclairés au bec Auer. L'éclat du bec Auer alimenté par du gaz à l'huile sous une pression de $1^m,50$ d'eau est en moyenne 2,7 fois plus considérable que celui de la lampe à 6 mèches. C'est ainsi qu'un feu-éclair de troisième ordre éclairé par un bec Auer et mesuré au photomètre, a indiqué 18500 carcels, contre 6900 avec un bec à 6 mèches.

Un appareil de deuxième ordre à 2 lentilles de 180°, éclairé au bec Auer, donne plus de 40000 becs, tandis que l'énorme appareil hyperradiant à 6 lentilles de l'ancien système (distance focale $1^m,33$) avec becs à 6 mèches, fournit 27000 carcels. Ce dernier exige une lanterne et par suite une tour de $4^m,50$ de diamètre, le premier une lanterne de $3^m,50$ seulement. Ces chiffres font juger du progrès réalisé.

Au point de vue du rendement, on sait qu'il augmente avec le bec Auer lorsque la température de la flamme augmente. Aussi y a t-il intérêt à alimenter le manchon avec un gaz riche et sous forte pression. Les nombreuses expériences exécutées au Dépôt central des Phares, et à propos desquelles il convient de citer les travaux de M. le conducteur principal Meurs, attaché au Service central, ont montré qu'il n'y avait de limite dans cette voie que la résistance du

(1) *Notice sur les feux-éclairs à l'huile minérale et à l'électricité*, par J. Rey, ingénieur civil des mines. Paris, 1896.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

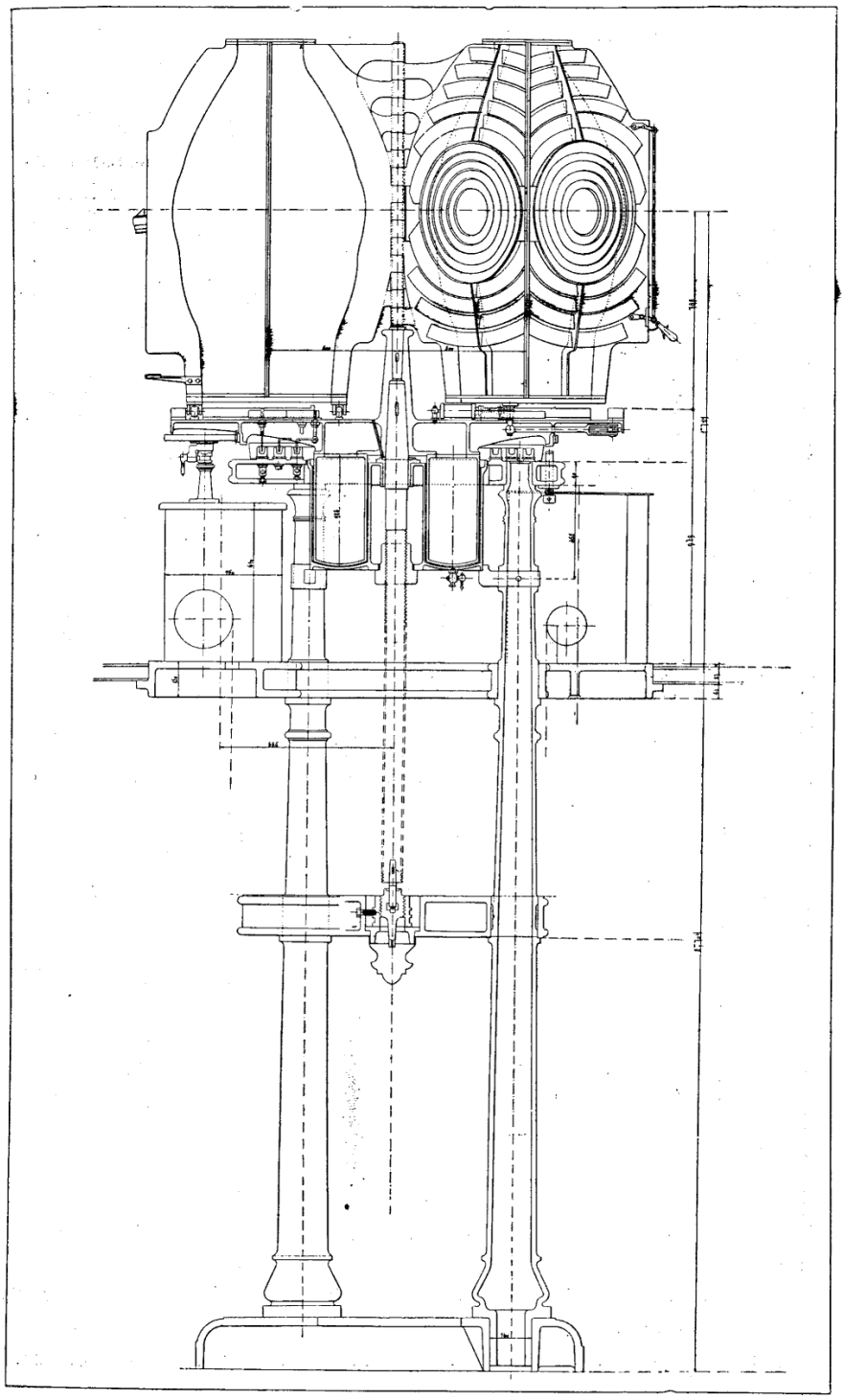


Fig. 20. — Feu-éclair électrique à éclats équidistants avec double optique.
Type des phares d'Eckmühl, de Gris-Nez et de Planier.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

manchon et sa durée. Il n'est pas impossible que les progrès de cette fabrication permettent, dans la suite, d'obtenir un éclat encore plus élevé.

La fabrication du gaz riche, ou gaz d'huile, s'effectue dans une petite usine placée dans l'enceinte du phare. L'expérience montre que la surveillance de cette usine et celle du phare demande beaucoup moins d'attention que celle d'un phare ordinaire à l'huile.

On n'est plus obligé de faire veiller les gardiens d'une manière continue. Ils peuvent dormir pendant leur quart, tout ralentissement du mécanisme de rotation leur étant signalé par une sonnerie.

L'emploi de l'acétylène permettra peut-être encore un progrès sensible, lorsqu'il deviendra possible d'alimenter avec ce gaz, si riche en carbone, un manchon incandescent.

Jusqu'ici les expériences faites par l'Administration française n'ont pas donné de résultats décisifs. Quant à la flamme d'acétylène seule, son éclat n'est pas supérieur à celui d'un manchon alimenté au gaz riche.

Arc électrique. — L'éclat le plus puissant que l'on puisse obtenir est celui de l'art électrique. Sous ce rapport, le cratère formé par un courant continu offre une supériorité marquée sur le courant alternatif. Le phénomène d'extinction et de rallumage de l'arc alterné, que les travaux de M. l'ingénieur Blondel ont complètement élucidé, ne peut laisser de doute à cet égard. Malheureusement, le courant continu ne se prête pas aussi bien jusqu'ici à l'éclairage des phares. Il faut que le cratère soit tourné vers la lentille pour qu'elle puisse collecter intégralement le flux lumineux.

Le courant alternatif, s'il donne moins d'éclat, permet les lampes à axe vertical avec une répartition symétrique du flux lumineux. Le Service des Phares de France est arrivé à faire construire d'excellents régulateurs pour courant alternatif avec des intensités atteignant 100 ampères, les perfectionnements apportés à ces appareils par M. le conducteur Ciolina sont à mentionner à ce propos. Pour les nouveaux feux-éclairs électriques à double optique, M. Blondel a proposé et fait adopter l'emploi d'alternateurs diphasés, dont les circuits indépendants l'un de l'autre rendent pratiquement insensible l'effet des variations de l'une des lampes sur sa voisine. L'expérience faite de ce système au phare d'Eckmühl a donné les meilleurs résultats.

Dimension des lentilles. — Pour une même distance focale et pour une même source lumineuse, la puissance d'un appareil de phare est sensiblement proportionnelle à la surface des lentilles mesurée suivant la section droite du faisceau.

Cette loi indique immédiatement l'avantage réalisé avec les feux-éclairs. L'idée de M. Bourdelles a permis précisément de diminuer le nombre des lentilles d'un appareil pour augmenter leur surface. Quelques chiffres feront saisir

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

immédiatement le progrès accompli. Le premier ordre, à éclats équidistants de l'ancien système, avait une puissance de 9847 carcels avec becs à six mèches. Le premier ordre feu-éclair correspondant donne 27340 becs, soit près de trois fois, et la dépense de combustible reste la même. Pour le deuxième ordre, les nombres précédents deviennent 5400 et 15075. Pour le sixième ordre, on a encore 151 becs et 573 becs. On trouvera dans ma notice sur les feux-éclairs les puissances calculées de toutes les combinaisons optiques du nouveau système, en prenant pour base la théorie nouvelle de l'éclat, entièrement justifiée par les nombreuses mesures photométriques que M. l'inspecteur général Allars avait fait exécuter au

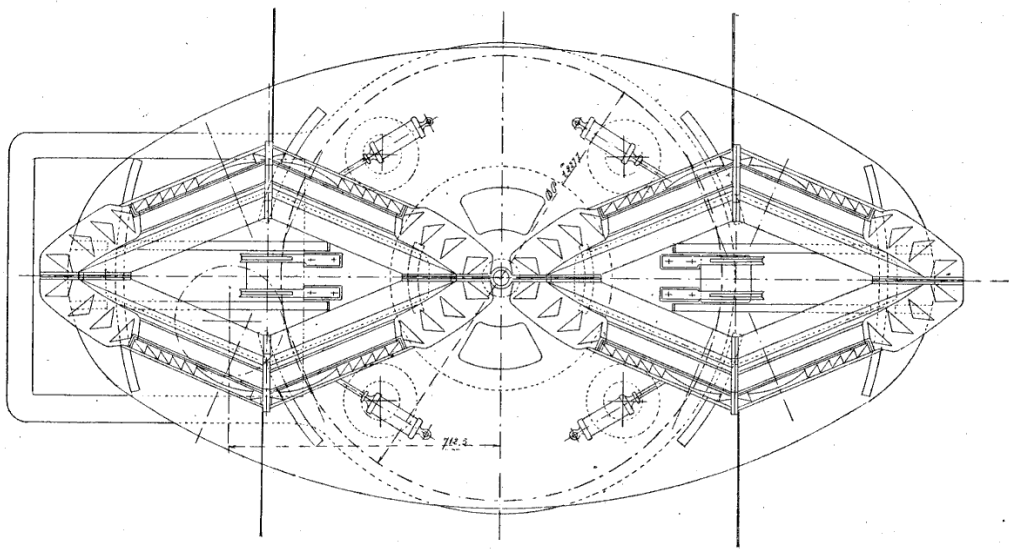


Fig. 21. — Feu-éclair électrique à groupes de deux éclats avec double optique. Type des phares de la Canche et de Créach d'Ouessant.

Dépôt des Phares il y a une vingtaine d'années, en dehors de toute préoccupation théorique.

Rendement des appareils optiques. — Ce troisième facteur de la puissance lumineuse a fait l'objet de nombreux travaux ces dernières années, soit au Dépôt des Phares, soit chez les constructeurs. Dans son mémoire de 1894, M. Ribière a montré l'importance considérable de la bonne construction de l'optique et la valeur respective des diverses parties des appareils. Les anneaux catadioptriques de Fresnel sont d'un rendement lumineux élevé par suite de leur faible aberration géométrique théorique et de leur faible dispersion. Mais ils sont beaucoup plus difficiles à tailler exactement que les anneaux dioptriques, et, jusqu'à ces derniers temps, on ne procédait pas à une vérification précise qui permît de contrôler leur fabrication.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

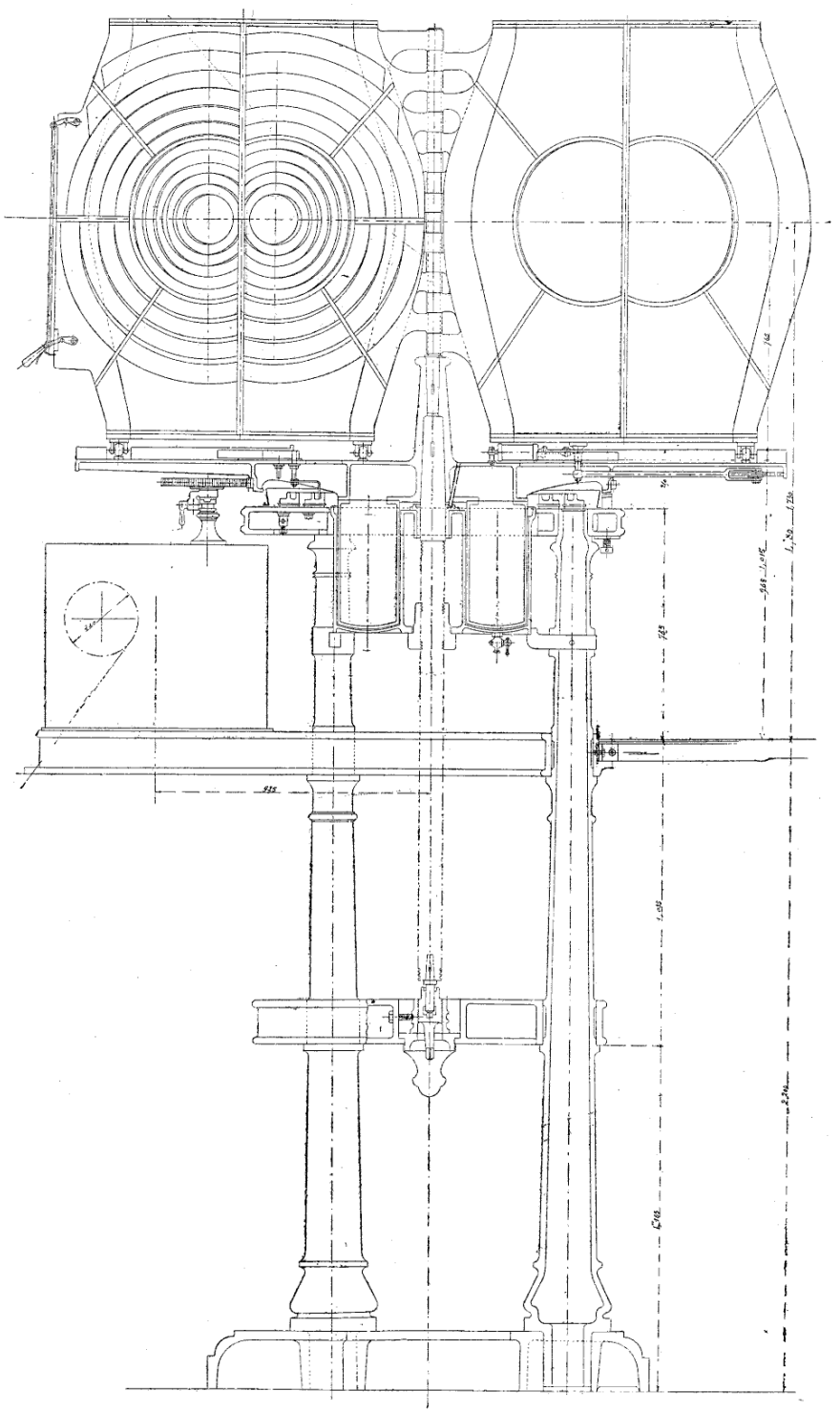


Fig. 22. — Feu-éclair électrique à groupes de deux éclats avec double optique. Type des phares de la Canche et de Créah d'Ouessent.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le moyen que l'on employait au Dépôt des Phares consistait à projeter le faisceau de chaque élément de l'optique pour une source lumineuse donnée : l'arc à courant alternatif, sur un écran placé normalement aux rayons lumineux. Ce procédé a permis de reconnaître les défectuosités des divers éléments, et il fut l'origine des perfectionnements apportés aux méthodes de contrôle ainsi qu'à la taille des optiques de phares depuis quatre ans.

MM. Sautter, Harlé et C^ie^ ont imaginé, en effet, pour l'optique d'Eckmühl, un appareil de mesure, formé d'une armature exactement conforme à celle qui devait réunir les divers éléments, au centre de laquelle pouvait se mouvoir, suivant les trois directions de l'espace, une lampe électrique à courant continu munie de charbons de faibles dimensions, ne donnant naissance qu'à un cratère de 3 millimètres de diamètre.

Le faisceau de cette source très déliée, réfracté par chaque élément de l'optique essayé séparément, a permis non seulement de reconnaître les défectuosités de la taille, mais aussi de les mesurer en les comparant aux résultats théoriques que donnerait une taille parfaite.

On est arrivé de cette manière, en modifiant l'outillage et les méthodes de taille, à corriger presque complètement les défauts des diverses courbures et à obtenir des éléments qui s'écartent à peine de la forme calculée.

La rigueur de la taille a une importance beaucoup plus considérable dans le cas des phares électriques que pour les phares éclairés à l'huile. La faible dimension de la source lumineuse donne naissance à un faisceau mince qui, dans les phares français, ne dépasse guère 1 degré d'ouverture.

Si l'on supposait que les erreurs de la taille doublent cette divergence, on irait ainsi à 2 degrés, et le faisceau aurait sensiblement quatre fois plus de section ou quatre fois moins de puissance, ce qui est inadmissible. Or il n'est pas aussi facile qu'on pourrait le croire de tailler une optique de phare donnant moins de 1 degré de divergence. Dans l'optique d'Eckmühl, la divergence due à la taille n'atteint pas le tiers de ce chiffre.

Dans les phares à l'huile, avec des foyers donnant 7, 8, 10 et même 12 degrés de divergence, la même erreur due à la taille serait sans influence appréciable sur l'ouverture et l'intensité du faisceau.

Pour montrer le progrès réalisé par l'introduction des procédés de vérification à la lumière électrique, il nous suffira de dire que les optiques précédentes de phares électriques ne possédaient en moyenne qu'un éclat de 450 becs Carcel par centimètre carré, tandis que pour le phare d'Eckmühl on a atteint 900 carcels, la source restant la même (1).

Au point de vue de la perfection de la taille, il est peu probable que l'on

(1) Voir Mémoire de M. Ribière, *Annales des Ponts et Chaussées*, 1897, *loc. cit.*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

puisse dépasser le miroir Mangin, qui, fabriqué d'une seule pièce, n'a pas d'aberration géométrique sensible.

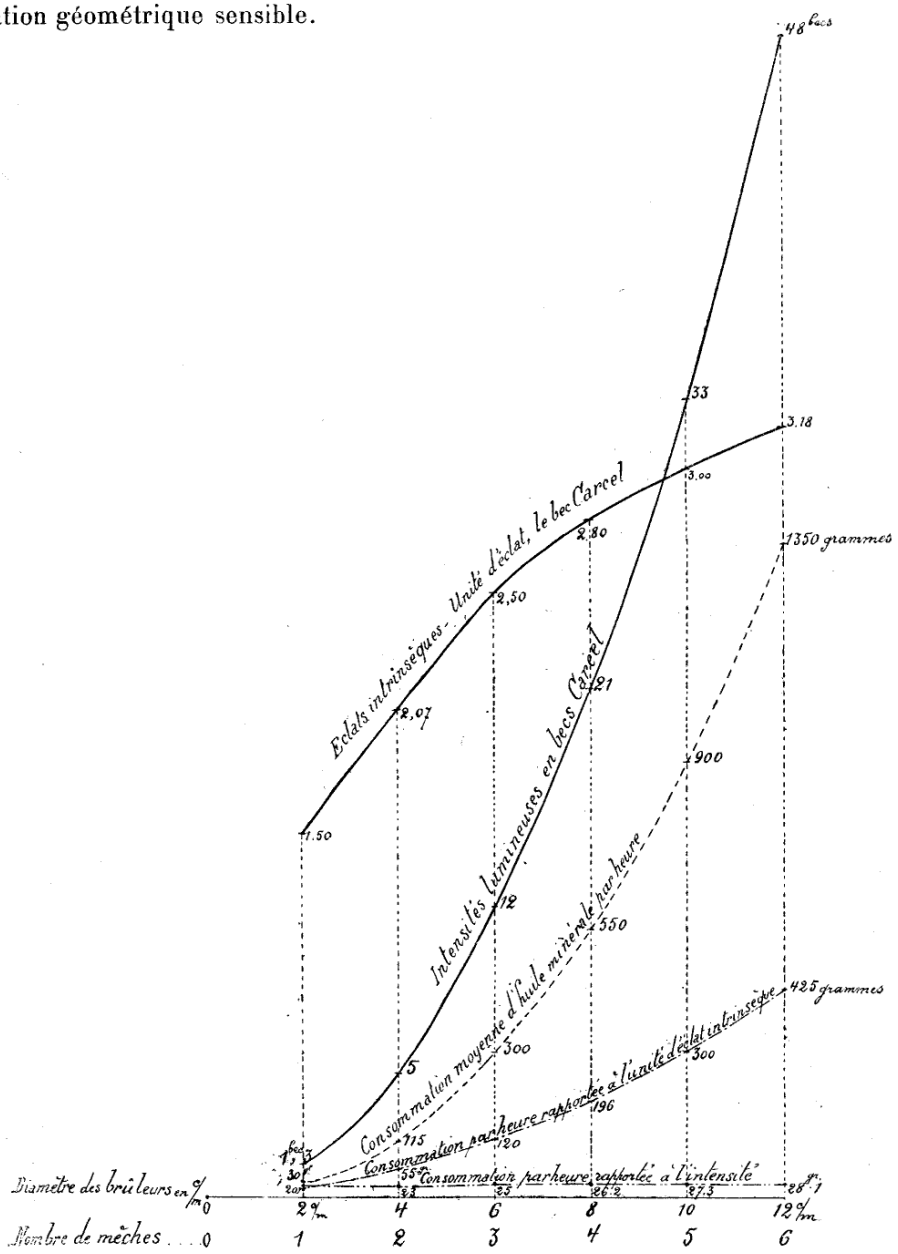


Fig. 23. — Éclat intrinsèque et consommation des brûleurs à huile minérale.

Un réflecteur de cette espèce, essayé au Dépôt des Phares, a indiqué 1 300 becs Carcel par centimètre carré.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La mesure était faite à distance, avec l'incertitude de la transparence atmosphérique. Les nombreuses mesures que j'ai effectuées dans les ateliers de

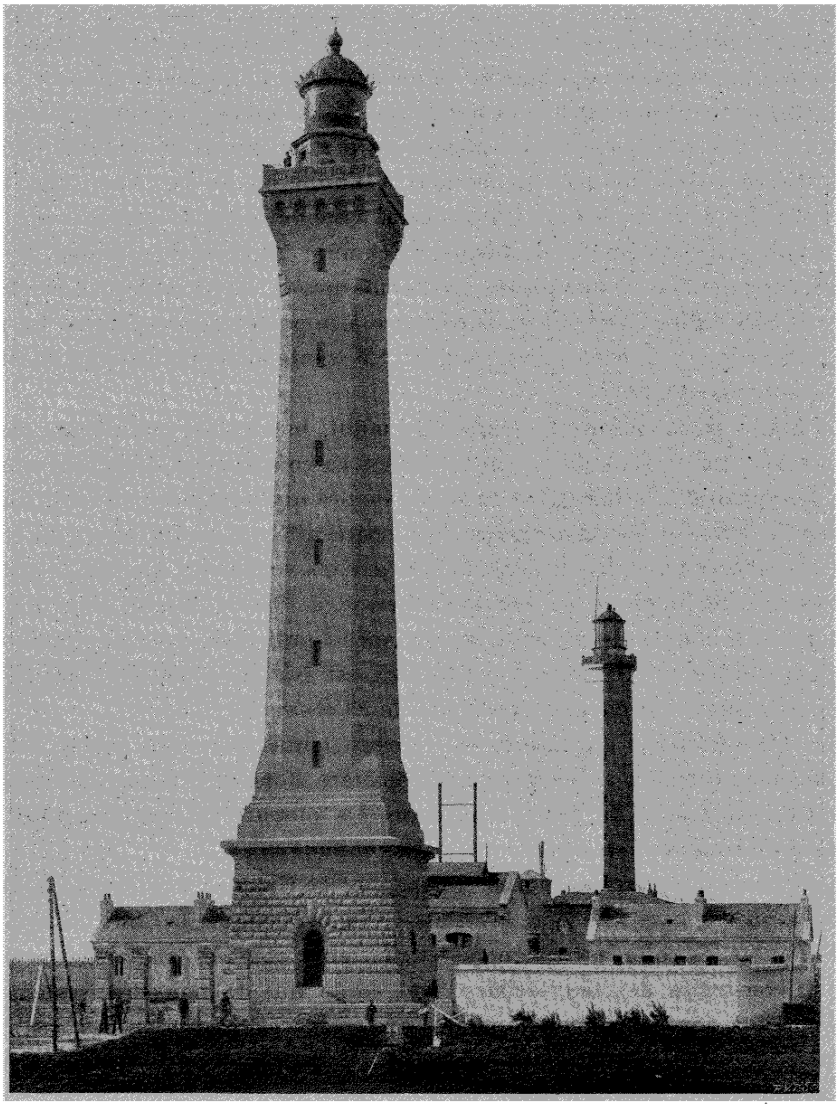


Fig. 24. — Feu-éclair électrique d'Eckmühl à la pointe de Penmarch (Finistère).

MM. Sautter, Harlé et Cie sur des appareils très variés, par une méthode précise, due à M. A. Blondel, et que j'ai pu rendre pratique (1), m'ont donné des

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 31 janvier 1898.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

chiffres un peu plus élevés, qui oscillent entre 1 400 et 1 700 becs Carcel par centimètre carré.

Quoi qu'il en soit, s'il reste encore des progrès à accomplir, les travaux des ingénieurs des phares français ont conduit à une amélioration considérable du rendement des appareils optiques et en général de la puissance lumineuse, et les résultats obtenus permettent d'affirmer que nous ne sommes dépassés par personne.

Nous avons sur nos côtes les phares les plus puissants qui aient été établis jusqu'ici. Je ne reviens pas sur les feux à l'huile ou au bec Auer, qui, toute choses égales, sont supérieurs à tout ce qui a été fait dans ce genre.

La puissance du phare électrique d'Eckmühl dépasse 3 millions de becs Carcel, correspondant à une portée, par temps moyen, de 55 milles, et, par temps clair, de 133 milles marins, bien supérieure à la portée géographique. La puissance électrique dépensée correspond à $7^{chx},5$ seulement. La distance focale de l'optique est de $0^{m},30$.

La figure 24 représente le phare d'Eckmühl, bien connu maintenant par les nombreuses descriptions qui en ont été faites. La construction de la tour, comme celle des appareils d'éclairage et du signal sonore qui y est joint, en font, suivant le désir de la fondatrice, la marquise de Blocqueville, un chef-d'œuvre du genre. Sans chercher à amoindrir les efforts faits par nos voisins les Anglais, je me permettrai de citer le phare de Sainte-Catherine, à l'île de Wight, l'un des plus brillants de la côte anglaise, dont la puissance lumineuse, avec une optique de deuxième ordre ($0^{m},70$ de distance focale), est évaluée à 600 000 becs Carcel, et qui consomme une énergie électrique de 23 chevaux.

Les feux-éclairs à l'étranger. — Comme toutes les idées justes, l'invention des feux-éclairs n'a pas tardé à se répandre hors de France, au bénéfice de notre industrie et de notre réputation. La plupart des nations maritimes ont suivi l'exemple donné par notre pays.

En Europe : la Russie, l'Italie, l'Espagne, la Grèce, l'Allemagne, le Danemark, la Suède; hors l'Europe, les États-Unis, le Mexique, le Chili, le Japon, la Chine, toutes les colonies espagnoles et plusieurs colonies anglaises ont établi ou font construire des feux-éclairs. Nul doute que le nouveau système ne vienne peu à peu remplacer les phares ordinaires, et, dans tous les cas, il est maintenant adopté presque exclusivement lorsqu'il s'agit d'installer un éclairage qui n'existait point encore.

Pour ce qui est de l'Angleterre, la prudence de nos voisins, si justifiée par l'importance considérable de leur commerce maritime, ne les a pas encore engagés à adopter d'une manière générale l'invention de M. Bourdelles.

Toutefois, la figure 25, qui représente l'un des derniers appareils optiques établis par l'honorable corporation de Trinity-House, montre que les idées nouvelles rencontrent une faveur grandissante.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L'optique de premier ordre représentée est à groupe à deux éclats, constitués chacun par deux lentilles embrassant 90°, soit en tout quatre lentilles.

Nous voici loin de l'ancien système qui n'exigeait pas moins de seize lentilles pour la même apparence.

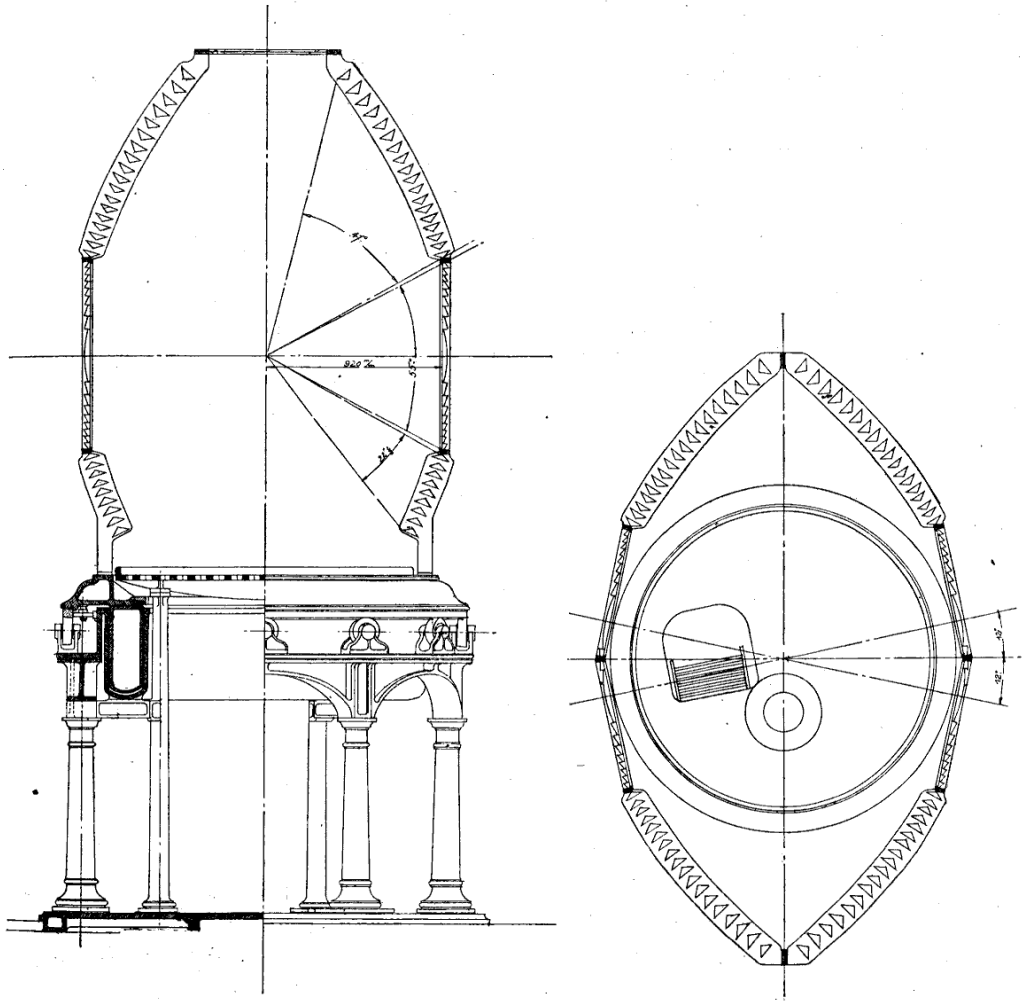


Fig. 25. — Feu-éclair à huile minérale, type de l'Honorable Corporation de Trinity-House. Phare de Lundy-Island.

La suspension est mixte, sur un bain de mercure et sur un chariot de galets. Le roulement sur galets n'a donc pas encore été abandonné, mais il n'est plus destiné qu'à équilibrer une portion du poids de la partie mobile.

L'Administration des Phares d'Écosse a adopté une autre solution, représentée

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sur la figure 26. L'appareil hyperradiant (1m,33 de distance focale), à groupe de trois éclats, est formé de neuf lentilles en trois groupes embrassant chacune 120°. Cette solution, avec bec à six mèches par exemple, correspondrait à une puissance de 16 000 becs environ. On pourrait obtenir le même résultat, avec le même brûleur, en employant une optique de feu-éclair de premier ordre, de 0m,92 de distance focale seulement, avec trois lentilles symétriques de 72°, comme celle de la figure 18, mais il est évident que l'appareil de feu-éclair, pour la même durée d'éclipse entre les groupes, doit tourner trois fois plus vite.

Feux permanents. — Les feux-éclairs ne s'appliquent pas seulement aux

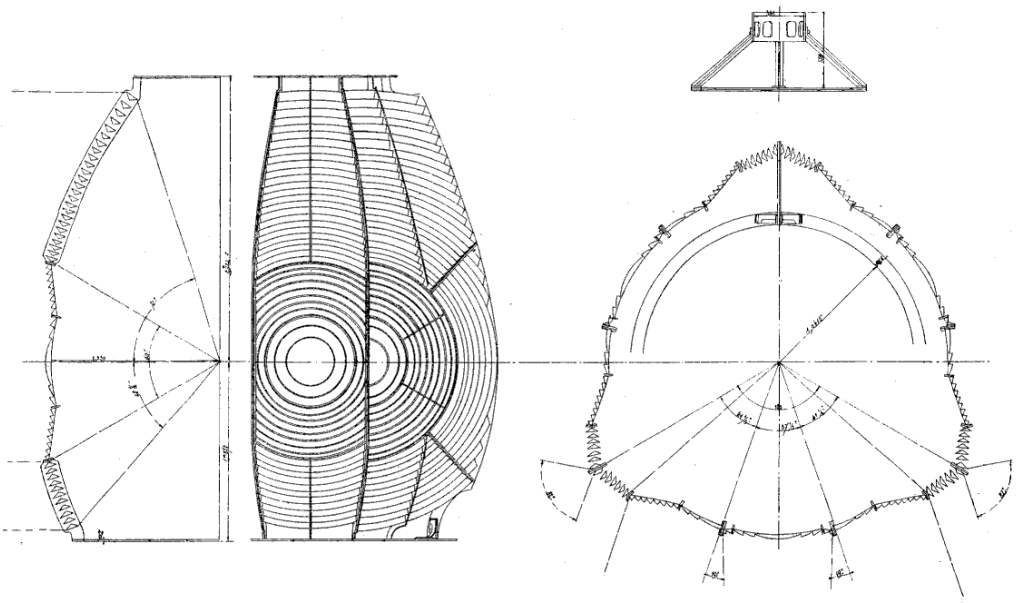


Fig. 26. — Appareil hyperradiant à groupes de trois éclats avec neuf lentilles.
Type du *Northern Lighthouse Board.*

éclairages d'une certaine importance. Ils ont pu être introduits dans les feux dits « permanents », qui constituent une innovation particulièrement heureuse de l'Administration française.

On sait que, sur les points difficilement accessibles, il est quelquefois indispensable d'établir un éclairage pour indiquer les dangers à la navigation côtière. L'obligation d'entretenir un feu avec un gardien rend les solutions ordinaires trop coûteuses.

Après de longues recherches, le Service des Phares et citons à ce propos les essais de M. le conducteur principal Fricero est arrivé à faire brûler des lampes à pétrole pendant une durée de plusieurs mois sans qu'il y ait lieu de visiter la mèche.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Feu-éclair permanent.

Feu permanent fixe.

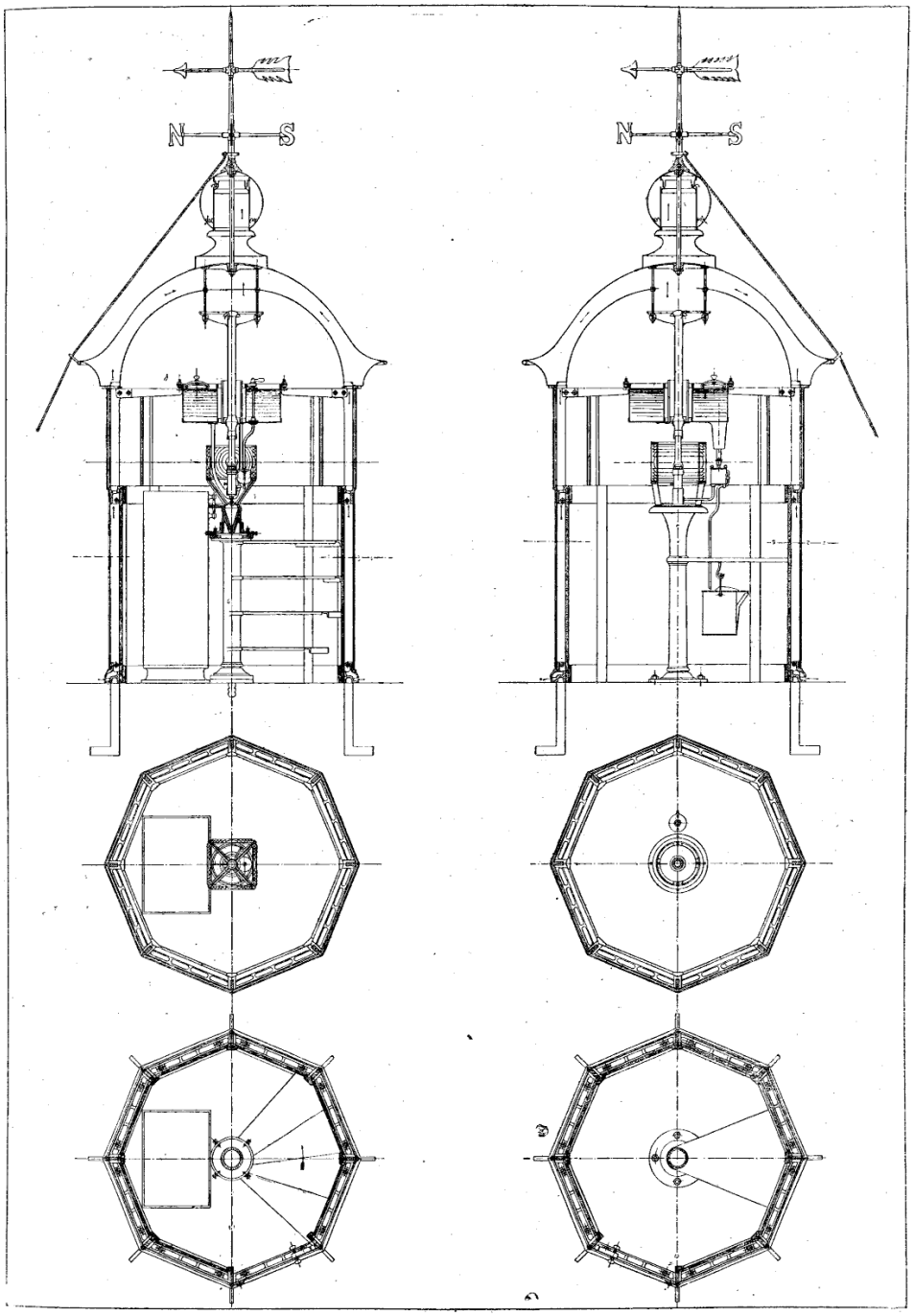


Fig. 27. — Feux permanents.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ce procédé a permis de multiplier les feux de petit atterrissage. La figure 27 montre un semblable appareil, avec optique de feu fixe. A gauche, se trouve un feu-éclair pour le même objet. L'optique est supportée par un flotteur minuscule, et le mouvement lui est communiqué à l'aide d'un mécanisme de rotation à ressorts pouvant fonctionner un temps prolongé.

Le Service des Phares remplace ingénieusement le mécanisme à ressorts par un petit moteur électrique alimenté à l'aide de quelques piles. On arrive ainsi à fonctionner pendant trois mois avec une dépense de 0 ampère 150 sous 4 volts.

La partie intéressante du système est la régulation du moteur, dont la vitesse lente (1 tour en 10 secondes) a obligé l'emploi d'un frein électro-magnétique, imaginé par M. l'ingénieur Blondel.

En faisant tourner ces petites optiques sur une cuve à mercure, on a pu, de cette manière, obtenir un certain nombre d'apparences nouvelles et créer une série de feux-éclairs de petit modèle qui sont appelés à rendre les plus grands services aux navigateurs.

En terminant cet exposé, forcément incomplet, il est intéressant de constater que tous les grands progrès accomplis dans ce siècle pour l'éclairage des côtes sont dus aux ingénieurs et aux constructeurs français. Notre supériorité, dans cette branche si bienfaisante des applications de la science à l'outillage général, est due en grande partie à la collaboration qui s'est établie entre le Service central des Phares, installé à Paris, et les ateliers de construction situés dans la même ville.

Une administration intelligente, encourageant les idées nouvelles, tout en conservant les traditions d'ordre et d'économie, nous a maintenu au premier rang.

Si les progrès ont été considérables, nul doute que l'avenir nous en réserve encore d'autres, conquis par de nouveaux efforts.

Comme Gœthe le disait en mourant, l'humanité toujours plus insatiable dans sa marche en avant nous répète aussi : « De la lumière, encore plus de lumière. »

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

PROGRAMME DES PRIX

PROPOSÉS PAR LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE A DÉCERNER DANS LES ANNÉES 1899 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 :

	A l'effigie		A l'effigie
1899. Agriculture.	de Thénard.	1902. Arts mécaniques.	de Prony.
1900. Arts économiques.	d'Ampère.	1903. Arts chimiques.	de Lavoisier.
1901. Commerce.	de Chaptal.	1904. Architecture et Beaux-Arts.	de Jean Goujon.

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;* — en 1897, pour les arts chimiques, à M. *Osmond.*

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 reservés 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 1904.

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 reservés 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 1902.

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 reservés 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 reservés 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 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.

2° **Prix de 2000 francs** *pour une étude des coefficients nécessaires au calcul mécanique d'une machine 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, outre le prix précédent des *moteurs légers,* le prix ci-après :

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

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

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.

3° **Prix de 2 000 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 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.

4° **Prix de 2 000 francs** *pour une étude sur la production des machines-outils façonnant les métaux.*

Cette étude devra porter sur des machines d'une application générale, telles que tours, fraiseuses, raboteuses. On pourra la limiter à une catégorie seulement de ces appareils. Elle devra indiquer, pour chaque machine étudiée, le poids de métal enlevé, en un temps déterminé, dans un travail de dégrossissage aussi simple que possible, tel que le tournage d'un cylindre. Le métal travaillé sera un acier doux de qualité bien définie. On donnera tous les détails utiles sur les machines essayées, sur les outils coupants employés, sur la vitesse, la prise, le serrage. Il sera bon, si on le peut, de mesurer la puissance motrice consommée.

Les observations relatives à un type d'appareils seront d'autant plus intéressantes qu'elles porteront sur un plus grand nombre de machines.

Ce prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1899.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

5° et 6° **Deux Prix de 2 000 francs** *chacun, relatifs à la locomotion automobile sur routes.*

Les concours qui ont lieu depuis deux ans montrent que la locomotion automobile sur routes et sans rails a pris en France une grande extension,

Le Conseil de la Société pense qu'il y a lieu d'encourager autant qu'il le peut cette industrie essentiellement nationale et propose les deux prix ci-après :

1° *Premier prix de 2000 francs, applicable à la locomotion automobile sur routes dans les villes.*

La voiture devra porter deux ou un plus grand nombre de personnes; elle sera en état de monter, à la vitesse de 6 kilomètres à l'heure, des rampes de 12 centimètres par mètre; elle ne rejettera dans l'atmosphère ni vapeur, ni fumée, ni gaz délétère ou de mauvaise odeur. La voiture sera électrique, à air comprimé, à gaz ou de tout autre système répondant aux conditions précédentes.

Elle pourra s'approvisionner de force dans des stations répandues en divers points de la ville et devra, avec une charge, être en état de fournir un parcours de 40 kilomètres.

2° *Deuxième prix de 2000 fr., applicable à la locomotion automobile en campagne.*

La voiture devra porter deux ou un plus grand nombre de personnes; elle sera en état de monter, à la vitesse de 6 kilomètres à l'heure, des rampes de 15 centimètres par mètre.

La machine ne devra nécessiter, pour sa marche, que des matières se trouvant dans toutes les villes, telles que coke, pétrole, essence, charbon, etc. Elle n'aura pas besoin de s'alimenter dans des stations de production de force.

Pour les deux prix précédents, il ne sera tenu compte que des voitures réellement construites et ayant déjà fourni un certain parcours. Les projets ne seront pas examinés. La voiture devra offrir, dans sa machine ou sa transmission, une nouveauté de l'invention de l'ingénieur qui la présente. Le Conseil de la Société d'Encouragement pourra faire les essais qui lui conviendront pour s'assurer de la facilité d'entretien de la machine, de la voiture, de son obéissance et de sa flexibilité, et aussi du prix de revient du kilomètre parcouru.

Ces prix seront délivrés, 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.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Certaines 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 2000 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 perfectionnements. 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 1899.

3° **Prix de 2000 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

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

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 1899.

4° **Deux Prix de 500 francs** *chacun, pour des recherches scientifiques de chimie, dont les résultats seront jugés de nature à être utiles à l'industrie.*

Les recherches doivent avoir un caractère exclusivement scientifique. Leurs auteurs ne sont pas tenus d'avoir réalisé les applications pratiques qu'ils peuvent entrevoir comme résultant de leurs observations; mais il leur est recommandé de faire porter leurs mesures sur les réactions ou sur les propriétés des corps dont la connaissance peut intéresser telle ou telle des industries chimiques.

Ces prix seront décernés, s'il y a lieu, en 1899.

5° **Prix de 2000 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 généra-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

lement 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 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 2000 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

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

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 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 la decouverte 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 produc-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tion 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.

9° **Prix de 2000 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'attribution. 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.

10° **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.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

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 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 1901.

11° **Prix de 2000 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.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

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.

12° **Prix de 2000 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.

13° **Prix de 2000 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.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS ÉCONOMIQUES

1° **Prix de 2000 francs** *pour l'invention de procédés nouveaux permettant d'utiliser pour l'éclairage et le chauffage, le pétrole pesant au moins* 0^{k},800 *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 1899.

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 volatiles, 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 1899.

3° **Prix de 3000 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 com-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

position 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 1899 à l'auteur d'une méthode réalisant des perfectionnements importants sur les méthodes actuelles.

4° **Prix de 3000 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 1899.

5° **Prix de 2000 francs** *pour une lampe électrique à incandescence ayant, au maximum, une intensité de deux bougies décimales et fonctionnant, avec un dixième d'ampère, sous* 100 *volts de différence de potentiel.*

Les lampes à incandescence actuelles ont une intensité lumineuse de 8, 10, 16 ou 20 bougies. Ces unités, qui conviennent bien pour l'éclairage des magasins, des théâtres, des cafés et de certaines parties des appartements, sont trop fortes pour les petits locaux et même pour les grandes pièces où l'on a besoin d'une lumière discrète ne fatiguant pas la vue. On peut, il est vrai, réduire l'intensité des lampes ordinaires en les dépolissant plus ou moins, ou en intercalant des résistances dans leurs circuits. Mais la dépense, pour une intensité donnée, se trouve augmentée; les lampes dépolies se salissent très rapidement et les rhéostats compliquent l'installation.

Des lampes électriques de très faible intensité permettant d'éclairer les salons comme ils l'étaient avec des bougies stéariques, fatigueraient moins les yeux et seraient souvent d'un meilleur effet décoratif que les foyers plus puissants. Ces lampes pourraient servir de veilleuses et elles conviendraient également bien pour les couloirs et les pièces de dégagement. La fabrication de lampes à haut voltage et à faible intensité constituerait donc un progrès réel dans l'éclairage par l'électricité.

Le prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1899.

Si le problème n'est pas résolu entièrement, la Société se réserve de tenir compte des résultats obtenus dans la voie indiquée.

6° **Prix de 2000 francs** *pour un ensemble d'appareils électriques applicables à un commerce ou à une petite industrie.*

L'utilisation de l'énergie électrique pour les usages courants de la vie domestique et pour le service de la petite industrie se généralise de plus en plus, et des applications spéciales en ont été faites déjà dans un assez grand nombre de cas en France et à l'étranger.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Nous citerons notamment les appareils établis depuis longtemps dans un grand restaurant de Paris pour le lavage de la vaisselle, des installations de moteurs électriques pour machines à coudre, métiers à tisser, et réalisées dans des cités ouvrières et des immeubles spéciaux, à Paris et à Lyon, des applications aux besoins d'exploitations agricoles faites en Italie, enfin des installations diverses faites en Allemagne, chez de petits commerçants, pour les opérations de vente et de débit de certaines denrées (1).

Il y a un intérêt, pour les petites industries et le commerce des grandes villes, où l'on peut disposer aujourd'hui avec facilité de distribution d'énergie électrique, de voir se multiplier ces applications et de créer des types nouveaux d'appareils et d'outils appropriés aux diverses opérations qui s'exécutent actuellement encore à la main dans la pratique de la vie journalière.

Un prix de 2000 francs sera décerné, s'il y a lieu, en 1900, à l'auteur d'un ensemble d'appareils ou d'outils mus par l'électricité, répondant aux vues qui précèdent et s'appliquant à un commerce spécial ou à une petite industrie déterminée, manufacturière, agricole ou autres.

7° **Prix de 2000 francs** *pour un appareil de chauffage à vapeur applicable aux appartements isolés.*

Les appareils de chauffage des appartements par l'emploi de la vapeur à basse pression ont déjà reçu, à Paris et dans ses environs, des applications assez nombreuses soit pour des immeubles neufs, soit pour des constructions anciennes (2).

Les différents types réalisés de ces appareils sont d'une application facile quand il s'agit d'immeubles entiers ou de pavillons isolés, dans lesquels on peut ménager, entre l'appareil vaporogène et les radiateurs, des différences de niveau suffisantes pour assurer le retour de l'eau de condensation à la chaudière; mais ils ne peuvent s'installer avec la même facilité pour le chauffage d'un nombre restreint de pièces situées de plain-pied et ne constituant qu'une partie d'un immeuble.

Il y aurait intérêt, pour améliorer le chauffage des nombreux appartements de ce genre qui existent en France, et notamment à Paris, à réaliser un type d'appareil de chauffage à vapeur pouvant être installé, par les locataires, dans ces appartements, avec la même facilité que les appareils à gaz par exemple.

Un prix de 2000 francs sera décerné, s'il y a lieu, en 1900, à l'auteur du meilleur système d'appareil de ce genre satisfaisant à ces conditions.

(1) Voir *Rapport* de M. Charles Bos au Conseil municipal de Paris et le *Bulletin international d'électricité* du 1er janvier 1898.

(2) Voir *Bulletin* 1896, p. 195. Rapport de M. Henri Rouart.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

AGRICULTURE

1° **Prix de 2000 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 connues. 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 1899.

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

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

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.

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 1899.

4° **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 reservés 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 qualité 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 1899.

5° **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 reservés 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.

6° **Prix de 1500 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.

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.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

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.

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 1900.

7° **Prix de 3000 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

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

des vignes détruites par le phylloxéra. 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 3000 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 1900.

8° **Prix de 1000 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 1899.

CONSTRUCTIONS ET BEAUX-ARTS

1° **Prix de 3000 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* 1899.

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

(1) *Bulletin* de la Société d'Encouragement, octobre 1886, page 510 et suivantes.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

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 rappelait 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.

(1) *Bulletin* de la Société française de photographie. Avril 1859.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

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 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 1899.

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 1900.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

2° **Prix de 1500 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 1500 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 reservés 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 favoriser les recherches utiles à l'industrie et 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 reservés 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 DUMAS

Ces médailles ont été instituées en 1897 — sur l'initiative de M. Aimé Girard — 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 industriel ou agricole.

Pour concourir à cette récompense, les seules conditions à remplir sont d'appartenir à la nationalité française et d'être présenté à la Société par les personnes auxquelles appartiennent les établissements dont les concurrents font partie.

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.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

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.

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 reservés au Cnam et à ses partenaires

MÉTALLURGIE

NOTES SUR LA SIDÉRURGIE EN AMÉRIQUE, D'APRÈS **M. A. P. Head** (1).

Les principales mines de fer des États-Unis se trouvent à l'est du Mississipi, comme ont le voit sur la carte figure 1, où l'on a indiqué en hachures la production annuelle des minerais et en noir celle de la fonte. La grande masse des minerais provient des États du Minnesota et du Wisconsin, au bord du lac Supérieur, puis vient l'Alabama. La Pennsylvanie tient le premier rang pour la production de la fonte. Les cinq prin-

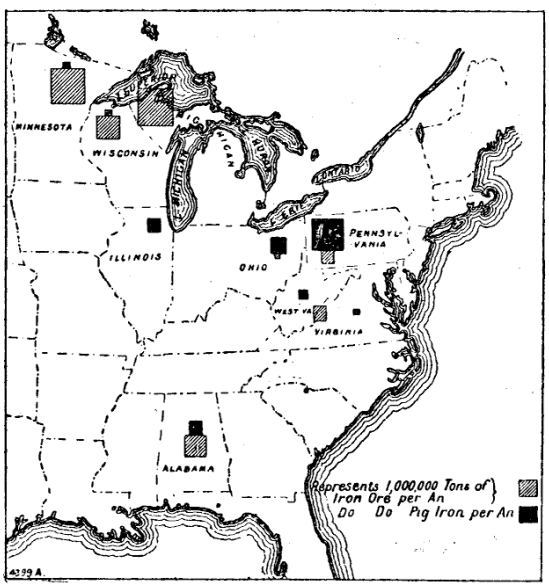


Fig. 1.

cipaux districts du lac Supérieur, pour la production des minerais de fer, sont ceux de Marquette, Menominee, Gogebic, Vermillon et Mesabi, ce dernier découvert en 1892. Le tableau ci-contre donne la composition moyenne de ces minerais. On peut les utiliser pour le Bessemer jusqu'à une teneur de 0,065 p. 100 de phosphore (et 0,1 p. 100 dans la fonte). L'exploitation de ces mines est, en général, très peu coûteuse, princi-

(1) Mémoire présenté au *South Staffordshire Institute of. Iron and Steel Works'Managers* (*Engincering*, 15 avril 1898, p. 481.)

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

palement au Mesabi, ou elle coûte environ 0 fr. 75 par tonne de minerai extraite au moyen d'excavateurs à vapeur.

Mines de.	Vermillon.	Gogebic.	Menominee.	Mesabi.	Marquette.
Fer.	65,018 p. 100	60,72	56,294	62,22	61,52
Phosphore.	0,082	0,051	0,087	0,044	0,097
Silice.	3,898	3,635	11,776	3,779	6,486
Manganèse	0,043	2,445	0,238	0,596	0,362
Alumine	1,205	1,495	1,278	1,213	1,996
Chaux.	0,481	0,175	1,611	0,412	0,718
Magnésie	0,176	0,115	1,826	0.12	0,496
Soufre	traces.	0,016	0,004	traces.	0,014
Matières organiques et volatiles.	2,223	9,005	3,930	10,709	2,308

Presque tout le minerai du lac Supérieur est fondu dans l'Ilinois, l'Ohio et la Pennsylvanie. On l'amène par bateaux spéciaux à Cleveland, d'où on l'expédie par chemin de fer dans la vallée de Mahoning et de Shenango (Ohio) et à Pittsburg. On en envoie aussi beaucoup par les lacs à Illinois Steel C°, de Chicago.

Bateaux pour minerais. — Le tirant des bateaux ne doit pas dépasser 4^{m},80 pour les canaux. Ils doivent avoir de nombreuses écoutilles pour faciliter les manutentions et être assez solides pour résister aux terribles tempêtes des lacs. Ceux de 3 000 tonneaux ont 130 mètres de long $\times$ 14^{m},50 de large, avec des fonds presque plats, et leurs

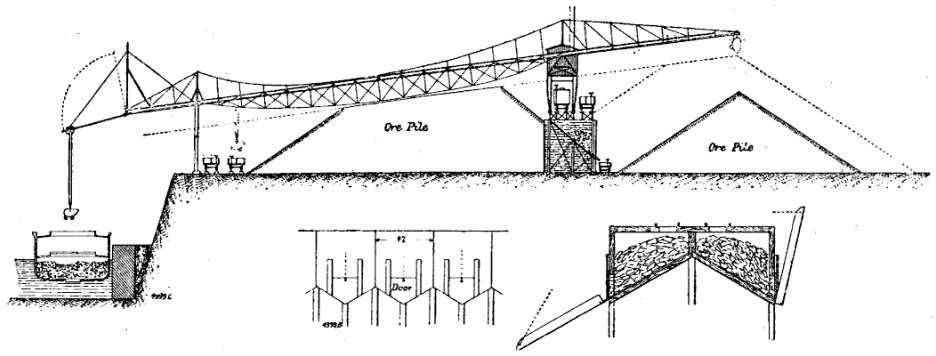


Fig. 2 et 3. — Déchargement et chargement de minerais.

écoutilles fermées par des panneaux de consolidation. Aux quais d'embarquement, les wagons déchargent le minerai dans des trémies espacées, de 3^{m},60 (fig. 3) renfermant chacune 60 tonnes, et qui se déchargent automatiquement dans le bateau en ouvrant leur porte; on décharge ainsi onze trémies paires dans les onze écoutilles du bateau, que l'on fait ensuite avancer de 3^{m},60, puis on y décharge les onze trémies impaires, soit en tout vingt-deux trémies, ou 1 320 tonnes; le bateau passe ensuite à une autre série de trémies, on a pu ainsi charger jusqu'à 3 200 tonnes en cinquante-cinq minutes au quai d'Askland.

A Chicago et à Cleveland, le déchargement des bateaux s'opère très vite, au moyen plus exclusif des convoyeurs de la Brown Hoisling C° (fig. 2) qui se déplacent sur des rails le long du quai et déchargent automatiquement leurs bennes au point que l'on veut de leur

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pont roulant, dont le remplissage dans le navire se fait à la main, avec de grandes pelles en bois. Chacune de ces machines à trois bennes, peut décharger environ 250 tonnes par heure (1).

Emplacement des hauts fourneaux. — Les minerais du lac Supérieur renferment 60 p. 100 de fer, de sorte qu'il en faut 1 tonne trois quarts par tonne de fonte, et l'on dépense, pour fondre cette tonne, moins d'une tonne de coke. On voit, qu'au point de vue du transport seul, il faudrait placer les hauts fourneaux plus près du minerai que du coke. Le centre le plus important de production du coke est Connellsville (fig. 4), ville à 80 ki-

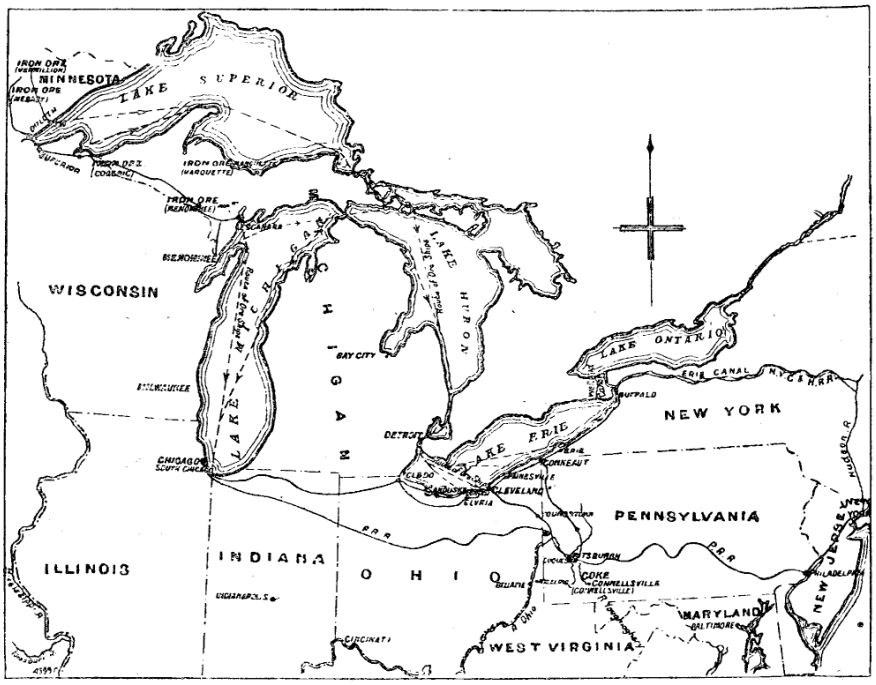


Fig. 4.

lomètres au sud de Pittsburg; mais, en raison du bas prix des frets sur les lacs, la meilleure situation n'est pas tout auprès des mines, comme s'il n'y avait que des chemins de fer, mais dans un port des lacs aussi près que possible de Connellsville, — au sud du lac Érié, par exemple, — comme à Lorain, siège choisi pour ses usines par la Johnston Steel C°. Pittsburg est à 250 kilomètres des mines et à 80 kilomètres de Connells ville ; on y fait pourtant beaucoup de fonte, grâce aux moyens de transport spécialement installés à cet effet. C'est ainsi que la Compagnie Carnegie a construit de Conneaut, sur le lac, à Pittsburg, un chemin de fer de 25 kilomètres, exclusivement destiné au transport des minerais, qui s'effectue au prix très bas d'environ 1 centime par tonne-

(1) Voir *Engineering Magazine*, septembre 1897, p. 872. Le mémoire de V. Winchell « Characteristic American Mines ».

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

kilomètre. Les locomotives très puissantes, à cylindres de 560 × 710, et timbrées à 14 kilos, pèsent, avec leur tender, 130 tonnes, et peuvent remorquer un train de 600 tonnes à la vitesse de 50 kilomètres. Les wagons en acier et à trémies (fig. 5) pèsent 15 tonnes et peuvent en porter 45.

Fontes de l'Alabama. — Depuis dix ans, le district de Birmingham (Alabama) est devenu un centre très important de production de fonte. Situé entre les houillères du Warrior (fig. 6) et les mines de fer des Red Mountains, on y trouve presque partout sous la main à la fois le fer et le charbon. Les minerais de fer sont l'hématite rouge à 35 p. 100 de fer et 31 p. 100 de chaux, et le minerai siliceux à 50 p. 100 de fer et 20 p. 100 de silice. Leur mélange à 30 p. 100 de fer se fond sans addition de castine. Prix 2 fr. 50 à 3 francs la tonne, livrés aux hauts fourneaux ; leur extraction, presque toujours à ciel ouvert, est très peu coûteuse. Prix du coke, 8 fr. 90 à pied d'œuvre. Le coke se fabrique tout près des hauts fourneaux. La main-d'œuvre nègre est très économique et

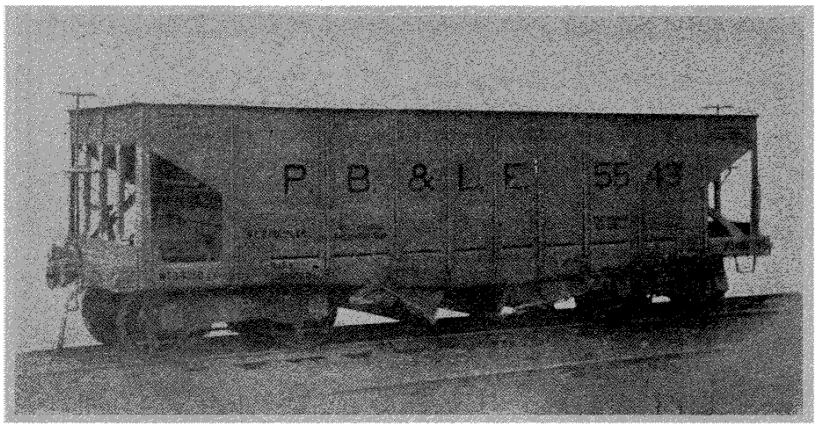


Fig. 5. — Wagon en acier et à trémies pour le transport des minerais.

à l'abri des grèves. La fonte se vend, en conséquence, 30 francs la tonne sur wagons. Pour l'exporter en Europe, on l'amène par chemin de fer à Pensacola (distance 310 kilomètres) pour 5 fr. 60 la tonne, d'où elle est amenée à Liverpool, comme lest des chargements de coton et à des prix insignifiants, de manière a pouvoir y supplanter les fontes du Cleveland. C'est néanmoins un commerce encore mal assis.

Les hauts fourneaux. — Les hauts fourneaux américains sont caractérisés par leurs dimensions moyennes, grands foyers, haute pression de vent et grand débit. Les machines soufflantes vont toujours à la même vitesse, débitant toujours la même masse d'air à des pressions variant avec les résistances aux tuyères. L'installation de Mahoning Valley, que l'on peut prendre comme type, comprend deux hauts fourneaux de 23 mètres de haut sur 6 mètres de diamètre au ventre, 3 mètres au cœur, avec chacun trois fours à vent chaud de 21 mètres de haut sur 6 mètres de diamètre. Débit, 250 tonnes de fonte par jour et par fourneau. La machine soufflante fait 90 tours par minute; la pression de l'air varie de $0^{kg},6$ à $0^{kg},8$. Le garnissage dure quatre ans, correspondant à une production de 270 000 tonnes de fonte ; ceux des hauts fourneaux anglais durent dix-huit ans (500 000 tonnes). On coule toutes les six heures. Le minerai du lac Supérieur est à

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

63 p. 100 de fer. La fonte, bonne pour le Bessemer, a 0,1 p. 100 de phosphore, 0,05 de soufre, 1 à 2 p. 100 de silicium, 0,6 p. 100 de manganèse.

Cette production, courante en Amérique, a été notablement dépassée dans les installations nouvelles, comme celle de Duquesne, — Compagnie Carnegie, — qui comprend quatre hauts fourneaux de 30 mètres de haut sur $6^m,60$ au ventre et $4^m,20$ au cœur ; capacité, 708^{m3}, inférieure à celle ($1\,000^{m3}$) des hauts fourneaux de Middlesboroug, qui ne produisent que 950 tonnes de fonte par semaine, tandis que la production des fourneaux de Duquesne atteint 4 900 tonnes par fourneau. Le minerai est déchargé dans un magasin de 600 000 tonnes, desservi par trois transporteurs électriques (fig. 7), et le chargement des hauts fourneaux s'opère d'une façon presque entièrement automatique.

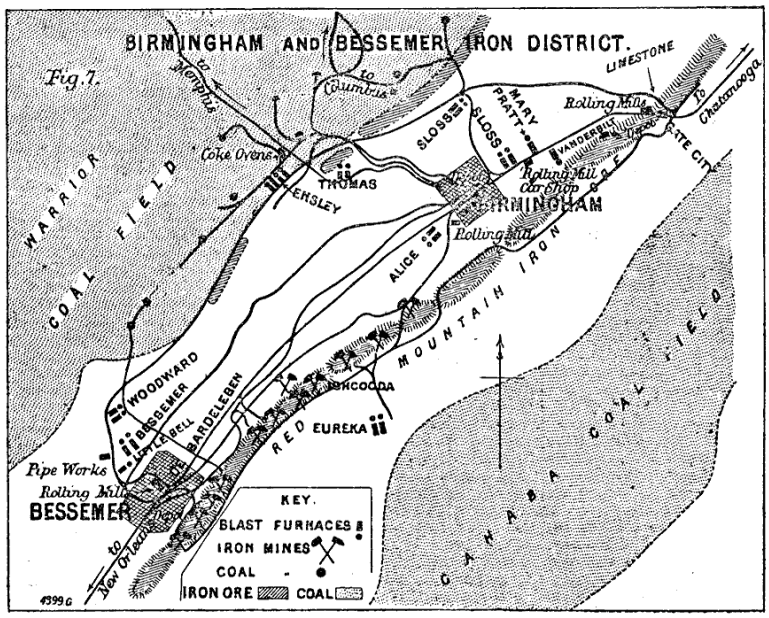


Fig. 6.

Les machines soufflantes, à 21 tours par minute, compound et à condensation, donnent, à 1 kilo ou $1^k,8$, le vent chauffé à 500° par des fours Kennedy Copper de $6^m,30 \times 30$ mètres de haut. On emploie, par tonne de fonte, 1 tonne 1/3 de minerai, 770 kilos de coke, 600 kilos de chaux.

Le prix moyen d'un haut fourneau américain de 2 000 tonnes par semaine, avec ses accessoires, est d'environ 1 500 000 francs. En Angleterre, une paire de hauts fourneaux du Cleveland pouvant faire chacun 1 000 tonnes par semaine avec des minerais d'Espagne à 50 p. 100 de fer, coûte aussi 1 500 000 francs. Les Américains réduisent le plus possible la main-d'œuvre par les machines. A Duquesne, elle est de 2 francs par tonne de fonte. On peut néanmoins penser qu'il y aurait peut-être avantage à doubler le nombre de ces hauts fourneaux et à réduire de moitié leur production en diminuant presque d'autant leur usure.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On emploie à Duquesne la machine Uehling (1), qui permet de couler la fonte sans sable (2) sur un transbordeur continu, économise 0 fr. 50 de transbordement par tonne de fonte et donne une fonte vendue 1 fr. 25 de plus par tonne. Cette machine peut

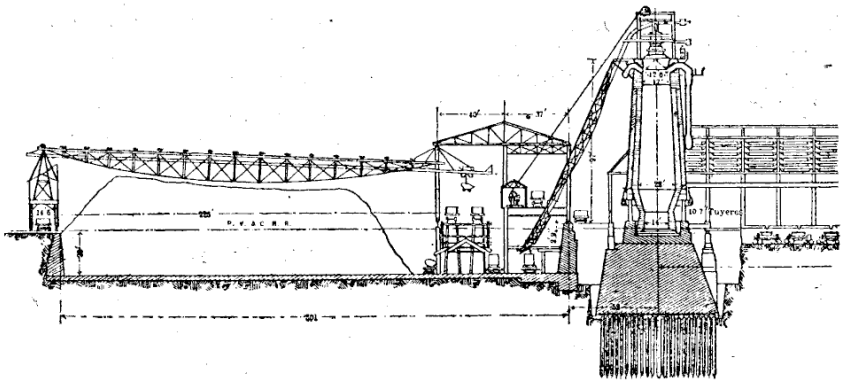


Fig 7. — Transbordeur des hauts fourneaux de *Duquesne*.

fournir 1 500 tonnes en vingt-quatre heures ; elle est commandée et entretenue par trois hommes.

Les scories sont en général versées fondues sur le tas parfait, comme en figure 8, par des wagons que la locomotive elle-même fait basculer au bout du parcours.

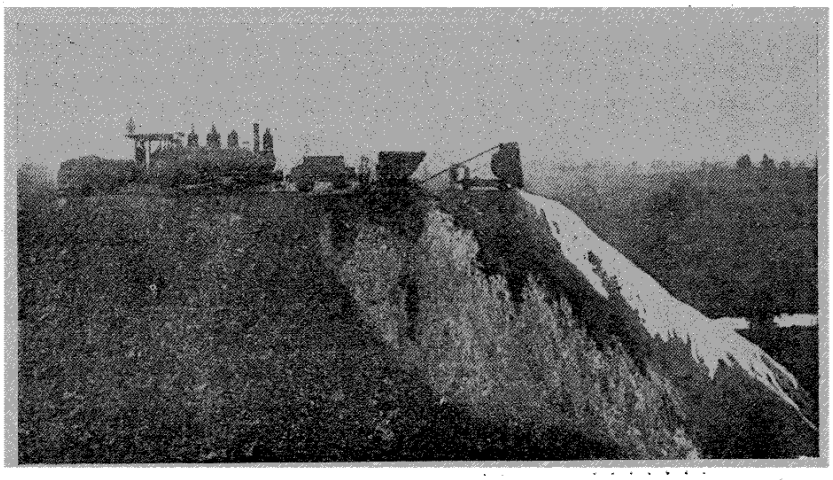


Fig. 8. — Décharge des scories.

Les mélangeurs (Mixers). — On les emploie, aux États-Unis, comme intermédiaires entre le haut fourneau et le convertisseur, pour rendre le métal plus uniforme. Aux forges de Cleveland (Ohio), figure 9, on emploie un mélangeur de 120 tonnes, pivotant

(1) *Bulletin* de novembre 1897, p. 1527.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sur des galets sous l'action de deux pistons hydrauliques. On injecte à un bout du pétrole, de la vapeur et de l'air, pour empêcher le bain de se refroidir. Aux aciéries de l'Illinois, on emploie deux mélangeurs de ce genre, de 75 tonnes chacun. Les poches de coulée sont amenées pleines des hauts fourneaux sur une estacade de 15 mètres de haut, d'où on les déverse dans les mélangeurs, qui se vident dans des poches sur une estacade à 9 mètres, à la hauteur des convertisseurs.

Procédé Bessemer. — On n'emploie plus que le procédé acide parce qu'il y a peu de différence de prix entre les minerais phosphoreux ou non, que l'on obtient difficiles

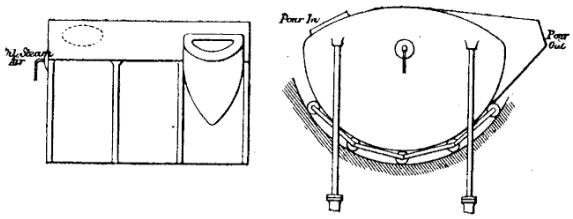


Fig. 9. — Mélangeur des forges de *Cleveland*.

ment des fontes très phosphoreuses, et qu'il n'y a pas, aux États-Unis, comme en Europe, un marché pour la vente des scories du procédé basique comme engrais. Néanmoins le procédé basique au réverbère fait une active concurrence au procédé Bessemer; ses tôles se vendent 120 francs la tonne à Pittsburg, et il est probable qu'il supplantera bientôt le Bessemer.

Comme on le voit par le tableau ci-dessous, les matières brutes et finies sont moins chères aux États-Unis qu'en Angleterre : la main-d'œuvre par semaine y est plus élevée, et la main-d'œuvre par tonne plus basse, tant on l'économise par des machines.

	Pittsburg.	Middlesboroug.
	Prix par tonne.	
	fr.	fr.
Minerai de fer	14,35 (teneur, 63 p. 100)	18,40 (teneur, 50 p. 100).
Coke	8,10	15,85
Charbon pour chaudières	3,75	3,75 à 10,30
Fonte pour Bessemer	50	62,50
Diverse	48,40	50,90
Billettes d'acier	77	100
Rails	101,65	112,58
Barres de fer	115	132,50
Tôles d'acier pour navires	115	137,50
— chaudières	138,10	162,50
Fers d'acier en H	132,50	148,15
Main-d'œuvre grossière par semaine	31,25	23,75
Tarif de chemin de fer par tonne-kilomètre	1 à 3 centimes.	6 centimes.

Un Bessemer américain comporte en général une paire de convertisseurs de 10 tonnes admirablement desservis. Une opération complète dure en moyenne vingt minutes, ce qui donne, pour ces deux convertisseurs, un débit de 40 000 tonnes par mois. La durée d'une opération peut même se réduire à neuf minutes un quart dont :

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

une minute pour le chargement, huit pour le soufflage et une minute 1/4 pour la coulée.

A Duquesne, le 31 décembre 1897, on a fait, avec deux convertisseurs, 204 coulées en vingt-quatre heures, soit quatorze minutes par coulée, et un débit de 1 928 tonnes.

Le Bessemer d'Edgar Thomson est très bien disposé pour les grands débits. Devant les quatre convertisseurs de 10 tonnes, passe (fig. 10) une voie surélevée pour les poches de coulée des hauts fourneaux, et celles des convertisseurs sont prises par deux grues à volée, une pour deux convertisseurs, qui les amènent, sur des voies radiales, au-dessus des lingotières, qui ne sont pas disposées en rond comme d'ordinaire. Ces lingotières sont disposées sur des bogies roulant sur une voie parallèle au convertisseur et amenées successivement sous la poche par un pousseur hydraulique.

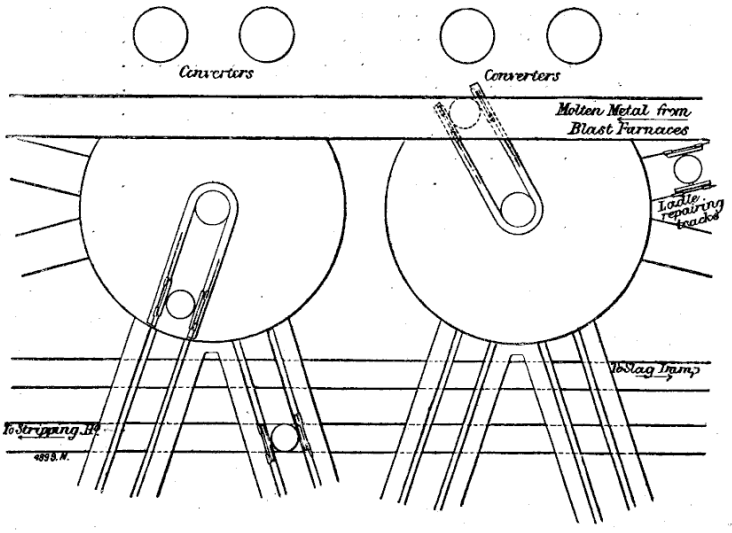


Fig. 10. — Manutention des Bessemer d'*Edgar Thomson*.

Après la coulée, la poche est descendue au-dessus d'une seconde voie, parallèle à celle des lingotières, où elle déverse ses scories dans un wagonnet spécial. D'autres voies sont disposées pour recevoir les poches à réparer. Le train chargé de lingotières est amené au bâtiment de décharge, où un pont roulant hydraulique enlève les lingotières et les place sur un train parallèle, qui les ramène au convertisseur. Cette disposition, qui dégage complètement les convertisseurs de l'encombrement des coulées, est très commode pour les grands débits.

A Duquesne, la perte de la fonte aux lingots est de 6,5 p. 100; mais on recueille la poussière ferrugineuse des convertisseurs, que l'on repasse aux hauts fourneaux, ce qui réduit la perte à 3,5 p. 100. Aux Johnson Works, à Lorain, la poche de coulée dans le convertisseur est sur une bascule qui enregistre automatiquement son poids.

Chaque paire de convertisseurs de 10 tonnes est, en général, desservie par quatre cubilots pouvant fondre chacun 300 tonnes de fonte en vingt-quatre heures, et même 500 comme à Johnson.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Réverbères. — Les progrès du procédé basique au réverbère tient à ce que l'on se procure facilement aux États-Unis des riblons plus ou moins phosphoreux et des fontes assez phosphoreuses pour exiger ce procédé, mais moins phosphoreuses et plus faciles à traiter que celles d'Angleterre. Néanmoins, un four acide donne encore deux ou trois fois plus de coulée par semaine qu'un four basique et coûte beaucoup moins cher d'entretien. On peut citer une grande aciérie qui a vingt fours basiques de 35 tonnes et pas un d'acide.

Voici la composition moyenne d'une charge de four basique pour lingots à tôles; poids total de la charge : 20 tonnes et demie.

	p. 100
Fonte basique à 0,35 ou 0,4 p. 100 Ph.	39,10
Riblons de fonte	2,17
Acier	4,34
Riblons d'acier	41,19
Minerai Vermillon à 0,1 p. 100 Ph.	2,38
Chaux	9,13
Fluorure de calcium	0,84
Chaux éteinte	0,68
Aluminium	0,008
Ferro-manganèse à 80 p. 100	0,16

On ajoute en plus, dans la poche, 200 à 450 grammes d'aluminium par tonne de métal.

Chargement des fours. — L'on emploie, dans presque toutes les grandes aciéries américaines, la machine électrique à charger les fours de Wellman (1). Cette machine exige un grand nombre de boîtes de chargement 2 000 pour une batterie de 8 fours; mais ces boîtes durent très longtemps, — 225 charges sans se déformer, — et l'emploi de cette machine permet, tout en diminuant la main-d'œuvre de moitié, d'augmenter le débit d'une ou deux coulées par four et par semaine.

Fours oscillants. — L'une des particularités de certaines aciéries américaines est l'emploi de fours basculant soit en roulant sur une voie plane, comme dans les types de Wellman et Stafford, soit en tournant autour de leur axe sur des galets, comme dans l'appareil de Campbell installé (fig. 11 et 12) aux Pennsylvania Steell Works. L'air et les gaz des régénérateurs pénètrent dans le four par des orifices à joints formés par des plaques de fonte *cc*, refroidies par une circulation d'eau, et dont on peut détacher l'entrée, pour la réparer, après une cinquantaine de charges. Le garnissage du four peut supporter 290 charges. Aux Pennsylvania Steel Works, il y a dix de ces fours, dont six de 45 tonnes, deux de 18 et deux de 5. Les grands fours ont traité des charges basiques jusqu'à de 60 tonnes. Ces charges se composent de 80 p. 100 de fonte des hauts fourneaux et 20 p. 100 de riblons. Ces fours oscillants, avec leur trou de coulée toujours au-dessus du métal et facile à garnir, permettent d'éviter facilement la rentrée de l'air et de couler vite à tout instant, ce qui est très important pour les lingots qui exigent une composition exacte de leur acier. On peut aussi couler tout le bain dans une seule poche, dont on reverse le métal seulement, ce qui permet de se débarrasser des scories trop encombrantes. Ces fours facilitent aussi le transfert du métal d'un four acide à un four basique et *vice versa*, et (fig. 13) le chargement des fours par des bacs ouverts manœuvrés de la grue.

(1) *Bulletin* de décembre 1896, p. 1667.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le four *Potter* (fig. 14) d'une capacité de 15 tonnes, oscille autour d'un axe transversal et se charge par quatre portes du haut. On le chauffe au pétrole injecté avec

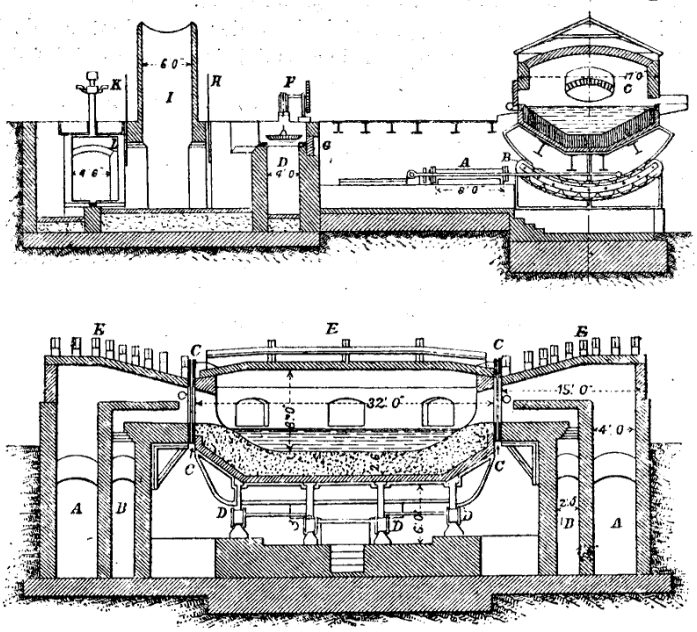


Fig. 11 et 12. — Four oscillant *Campbell*.

A, cylindres hydrauliques faisant basculer le four sur les galets B.

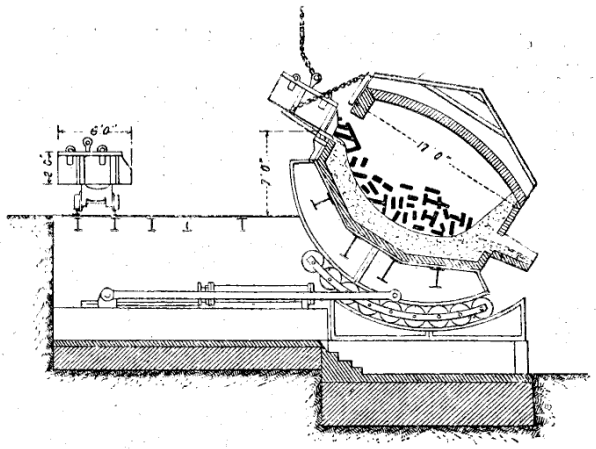


Fig. 13. — Chargement d'un four *Campbell*.

de la vapeur et de l'air chauffé au régénérateur. Un cylindre hydraulique fait basculer le four sur des couteaux en son milieu; la coulée prend son niveau dans une poche

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

d'où on la déverse aux lingotières sur wagonnets. Les lingots pour feuillards ont 40 millimètres d'épaisseur et sont laminés à 3 millimètres, sans plus de déchet que par un laminage intermédiaire en partant de gros lingots.

On emploie parfois, dans les forges américaines, des fours dont la calotte s'enlève entièrement, ce qui permet de les charger de gros débris sans être obligé de les briser à la dynamite.

Gazogènes. — L'emploi des gazogènes à joint hydraulique se répand de plus en plus. La figure 13 en représente un excellent type, avec injection d'air et de gaz sous la grille en forme de toit. Un appareil de ce genre, de $2^m,15$ de côté sur $2^m,75$ de haut, gazéifie 300 kilos de charbon par heure, avec un homme pour deux gazogènes et un nettoyeur chaque nuit. Il produit, par tonne de charbon, environ 3 700 mètres cubes de gaz à 4 p. 100 de CO^2. On dépense ainsi environ 450 kilos de charbon par tonne

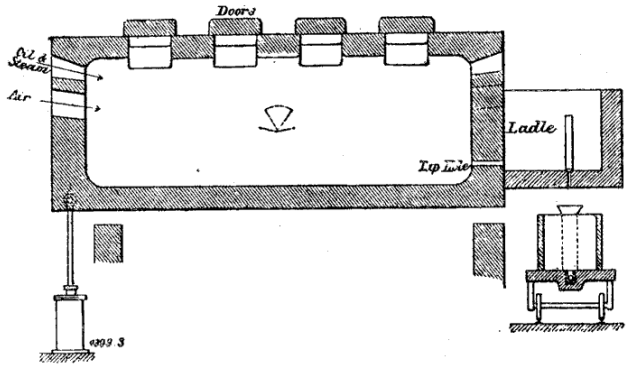


Fig. 14. — Four *Potter*.

de lingot. Avec du charbon à 7 fr. 80 la tonne et de la main-d'œuvre à 1 fr. 65 la tonne, le gaz coûte 4 centimes le mètre cube.

On emploie aussi beaucoup le gaz naturel et le pétrole, pour les fours et les chaudières. Dans le district de Pittsburg, le gaz naturel a des canalisations de 160 kilomètres ; il coûte 0 fr. 02 par mètre cube, n'exige pas de régénérateur, renferme 92, 6 p. 100 de gaz des marais (CH_4), et sa puissance calorifique est égale à sept fois et demie celle du gaz des gazogènes. Actuellement, il ne présente pas d'économie sur les gazogènes, mais il tend à devenir plus coûteux. Le pétrole est injecté au four avec un mélange de vapeur et d'air régénéré : il faut dépenser 180 kilos de pétrole par tonne de lingot. Son emploi est avantageux ou non, suivant chaque cas.

Fours à recuire. — Ils sont ordinairement verticaux, à fleur du sol, avec couvercle manœuvré à la grue hydraulique. Ils sont chauffés au gazogène avec air et gaz régénérés. Les lingots y sont introduits et relevés par des grues électriques à crochets disposés de manière à les manœuvrer dans une position concentrique aux lingotières (1).

Laminoirs. — Les laminoirs dégrossisseurs, rarement employés, sont presque toujours à deux cylindres et réversibles avec basculeurs. Il en existe un, du type universel à quatre cylindres, deux horizontaux et deux verticaux, commandés par des moteurs

(1) *Bulletin* de décembre 1896, p. 1656.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

indépendants et réversibles. Dans la pratique la plus répandue, on lamine directement le lingot en tôle, sans dégrossissage ni réchauffage, au moyen de laminoirs trios, commandés par des machines irréversibles monocylindriques, à lourd volant, détente variable et régulateur très sensible, plus économiques que les machines à deux cylindres irréversibles et à faible détente. Le rendement en tôles est de 73,3 p. 100 du poids du lingot. Les laminoirs sont du type Lauth, à cylindre médian plus petit que les autres, ce qui est d'un avantage douteux : un seul laminoir a pu fournir jusqu'à 5 000 tonnes de tôles par mois. Les galets des tables de dessertes et les vis des cages sont souvent commandés par l'électricité. On peut, par une manœuvre habile de laminage en diagonale, laminer des tôles rectangulaires en partant de lingots tra-

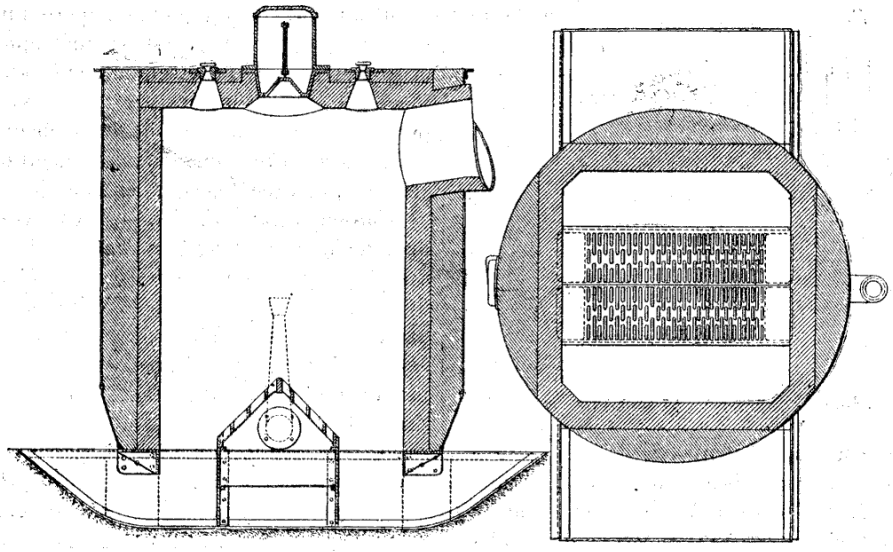


Fig. 13. — Gazogène.

pézoïdaux. Du laminoir, la tôle passe aux tables de refroidissement, constituées parfois par des roulements sur galets de 110 mètres de long, qui amènent la tôle aux cisailles assez lentement pour qu'elle y arrive refroidie (1). Après le cisaillage, les tôles passent aux laminoirs dresseurs, puis au-dessus de la fosse d'inspection, où elles sont examinées à la lumière électrique sur leurs deux faces sans avoir besoin de les retourner. Les tôles sont ensuite pesées automatiquement à la bascule hydraulique, enlevées à la grue par crochet ou par des électro-aimants et déposées dans les wagons du chemin de fer. Ces électro-aimants, qui peuvent soulever jusqu'à 50 tonnes, n'ont jamais occasionné d'accidents.

Laminoirs à rails. — En général, le lingot passe du dégrossisseur à trio et basculeur aux cisailles, qui le découpent en blocs de chacun desquels on tire trois rails de 9 mètres, par trois laminoirs ayant chacun leur moteur. Le premier et le second de ces

(1) *Bulletin* de décembre 1896, p. 1668.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

laminoirs, qui sont à trois cylindres, font chacun cinq passes et le troisième, à deux cylindres et non réversible, une seule passe. Ces trains peuvent, grâce à la perfection de leur outillage (1), faire jusqu'à 1 025 tonnes de rails en douze heures.

Dans les trios pour rails, les trois cylindres, conjugués par des pignons, sont commandés par celui du milieu, tandis que les cylindres des trios pour tôles sont entraînés par leur frottement seul, celui du milieu étant toujours le moteur.

Les cylindres de ces laminoirs à rails peuvent se changer en vingt minutes : on enlève d'un coup les trois cylindres avec leurs paliers, d'un poids de 15 tonnes environ, pour les sortir, ou rentrer ceux de rechange, tenus tout prêts. Aux forges de Lorain, on remplace, d'un coup, à la grue électrique, les cylindres et leurs cages, d'un poids de 40 tonnes. La durée totale de ce changement est d'une heure.

Sciage. — Le sciage d'un rail de 30 mètres ou plus en trois longueurs s'opère d'un coup, par quatre scies à dents symétriques et dont on règle l'écartement. On remplace parfois les cisailles par des scies ou par des disques sans dents de $2^{m},10$ de diamètre faisant 1 708 tours par minute, durant six mois, et repassés tous les trois jours.

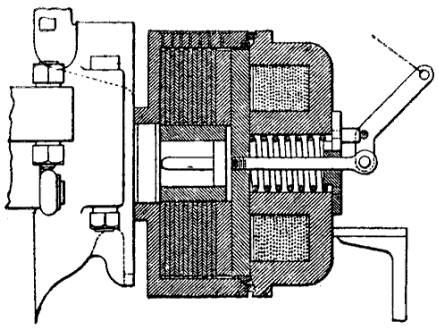


Fig. 16. — Frein électro-magnétique *Wellmann*.

Cylindres de laminoirs. — Les cylindres de laminoirs sont en fonte au bois, avec trempe en coquille de 30 millimètres de pénétration, ramenés à 25 millimètres par le tournage. Le stock de ces cylindres est parfois très considérable, de 125 000 fr. par exemple pour un grand laminoir à profils très variés.

On emploie souvent, dans les grandes forges, des condenseurs indépendants et centraux, parfois à récupération, comme ceux de Worthington (2).

L'emploi de l'électricité se répand de plus en plus : quelques grandes dynamos, groupées dans une station centrale et commandées chacune à une vitesse modérée par des moteurs indépendants, fournissent, à 280 volts, la puissance et l'éclairage électriques : elles peuvent, au total, fournir une puissance cinq fois plus grande que celle dont on a réellement besoin, et sont des plus économiques.

Les grues électriques sont plus rapides, plus maniables et aussi sûres que les autres et pourvues de freins automatiques et électro-magnétiques, dont la figure 16 représente un excellent type à frottements multiples, que son ressort serre dès que le courant cesse de passer dans son électro-aimant. Dans une seule grande aciérie, on compte jusqu'à 300 grues électriques, dont plusieurs de 150 tonnes.

La main-d'œuvre est, en général, de 50 p. 100 plus chère qu'en Angleterre, mais habile, disciplinée, sans encombre de Trades-Unions s'opposant à l'introduction des machines.

G. R.

(1) *Bulletin* de décembre 1896, p. 1638.
(2) *Bulletin* de mars 1896, p. 438.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

NOTES DE MÉCANIQUE

EXPÉRIENCES DE **M. E.-C. Murphy** SUR LES MOULINS A VENT (1)

Ces expériences, exécutées sur les types de moulins les plus fréquemment employés aux États-Unis pour les irrigations, constituent l'une des contributions les plus précieuses à la littérature si rare de ces intéressants appareils (2).

Voici d'abord une courte monographie des moulins essayés.

Moulin n° 2 (Woodmanse) (fig. 1). — Sur tour d'acier, axe à 15 mètres du sol. Roue de 3m,60, maintenue dans le vent par un ressort, avec 30 ailettes courbes de chacune 915 × 330 × 140 millimètres, inclinées de 30° sur le plat de la roue; commande par une transmission réductrice 3/1 une pompe à cylindre de 240 × 205 de course : levée 5m,40. Prix : moulin, pompe, tour et puits, 1 050 francs. La courbe figure 2 donne, en abscisses, les vitesses du vent en milles à l'heure (1 mille = 1 610 mèt.), vitesse enregistrée par un anémomètre à contacts électriques placé sur un mât à la hauteur du moulin, et en ordonnées les nombres de courses de la pompe par mille

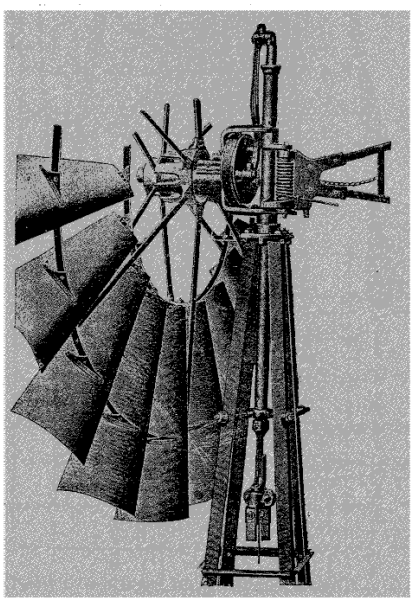


Fig. 1. — Moulin *Woodmanse*. Type Mogul.

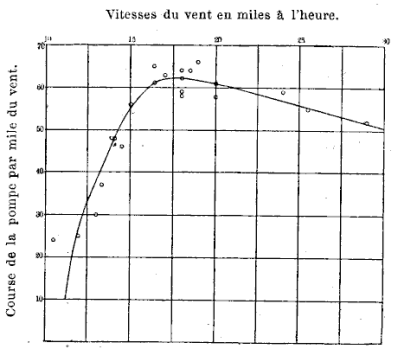


Fig. 2. — Courbe de puissance spécifique du moulin *Woodmanse* (fig. 1).

du vent, c'est-à-dire pendant le temps que le vent met à parcourir 1 mille. On voit que la puissance spécifique du moulin augmente rapidement jusqu'à une vitesse du vent de 20 milles environ (32 kilomètres), puis s'abaisse, parce que, à partir de cette vitesse, le gouvernail du moulin le fait pivoter pour se défiler au vent. La vitesse de la pompe, qui est de 5 coups par minute pour un vent de 12 milles, s'élève à 25 pour un vent de 30 milles (48 kilomètres).

(1) Water Supply and Irrigation Papers of the United States. Geological Survey. *Windmills for Irrigations*. (Washington Government Printing Office, 1897).

(2) *Bulletin* d'octobre 1894.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Moulin n° 3 (Aermotor). — Construit par l'Aermotor C° de Chicago (fig. 3). Roue de 3m,60, à 9 mètres du sol : 18 ailettes courbes de 1m,18 × 480 × 2007, inclinées de 31°. Commande par une réduction de 3 1/3 une pompe de 240 × 310 millimètres, refoulant à 4m,20. Prix 725 francs. Part avec un vent de 6 à 7 milles (fig. 4); sa courbe monte moins vite que celle du moulin

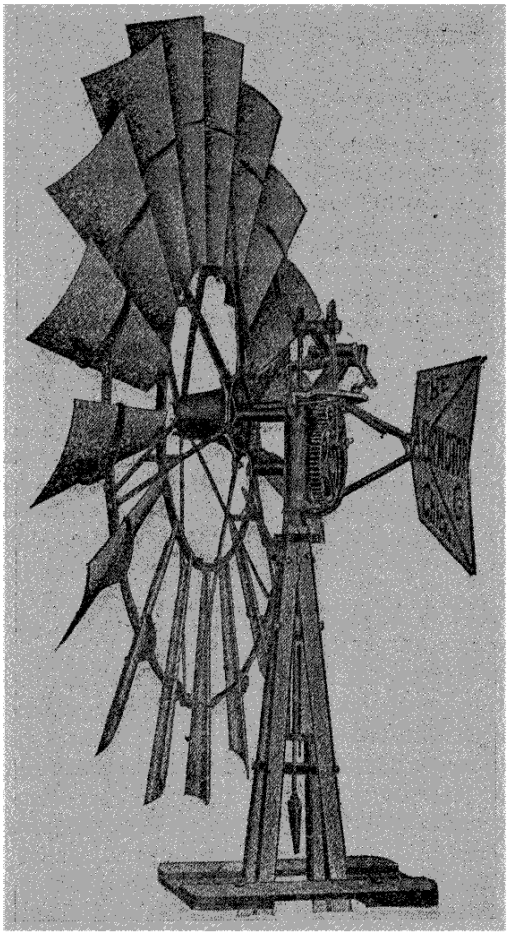


Fig. 3. — Moulin *Aermotor*.

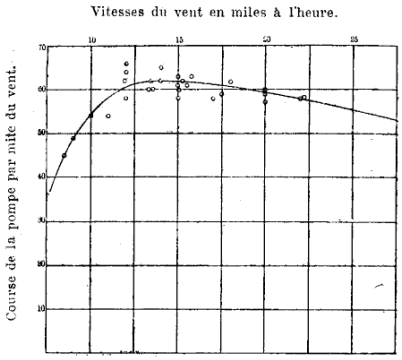


Fig. 4. — Courbe du moulin *Aermotor* (fig. 3).

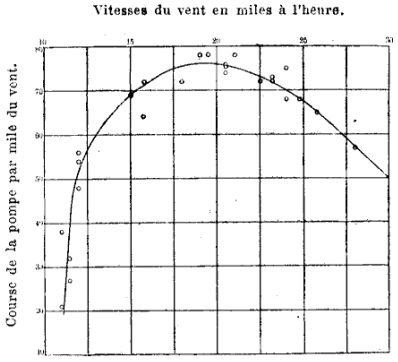


Fig. 5. — Courbe du moulin n° 4 *Ideal*.

fig. 2 et atteint son maximum pour un vent de 15 milles. La pompe donne 5 coups par minute à 8 milles et 25 à 30 milles.

Moulin n° 4 (Ideal). — Construit par la Stover Manufacturing C°, Freeport (Illinois). Hauteur : 14m,50, tour en bois. Roue de 2m,45, avec 15 ailettes de 410 × 180 × 760, inclinées de 29°. Commande par réduction de 2 1/2 une pompe de 200 millimètres de course; levée 3m,60. Prix : 400 francs. Puissance 7 kilogrammètres par course, grosse charge pour une roue de 2m,45. La courbe (fig. 5) part avec un vent de 10 milles, monte très rapidement, puis s'abaisse après 20 milles.

Moulin n° 5 (Aermotor). — Hauteur 9 mètres. Bomme position. Roue de 2m,45, avec 18 ailettes de 760 × 310 × 140 millimètres, inclinées de 29° 1/2. Attaque par réduction de 3 1/3

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

une pompe de 200 millimètres de course; levée 3m,90. Prix : 400 francs. Charge 13 kilogrammètres par course. Part (fig. 6) avec un vent de 8 milles. Atteint son maximum à 15 milles. Donne à 30 milles 39 coups par minute.

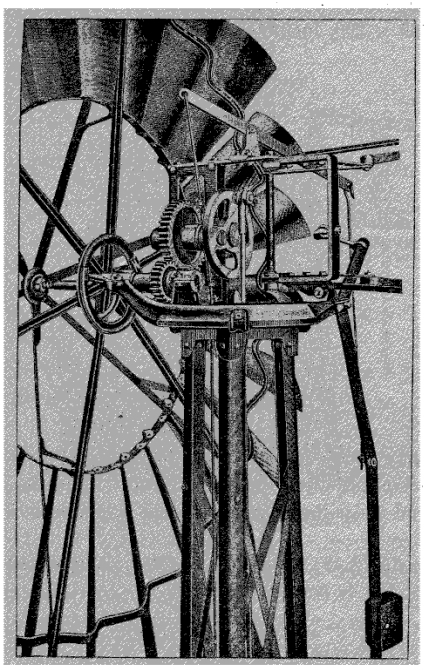


Fig. 6 *bis*. — Moulin *Gem* n° 6.

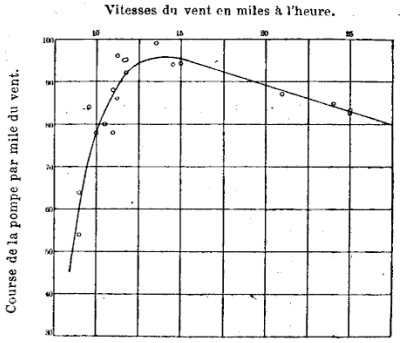


Fig 6. — Courbe du moulin *Aermotor* n° 5.

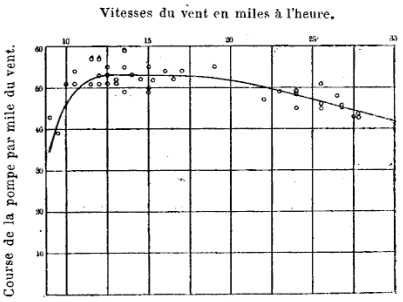


Fig. 7. — Courbe du moulin *Aermotor* n° 9.

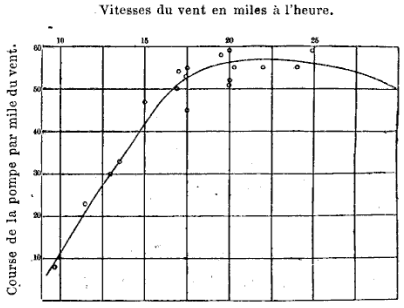


Fig. 8. — Courbe du moulin *Ideal* n° 10.

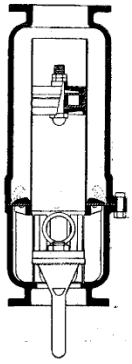


Fig. 9. — Pompe *Frizell*.

Moulin n° 6 (Gem) (1). — Roue de 2m,45 (fig. 6 *bis*), 24 ailettes courbes de 775×250×115 millimètres inclinées de 35°, maintenue dans le vent par un contrepoids; hauteur, 7m,20. Commande par réduction de 3 une pompe de 200 de course: levée 2m,80.

(1) *Bulletin* d'octobre 1894, p. 654.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Moulin n° 7 (Aermotor). — Semblable au n° 3. Hauteur 9m,35. Même pompe que le n° 3, avec levée 4m,60.

Moulin n° 8 (Star). — Construit par Bradley Wheeler, Kansas City. Tout en bois. Hauteur 9m,65. Roue de 3 mètres, avec 60 ailettes planes de 940 × 130 × 70 millimètres, inclinées de 33°. Attaque directement sans réduction une pompe de 76 + 200 de course; levée 9 mètres.

Moulin n° 9. — 18 ailettes courbes de 1m,50 × 660 × 260, inclinées de 30°. Commande par

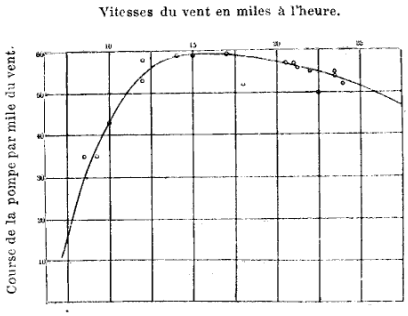


Fig. 10. — Courbe du moulin *Ideal* n° 12.

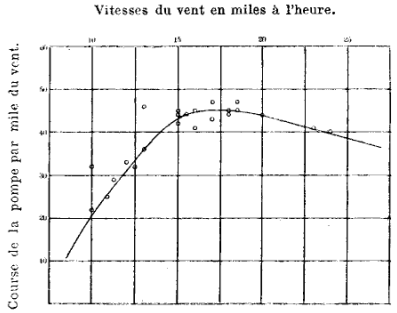


Fig. 11. — Courbe du moulin *Gem* n° 19.

réduction de 3 1/3 une pompe de 200 × 400 de course, levée 13m,25. Avait déjà marché pendant 3 ans. La courbe (fig. 7), part avec un vent de 8 milles, atteint son maximum à 13 milles, le conserve presque jusqu'à 19 milles, puis redescend. La pompe donne 11 coups par minute à 12 milles et 21 à 30 milles.

Moulin n° 10 (Ideal). — Hauteur, 9 mètres. Roue de 2m,45; 15 ailettes de 790 × 480 × 180 inclinées de 29° 1/2, réduction 2 1/2, pompe de 63 × 150 de course; levée 9m,90.

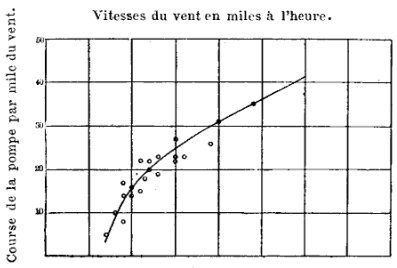


Fig 12. — Courbe du moulin *Jumbo* n° 20.

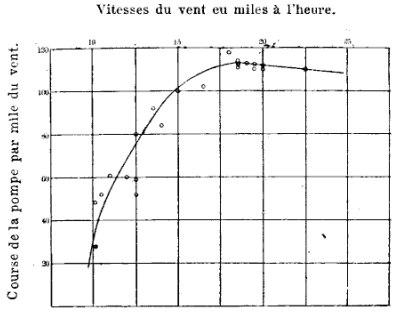


Fig. 13. — Courbe du moulin *Halliday* n° 21.

Moulin n° 11 (Ideal). — Roue de 3m,60 avec 21 ailettes courbes de 790 × 480 × 180 millimètres, inclinées de 29° 1/2. Attaque par réduction de 2 1/2 une pompe de 190 × 305, levée 13m50. Charge 115 kilogrammètres par course. La courbe (fig. 8) part avec un vent de 10 milles, atteint son maximum à 23 milles : vitesse passant de 5 coups par minute, à 12 milles, à 25 coups à 30 milles.

Moulin n° 12 (Ideal). — Hauteur 9 mètres. Roue de 4m,80, avec 24 ailettes courbes de 1m,20 × 440 × 200, inclinées de 30°. Réduction 2 1/2, pompe Frizell (fig. 9) de 240 × 305, Levée 3m,30. La courbe (fig. 10) part avec un vent de 7 à 8 milles, sous la faible charge de 36 kilogrammètres par course, atteint son maximum à 15 milles.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Moulin n° 13 (Aermotor). — Hauteur 7m,50. Bonne exposition, en excellente condition depuis un an de marche. Même roue de 3m,60 que le n° 3, dont la pompe ne diffère qu'en ce qu'elle aspire dans un puits tubé de 125 millimètres au lieu d'aspirer en puits ouvert par un tuyau de 100.

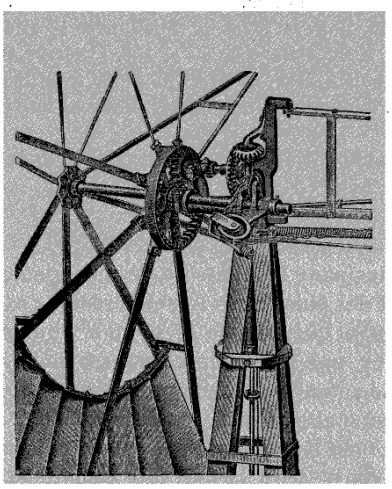


Fig. 14. — Moulin *Perkins* n° 26.

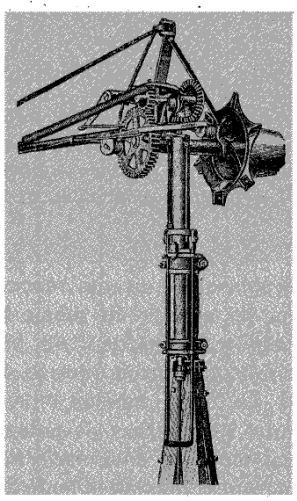


Fig. 15. — Moulin *Aermotor* n° 27. Beffroi.

Moulin n° 14 (Gem). — Roue de 3m,60. Hauteur 18 mètres. On n'a pas mesuré les vitesses du vent pour ce moulin.

Moulin n° 15 (Gem). — Roue de 3 mètres. Hauteur 10m,20, 24 ailettes de 915 × 280 × 120, inclinées de 35°. Réduction 3. Pompe de 150 × 200. Levée 4m,50.

Moulin n° 16 (Halliday) (1). — Hauteur 8m,50. Roue de 3 mètres, avec 78 ailettes de 920 × 100 × 60, inclinées de 35° 1/2; attaque sans réduction une pompe de 150 × 200. Levée 4m,80.

Moulin n° 17 (Gem). — Hauteur 9 mètres. Roue de 3m,60, avec 32 ailettes courbes de 1m,07 × 290 × 120 millimètres, inclinées de 37°. Réduction 2. Pompe de 200 × 350. Levée 4m,80. Moulin mal monté, pas d'aplomb, mauvais fonctionnement.

Moulin n° 18 (Ideal). — Hauteur 10m,80. Roue de 2m,45, semblable à celle du n° 4. Pompe de 140 × 200.

Moulin n° 19 (Gem). — Hauteur 9 mètres. Roue semblable à celle du n° 17. Pompe de 250 × 250. Levée 5m,40. Démarre (fig. 11) avec un vent de 9 milles; atteint son maximum à 25 milles, mais avec une énergie de 25 p. 100, moindre que celle de la plupart des autres roues de même diamètre. La pompe ne donne que 6 coups par minute pour un vent de 12 miles, et 16 pour 25 milles.

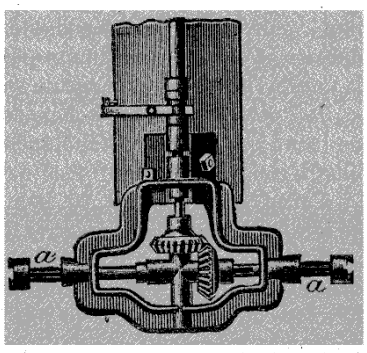


Fig. 16. — Moulin *Aermotor* n° 27. Transmission.

Moulin n° 20 (type Jumbo (2). — Diamètre 5m,40. Hauteur de l'axe, 2m,45. 6 ailes de 1m,05 × 2m,85, rayon intérieur 1m,30. Deux pompes de 150 × 305. Levée 4m,20. La courbe démarre (fig. 12) avec un vent de 13 milles, puis croît uniformément à partir de 20 milles.

(1) *Bulletin* d'octobre 1894, p. 646.
(2) *Bulletin* de juillet 1896, p. 1100.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Moulin n° 21 (Halliday). — Hauteur 9m,35. Roue de 3m,60, avec 64 ailettes de 1m,20 × 127 × 60, inclinées de 35°. Régulateur centrifuge; attaquant sans réduction une pompe de 195 × 180 de course; levée 4m,50. La courbe (fig. 13) part avec un vent de 9 milles — sous la faible charge de 10 kgm,5 par course, — atteint son maximum pour 19 milles. La vitesse varie de 14 coups par minute pour 12 milles à 45 coups pour 25 milles.

Moulin n° 25 (Fairbanks) (1). — Hauteur 9m,70. Roue en acier de 2m,45, avec 18 ailettes de 710 × 280 × 135, inclinées de 29°. Réduction de 2 1/2. Pompe de 65 × 100. Levée 2m,60.

Moulin n° 26 (Perkins) (fig. 14). — Hauteur 12 mètres. Roue en acier de 4m,25, avec 32 ailettes courbes de 1m,05 × 360 × 185, inclinées de 31°. Réduction 6, actionnant, non pas une pompe, mais une poulie avec frein de Prony.

Moulin n° 27 (Aermotor). — Hauteur 9 mètres. Roue de 3m,60, comme au n° 3. Réduction 6 (fig. 15), actionnant une poulie sur l'arbre *a* (fig. 16).

Les tableaux suivants résument les principaux résultats de ces expériences. On voit que les moulins de même diamètre ont des puissances très différentes : exemple les nos 4 et 10 ; la roue de 4m,60, n° 11, rend autant que celle de 4m,80 du n° 9, et trois ou quatre fois plus que la roue de 4m,25 du n° 12, qui, elle-même, surpasse de 30 p. 100 le n° 21. La roue Jumbo de 4m,60 rend à peine autant qu'un bon moulin de 2m,40.

Toutes les courbes de puissance spécifique atteignent, — sauf celle du n° 20, — leur maximum aux environs de 13 à 19 milles, mais leur départ varie entre 8 et 12 milles : on remarquera la montée lente de la courbe du n° 11 et la descente rapide des types « Ideal » à roue de 2m,45. Le n° 12 ne démarre qu'avec un vent de 14 milles et ne semble pas avoir de maximum. Le départ de la courbe dépend beaucoup de la charge de la pompe, — kilogrammètres par course ; — quand cette charge augmente, le départ exige un vent de plus en plus fort, et la montée de la courbe est de plus en plus rapide — exemple le n° 27. — Quant au maximum, il dépend de la raideur du ressort qui défile le moulin de la face au vent ; plus ce ressort est raide, plus augmentent la vitesse du vent et l'énergie spécifique correspondant à ce maximum, et plus ce ressort est doux, plus la courbe descend vite après le maximum. Le moulin n° 20, qui n'a pas de défilage, n'a pas de maximum (fig. 12). Le mécanisme de réduction change l'allure de la courbe, l'abaisse et la recule vers la gauche (fig. 4 et 13).

Puissance en chevaux. — Les courbes figures 17 et 18 donnent, en fonction des vitesses du vent, les puissances indiquées de cinq roues de 3m,60 (nos 3, 2, 11, 19 et 21) et de quatre roues de 2m,45 (nos 4, 5, 6 et 18).

Parmi les roues de 3m,50, la n° 11, la plus puissante, était aussi la plus chargée, et celle qui exigeait, pour démarrer, le vent le plus rapide. Le moulin n° 2, de charge égale aux 2/5 de celle du n° 11, exige à peu près la même vitesse pour démarrer et rend beaucoup moins. Le n° 3, moins chargé que le n° 2, démarre avec un vent de 7 milles ; le n° 19, un peu plus chargé que le n° 3, est beaucoup moins puissant, — le n° 21, le moins puissant de tous, exige pour démarrer un vent de 11 milles, mais c'est un moulin en bois, sans réduction, tandis que les autres sont en acier avec réduction. On ne constate sur les courbes aucun maximum de puissance jusqu'à des vents de 30 milles à l'heure (50 kilomètres), mais il y a au delà, puisque le nombre de coups de pompe diminue avec la vitesse du vent bien avant ces 50 kilomètres, et que le travail par coup est à peu près constant à toutes les vitesses.

(1) *Bulletin* d'octobre 1894, p. 655.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TYPES DES MOULINS.	NUMÉROS DES MOULINS.	DIAMÈTRE DES ROUES.	COURSES DE LA POMPE PAR KILOMÈTRE DE VENT.						COURSES PAR MINUTE POUR DES VITESSES DU VENT DE (en kilom. par heure).					
			13	19	26	32	40	48	13	19	26	32	40	48
		mètres.												
Woodmanse . .	2	3,60	»	10	37	38	34	32	»	3,2	10	13	15	16
Aermotor. . . .	3	»	25	37	39	37	34	31	3,3	7,5	10,5	12	14	15,5
Ideal.	4	2,45	»	32	45	47	42	31	»	6,5	12	15,6	17	15,5
Aermotor. . . .	5	»	»	58	59	56	52	48	»	11,5	15,5	18,5	21,5	24
Gem.	6	»	»	39	42	41	38	36	»	7,5	11	12	13,7	14,5
Aermotor. . . .	7	3,60	»	35	37	36	33	29	»	7	10	»	»	»
Star	8	3	130	93	»	»	»	»	17	18,6	»	10,7	12	13
Aermotor. . . .	9	4,85	»	33	33	32	29	26	»	6,5	8,7	»	»	»
Ideal.	10	2,45	65	78	78	»	»	»	8,7	15,5	21	»	»	»
»	11	3,60	»	15	30	35	35	31	»	3	8	12	14,5	15,5
»	12	4,20	14	34	33	36	33	»	2	6,7	10	12	13,5	»
Aermotor. . . .	13	3,60	»	34	40	39	37	34	»	6,8	10,5	13	15	17
Gem.	15	3	»	24	28	27	22	»	»	4,9	7,5	8,7	8,7	»
Halliday	16	3	38,6	70	80	80	76	»	2,5	14	21	27	33	»
Gem.	17	3,60	»	19	30	33	»	»	»	3,7	8	10,6	»	»
Ideal.	18	2,45	37	63	70 (*a*) 61	65 52	49 41	»	5	13	16	17,4	17	»
Gem.	19	3,60	»	19	28	27	24	»	»	4	7,5	8,7	10	»
Jumbo.	20	4,65	»	»	13	20	26	»	»	»	3,3	6,7	10,7	»
Halliday	21	3,60	»	44	65	69	65	»	»	8,7	17,5	23	27,5	»
Fairbanks. . . .	25	2,45	57	91	88	70	50	»	7,5	18,5	23	23,6	21	»

(*a*) Avec deux pompes de 150 × 305.

NUMÉROS DES MOULINS.	LITRES D'EAU POMPÉS PAR HEURE. Pour des vents de kilomètres à l'heure.						PUISSANCES EFFECTIVES EN CHEVAUX.						TRAVAIL UTILE par course DE LA POMPE.	AIRE DE LA ROUE.	LEVÉE.	DIAMÈTRE et course DE LA POMPE.
	13	19	26	32	40	48	13	19	26	32	40	48				
														m²	mèt.	mm
2	»	5 100	15 900	20 000	23 000	25 000	»	0,053	0,16	0,20	0,23	0,25	74	6,4	5,40	245 × 305
3	5m3,300	11 850	16 300	19 600	22 500	24 500	0,042	0,093	0,12	0,16	0,18	0,20	57	6,8	4,20	240 × 305
4	»	1 370	2 600	3 400	3 800	3 400	»	0,009	0,018	0,02	0,02	0,02	7	3,3	3,60	140 × 200
5	»	4 450	5 900	7 100	8 200	9 100	»	0,035	0,045	0,05	0,06	0,07	13	3,1	3,90	150 × 200
6	»	3 280	4 600	5 900	6 800	7 700	»	0,018	0,026	0,03	0,01	0,04	11	3,4	2,90	155 × 200
7	»	11 200	15 400	18 200	21 400	22 800	»	0,010	0,137	0,16	0,19	0,20	63	6,7	4,65	240 × 305
8	450lit	490	»	»	»	»	0,013	0,087	»	»	»	»	2	5,5	9	75 × 125
9	»	7 900	10 500	13 000	15 000	15 500	»	0,20	0,270	0,28	0,37	0,40	140	12,1	13,50	200 × 405
10	320	560	770	»	»	»	0,006	0,011	0,014	0,02	»	»	31	3,9	10	65 × 150
11	»	2 900	7 750	11 500	14 500	15 000	»	0,77	0,200	0,30	0,37	0,39	120	7	13,70	200 × 305
12	2 500	8 600	12 300	15 000	17 000	»	0,015	0,054	0,750	0,09	0,10	»	36	10	3,30	240 × 305
13	»	10 800	16 800	20 500	24 200	27 000	»	0,070	0,105	0,13	0,15	0,17	46	6,8	3,30	250 × 305
15	»	3 700	5 500	6 900	6 800	»	»	0,032	0,051	0,06	0,06	»	30	4,4	4,50	200 × 200
16	820	4 550	6 900	4 100	10 600	»	0,007	0,042	0,062	0,08	0,10	»	13	5,7	4,80	150 × 200
17	»	3 460	7 500	10 000	»	»	»	0,043	0,095	0,12	»	»	53	7	6,70	200 × 305
18	1 600	3 900	5 200	5 500	5 450	»	0,014	0.034	0,043	0,04	0,45	»	12	4	4,50	140 × 200
19	»	5 060	9 600	12 000	13 000	»	»	0,053	0,100	0,12	0,14	»	62	7,2	5,50	250 × 250
20	»	»	3 600	7 300	12 000	»	»	»	0,029	0,06	0,09	»	40	6,8	4,25	150 × 305
21	»	4 300	8 700	11 500	13 650	»	»	0,037	0,075	0,10	0,11	»	19	6,5	4,50	190 × 180
25	260	620	800	810	710	»	0,0012	0,003	0,004	0,005	0,003	»	0,8	2,8	2,60	63 × 100

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Parmi les moulins de 2m,45, le n° 18 atteint son maximum de puissance avec un vent de 20 milles (32 kil.) à l'heure, et les autres à 30 milles environ (50 kil.), ces maxima sont dus au défilement du moulin qui pivote automatiquement et se dérobe aux vents de grandes vitesses. Le n° 5, le plus puissant aux grands vents, est aussi le plus chargé. Les nos 4 et 18 qui, sous un vent de 22 milles, développent la plus grande et la plus faible puissance, diffèrent principalement par leurs charges : la charge du n° 4 est égale aux 5/9 de celle du n° 18 et pompe dans un puits tubé. Le moulin n° 25 pompe dans un réservoir avec une charge égale aux 5/9 de celle du n° 5 ; sa puissance n'est que le

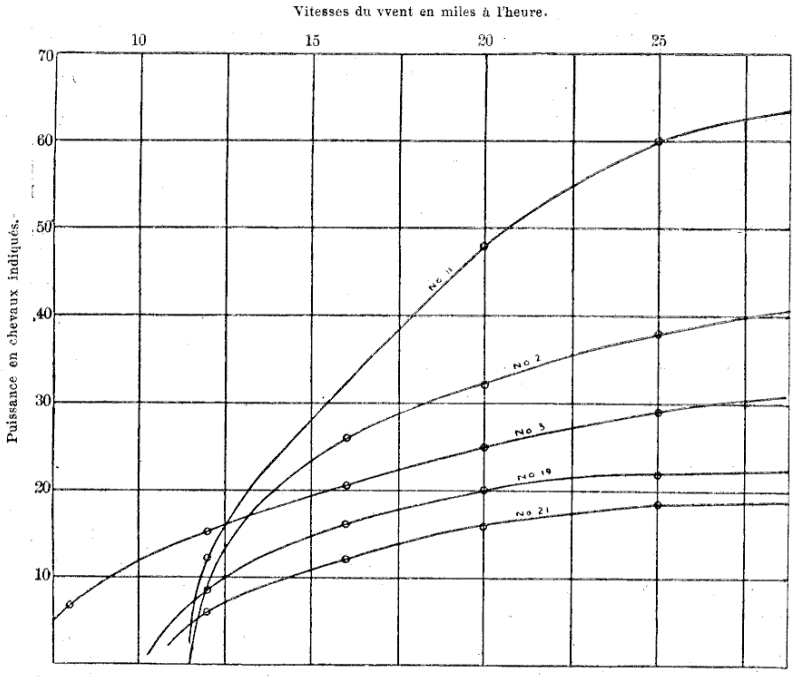


Fig. 17. — Puissances, en fonction de la vitesse du vent, pour cinq roues de 3m,60.

dixième de celle du n° 5, mais il démarre avec un vent de 6 milles au lieu de 8 milles et demi.

Avantage des mécanismes réducteurs. — On voit que, parmi les moulins de 3m,60 (fig. 17), le moins puissant est celui sans réduction : il est le plus dur au démarrage ; il donne 40 courses par minute avec un vent de 20 milles et 48 pour un vent de 25 milles ; marches trop rapides, car il ne faudrait pas dépasser 30 courses par minute. Le n° 3 fait 57 kilogramètres par course, et le n° 21 20 kilogrammètres, ou près de trois fois moins, tout en donnant, avec un vent de 16 milles, 1,8 fois plus de courses par minute que le n° 3, dont la réduction est de 3 1/3 et dont la roue tourne 1,9 fois plus vite. On voit, par les courbes figure 19, qu'avec une faible vitesse de la roue, comme il le faut sans réduction, cette vitesse diminue rapidement quand la charge augmente, tandis qu'avec les grandes vitesses que permettent les réductions, on peut, comme au moulin n° 3, presque doubler la charge sans affecter cette vitesse; en somme, la réduction permet, à charge égale, de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

démarrer avec un vent beaucoup plus faible et aussi de marcher à des vitesses de vent plus puissantes.

Puissance utile normale. — Cette puissance dépend, toutes choses égales, de la charge du moulin et de la vitesse du vent. Si la charge est forte, le moulin rend plus avec des vents d'environ 12 milles, et moins aux vents faibles, qu'avec une petite charge. Cette charge doit donc être d'autant plus faible, pour une bonne utilisation moyenne, que la vitesse moyenne du vent est elle-même plus faible. Si l'on compare (fig. 17) les courbes

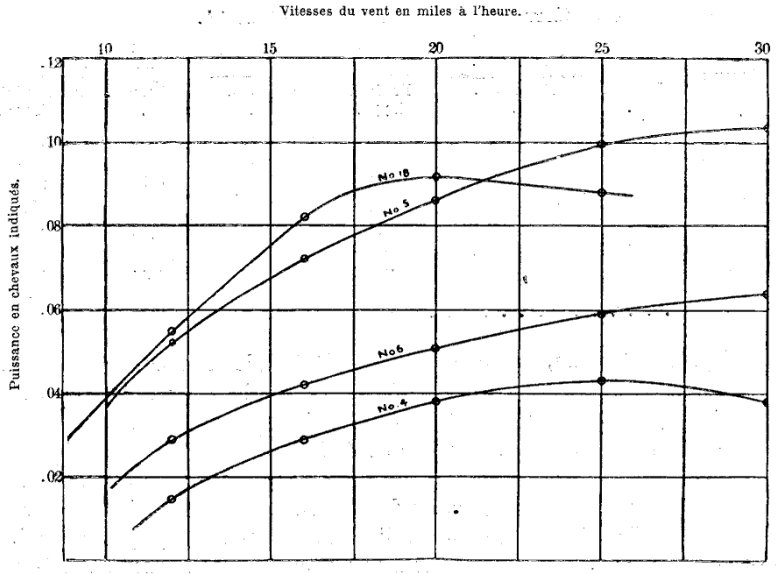


Fig. 18. — Puissances, en fonction de la vitesse du vent, pour cinq roues de 2m,45.

de puissance des moulins n° 11, fortement chargé, et n° 3, faiblement chargé, on voit que leur puissance est la même pour un vent de 12 milles et demi ; qu'au-dessous, le n° 3 l'emporte, mais qu'il est bien inférieur aux grands vents.

Il faut donc toujours tenir compte, dans l'établissement d'un moulin, du régime des vents de la contrée. Voici, comme exemple, dans le tableau ci-contre, le régime des vents à Dodge (Kansas) pendant les années 1889 à 1895.

Vitesses moyennes du vent à Dodge (Kansas) pendant les sept années 1889-1895.

Vitesses du vent en kilomètres à l'heure.		0-8	9-16	18-24	26-32	34-40	42-48	50 et au delà.
Heures de vent pendant les mois de :	Avril	116	175	157	113	76	43	40
	Mai	116	195	168	120	74	39	32
	Juin	120	187	139	111	86	49	28
	Juillet	144	218	176	117	57	23	9
	Août	178	230	152	99	62	18	5
	Septembre	166	182	152	93	73	34	18
	Moyenne	**140**	**198**	**157**	**109**	**72**	**34**	**22**

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On voit, qu'en moyenne, le vent y tombe à 5 milles (8 kilomètres) et au-dessous pendant 140 heures par mois : on ne pourrait alors y utiliser, pendant ces 140 heures, aucun des moulins précédents ; pendant 198 heures, où la vitesse du vent varie de 6 à 10 milles, on pourrait utiliser, durant les 4/5 de ce temps environ, le moulin n° 3, qui démarre avec un vent de 7 milles ; ce moulin pourrait marcher à Dodge pendant 75 p. 100 de l'année, et le n° 11, qui ne démarre qu'avec un vent de 12 milles et demi, pendant 51 p. 100 seulement du temps, comme l'indique le tableau ci-dessous.

Fonctionnement des moulins nos 3 et 11.

Vitesses du vent en kilomètres à l'heure.	Moulin n° 3. Heures. h.	Puissance. p. chevaux.	Produit. h × p.	Moulin n° 11. Heures. h.	Puissance. p.	Produit. h × p.
9 à 16	158	0,067	10,6	0	0	0
18 à 24	157	0,168	26.4	141	0,19	26,8
26 à 32	109	0,230	25,1	109	0,40	43,6
34 à 40	72	0,277	19,9	72	0,56	40,3
42 à 48	34	0,308	10,5	34	0,63	21,4
50 et plus	22	0,320	7	22	0,64	14,1
TOTAL.			99,5			146,2

On voit, d'après ce tableau, que, pendant l'année totale, le moulin n° 11 fait 31 p. 100 plus de travail que le n° 3 ; mais, pendant certains mois : août par exemple, sa supériorité n'est plus que de 26 p. 100.

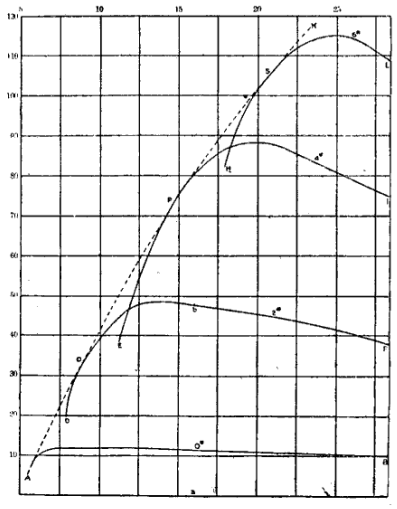


Fig. 19. — Courbe des rendements du moulin n° 26 pour différentes vitesses du vent. On a porté en abscisses ces vitesses en milles à l'heure, et en ordonnées les puissances en 1 000 pieds-livres (138 kilogrammètres) à l'heure par mille de vent.

Moulin n° 27 essayé au frein. — La puissance utile de ce moulin est plus facile à déterminer que celle des moulins à pompe parce que l'on n'a plus à se préoccuper du rendement très variable de la pompe et que le frein vous rend absolument maître, de la charge. Ce frein à levier de $0^m,90$, était monté sur l'arbre *a* (fig. 16) tournant vingt fois plus vite que le moulin.

Les courbes figure 19, correspondent à celles des figures 12 et 13 ; elles donnent, pour des vitesses du vent variant de 5 à 30 milles à l'heure (8 à 50 kilomètres) la puissance du moulin en milliers de pieds-livres par mille de vent, — mille pieds-livres valent 138 kilogrammètres. La courbe A B correspond à la marche à vide sans frein et aux résistances passives du moulin et de sa transmission ; ces résistances sont à peu près constantes par mille de vent. Les autres courbes, établies pour des charges croissantes du frein (2, 4 et 6 livres de $0^k,450$) indiquent nettement l'accroissement et le déplacement du maximum avec la charge, et leur enveloppe A K donne l'allure du moulin dans l'hypothèse d'une charge proportionnelle à la vitesse du vent.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les courbes figure 20 donnent, pour ces mêmes charges (0, 2, 4 et 6 livres au levier du frein), les variations de la puissance indiquée avec la vitesse du vent. — Voir aussi le tableau ci-dessous.

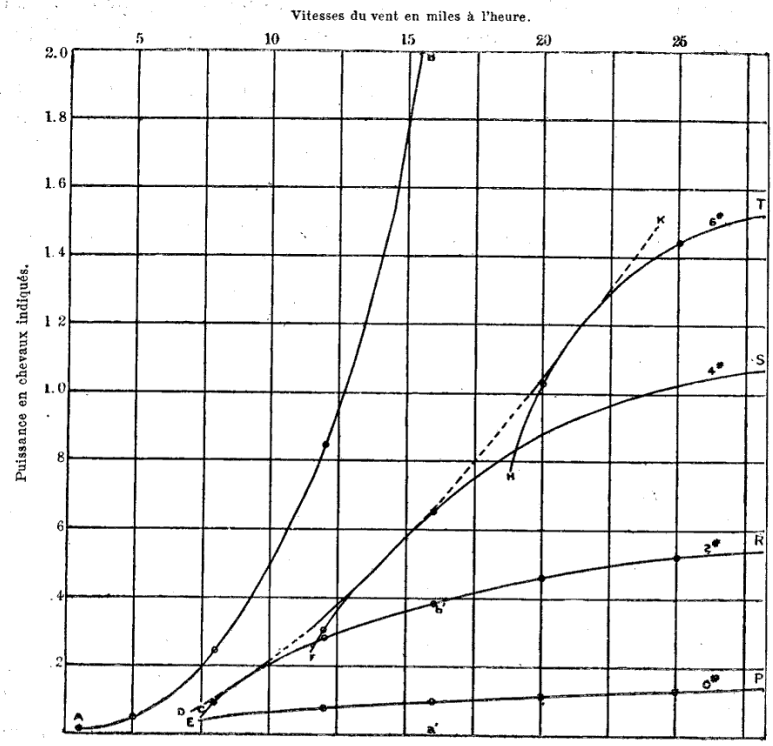


Fig. 20. — Essai du moulin n° 27 au frein avec différentes charges.

Fonctionnement des moulins nos 26 et 27.

Numéros des moulins.	Types des moulins.	Diamètre de la roue. mètres.	Charges du frein. kil.	Kilogrammètres par kilomètre de vent pour des vitesses du vent de à l'heure. 13	19	26	32	40	48
26	Perkins	4,20	2,7	»	»	»	»	»	»
27	Aermotor	3,60	2,7	»	»	»	8 700	9 890	8 880
27	»	»	1,8	»	4 300	6 940	7 590	6 940	6 460
27	»	»	0,91	1 825	4 040	4 110	3 900	3 560	3 060
27	»	»	»	1 045	1 030	980	940	875	830

Nos des moulins.	Charge de frein. kil.	Kilogrammètre par minute pour des vents de kilomètres à l'heure. 13	19	26	32	40	48	Travail utile en chevaux pour des vents de kilomètres à l'heure. 13	19	26	32	40	48	Section de la roue en mq. mq.
26	2,7	»	»	»	»	»	»	»	»	0,313	0,609	0,937	»	9,40
27	2,7	»	»	»	4 700	6 600	7 100	»	»	»	1,028	1,451	1,576	6,8
27	1,8	»	1 380	2 950	4 000	4 600	4 900	»	0,303	0,653	0,890	1,020	1,086	»
27	0,91	410	1 300	1 788	2 080	2 350	3 480	0,089	0,285	0,386	04,58	0,523	0,540	»
27	0	220	330	415	500	580	664	0,050	0,073	0,087	0,111	0,128	0,151	»

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On voit que, dans tous les cas, la puissance augmente rapidement avec la vitesse du vent et atteint son maximum au delà de 30 milles à l'heure. A vitesse égale du vent, la puissance augmente avec la charge : à la vitesse de 30 milles, la puissance est presque proportionnelle à la charge jusqu'à celle de 6 livres, trop grande pour un vent de 19 milles. La courbe enveloppe D K indique l'allure du moulin avec une charge proportionnelle à la vitesse du vent.

La courbe A B (fig. 20) donne la puissance totale du vent à la pression atmosphérique de 760 millimètres et à la température de 8 degrés : cette puissance est donnée par la formule

$$\text{P chevaux} = \frac{\text{W}}{2g} \text{A} \frac{\text{V}^3}{550}$$

dans laquelle W est le poids, en livres, du pied cube d'air à 760 millimètres et à 8 degrés.

A la surface des ailettes (72,9 pieds carrés);
g l'accélération de la pesanteur, en pieds par seconde;
V la vitesse du vent en pieds par seconde.

En mesures françaises, P = approx. 0.00106 A V^3, V étant exprimé en mètres par seconde, et A en mètres carrés. Pour le moulin n° 27 :

$$\text{A} = 72 \text{ pieds carrés } 9 = 6^{m2},8;$$

d'où, en mesures anglaises :

$$\text{P} = 0{,}00021 \text{ V}^3$$

et en mesures françaises :

$$\text{P} = 0{,}0072 \text{ V}^3$$

Rendement du moulin. — Ce rendement est le quotient de l'ordonnée d'une des courbes de la figure 20 par l'ordonnée correspondante de la courbe A B. Pour un vent de 9 milles et une faible charge de 2 livres au frein, le rendement est de 40 p. 100; à 14 milles, il est de 36 p. 100 pour une charge de 4 livres et de 24 p. 100 pour une charge de 2 livres. Les courbes de la fig. 21 donnent les vitesses de la poulie du frein en tours par minute, et aux différentes charges de ce frein, pour des vitesses de vent de 8, 12, 16, 20, 25 et 30 milles à l'heure. On voit, qu'en passant de la marche à vide à la charge de 2 livres, la vitesse du moulin baisse respectivement de 60 p. 100, 17 p. 100 et de très peu, avec des vents 8, 12 et 30 milles : au passage de la charge de 2 livres à celle de 4, la vitesse baisse de 50 p. 100 pour un vent de 12 milles : très peu pour un vent de 20 milles. A 30 milles, le passage de la charge de 2 à 6 livres ne change pas la vitesse du moulin.

La formule de Wolf donne, pour la puissance p du moulin, en pieds-livres par seconde :

$$p = \frac{s\,k\,c^2\,d}{g}\, v \left(\sin a - \frac{v}{c} \cos a \right) \cos a$$

v étant la vitesse des ailes; s leur surface en pieds carrés; c la vitesse du vent en pieds par seconde; d la densité du vent; a l'inclinaison des ailes sur le vent; k une constante.

Cette formule est, toutes choses égales, fonction de la vitesse v des ailettes, et ne tient pas compte de la charge du moulin; or, d'après les courbes fig. 21, avec un vent de 30 milles à l'heure et v sensiblement constant, on double presque la puissance du

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

moulin en doublant sa charge. La formule de Wolff n'est donc pas applicable dans le cas des moulins étudiés par M. Murphy.

Conclusions générales. — Les moulins employés à la commande de pompes de 100 à 250 millimètres de diamètre ne font qu'un très faible travail utile : $0^{ch},65$ pour un moulin de $3^{m},60$. La puissance du moulin augmente en général avec sa charge. Pour le n° 26, elle lui est presque proportionnelle à des vents de 25 et 30 milles. Il faudrait donc pouvoir augmenter automatiquement la charge du moulin avec la vitesse du vent, de manière que le moulin tournât toujours à sa meilleure vitesse de régime : Soit

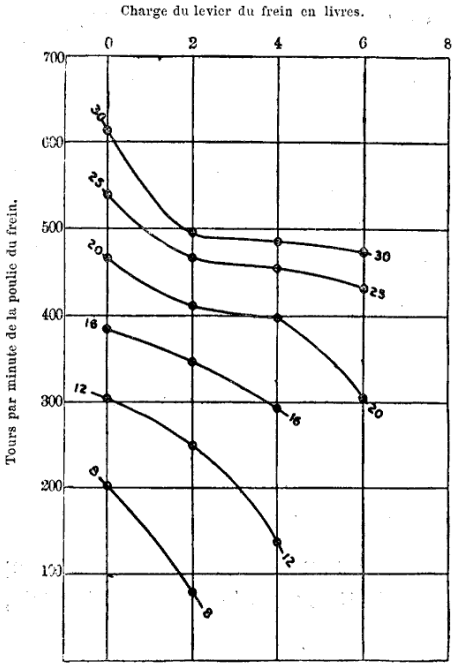


Fig. 21.

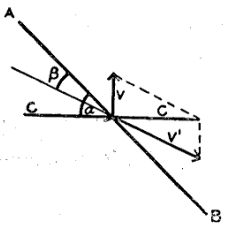


Fig. 22.

(fig. 22) α l'inclinaison d'une aile A B sur la direction du vent C et V sa vitesse; la vitesse relative du vent par rapport à A B est V', inclinée de β sur A B. Quand le moulin ne tourne pas, $V = o$ et $\beta = \alpha$; puis, à mesure que V augmente, β diminue de plus en plus, ainsi que l'aire effective du moulin ou la projection de A B sur un plan normal à V'. C'est ce qui explique le faible rendement des moulins aux grandes vitesses.

Essais de moteurs a gaz par l'institution des *Mechanical Engineers* de Londres (1)

Appareils et méthodes d'essai d'après **M. F. W. Burstall.**

Le fonctionnement des moteurs à gaz dépend de conditions multiples et complexes, qui s'influencent mutuellement dans l'ensemble de leur cycle : compression, vitesse, dosage, influence des parois. Il est difficile d'en analyser les effets, d'attribuer à chacune d'elles leur véritable influence. C'est ainsi que l'on attribue souvent à la compression seule une économie dans laquelle elle ne fait qu'intervenir pour sa part. L'objet de ces expériences est de différencier les effets de ces différents facteurs, en les faisant varier séparément l'un après l'autre, et de remplacer ainsi par une étude analytique, logique et méthodique, les essais purement empiriques des moteurs.

Tous les appareils de mesure ont été soigneusement vérifiés pour permettre d'ob_

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tenir des résultats exacts à environ 1 p. 100 près. Dans tous les essais, sauf un, on a maintenu la charge du frein constante et fait marcher le moteur à près de sa demi-force, ce qui lui a permis de fonctionner facilement dans les conditions les plus diverses.

L'installation générale des expériences est représentée par la figure 23.

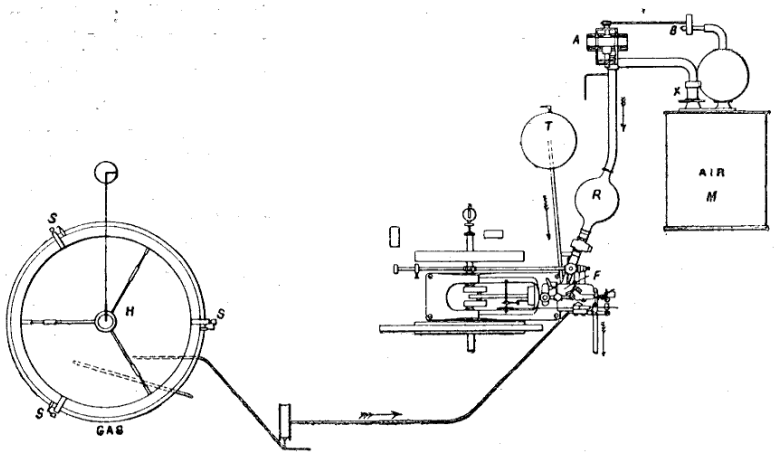


Fig. 23. — Installation générale des expériences.

La machine, de deux chevaux, — pouvant en indiquer 5, — est du type Fielding et Platt, à quatre temps, genre Otto, à cylindre de 150 × 305 de course, horizontale, avec

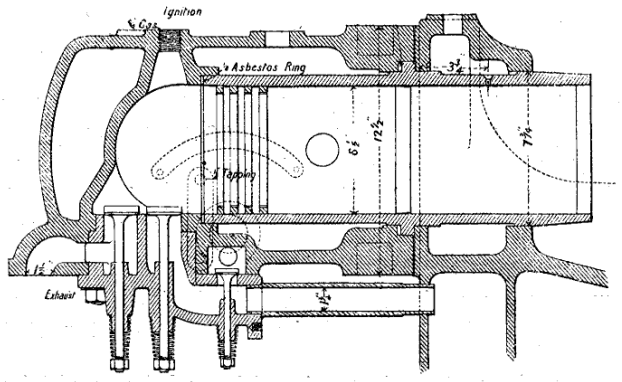


Fig. 24. — Cylindre du moteur à gaz *Fulding et Plott.*

distribution par soupapes (fig. 24) placées sous le cylindre et facilement accessibles. Réglage par fermeture de l'admission du gaz; la vitesse peut varier de 120 à 205 tours par minute. Compression variable de $2^{k},50$ à $6^{k},35$, en modifiant la longueur de la bielle.

Dépense de gaz. — La dépense du gaz a été mesurée non pas au compteur, rarement exact, mais par un gazomètre H (fig. 23) de $1^{m},50 \times 1$ mètre de course parfaite-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ment calibré; la pression et la composition du gaz y restent constantes pendant tout l'essai; la pression, réglée par des contrepoids, était de 38 millimètres d'eau. Le jaugeage était donné par trois échelles S, écartées de 120 degrés, de manière à compenser leurs erreurs, et liées par des microscopes portés par la cloche. On mesurait à chaque instant la pression du gaz par un manomètre en U et sa température.

Consommation d'air. — On a employé pour mesurer la consommation d'air la méthode exacte du Dr Slaby : l'air est amené par un ventilateur Sturtevant B, que commande un petit moteur A, au travers d'un compteur M, de Wright, à eau et de 400 becs,

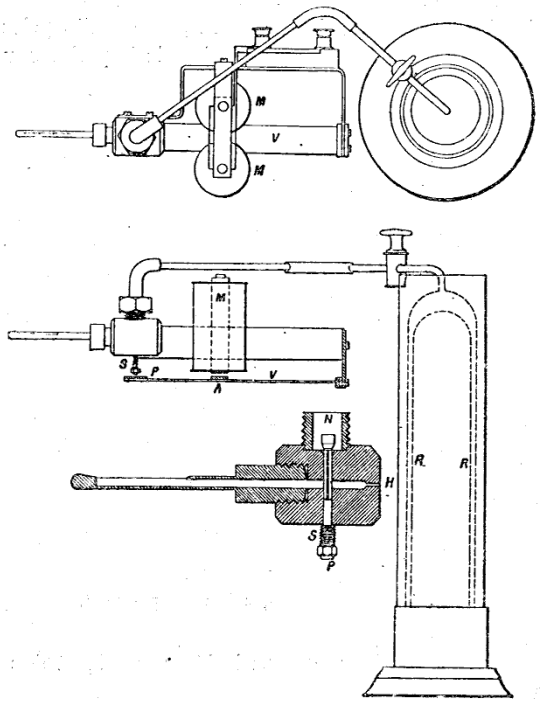


Fig. 25. — Indicateur Wayne.

maintenu à pression constante par un régulateur, et étalonné à 1 p. 100 près, d'où il passe au travers d'une boîte de sûreté X, qui empêche tout retour des gaz inflammables au compteur, au moyen d'un clapet de retenue, et fonctionne en cas de contre-explosion. comme une soupape de sûreté, résultat obtenu en ménageant dans le couvercle de la boîte une ouverture fermée par une plaque collée au suif. De là, l'air passe aux poches en caoutchouc R. On mesurait la température et la pression de l'air comme celle du gaz.

Chaleur absorbée par l'eau de circulation. — L'eau de refroidissement des cylindres se rendait dans un réservoir calibré T, de capacité suffisante pour un essai; on mesurait sa température à l'entrée et à la sortie au moyen de thermomètres F, plongés nus dans les tuyaux d'entrée et de sortie, de manière à leur conserver toute leur sensibilité, et avec leurs tiges soudées par un alliage fusible à des bouchons de bronze filetés

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dans les tubes de manière à éviter les fuites. On réglait le débit de l'eau de circulation de manière à maintenir sa température de sortie à peu près constante.

Prises des gaz d'échappement. — Les prises de gaz d'échappement s'opéraient comme il suit, de manière à ne pas les mélanger à l'air aspiré pendant les passages à vide du moteur. A chaque levée, la soupape d'échappement fermait le circuit d'un électro M (fig. 25), dont l'armature élastique A V, soulevant en P la soupape N, à ressort S, laissait passer dans le réservoir R une bulle de gaz; mais, avant d'arriver à N, les gaz chassaient dans l'atmosphère, par un petit trou H, de $0^{mm},5$, l'air renfermé dans l'espace nuisible de N. Aussitôt après la levée de N, un relais rompait le circuit de M. On prélevait ainsi, à chaque échappement, une petite prise de gaz d'échappement pur, et il était facile d'éviter toute fuite de la petite soupape N. L'éprou-

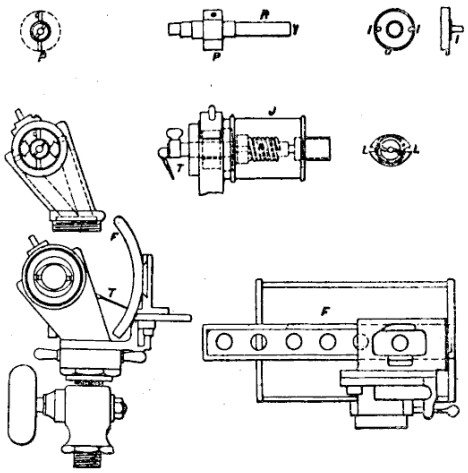


Fig. 26. — Prise des gaz de l'échappement.

vette à mercure R contenait environ 500 centimètres cubes, et l'on analysait ses gaz aussitôt après chaque essai.

Mesure de la puissance indiquée. — Après de nombreux essais d'indicateurs ordinaires, reconnus insuffisants pour une étude scientifique, on adopta, pour ces essais, l'indicateur rotatif de Wayne, dont le piston P (fig. 26) tourne dans son cylindre sans en toucher les parois, c'est-à-dire avec un frottement invariable et très faible. Son ressort S travaille par torsion, et son embase est fixée par la butée de ses encoches LL sur les taquets *ii*, qui n'empêchent pas le ressort de s'allonger et de se raccourcir en se tordant. L'autre extrémité du ressort est attachée à la tige R du piston, creuse, très légère, et qui porte le traceur T, constituée par un petit tube à pointe de crayon dure pressée par un léger ressort sur la plaque F en mica, enduite de noir de fumée fixé, après le tracé du diagramme, par une dissolution de laque dans de l'alcool. Le cadre F reçoit devant le traceur un mouvement de va-et-vient commandé de la tige du piston moteur, par le renvoi N, M, W, D (fig. 27) sans ressorts, à corde W toujours tendue de manière à éviter toute erreur du fait de l'inertie de D. Pendant les essais, le ressort S était maintenu à 100 degrés par une circulation de vapeur dans son enve-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

loppe J, et on la tarait à cette même température au moyen d'un manomètre étalon : en fait, l'indicateur adopté pour ces essais donnait les pressions à $0^k,07$ près.

Totalisation des diagrammes. — Tous les diagrammes ayant la même longueur, on

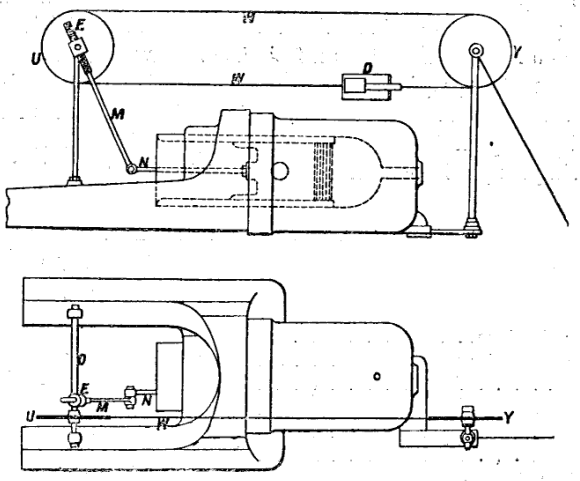
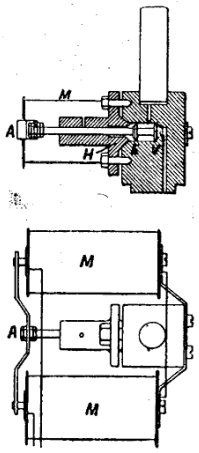


Fig. 27. — Renvoi de l'indicateur.

employait, pour tracer le diagramme moyen d'une série, une plaque de verre finement quadrillée, d'une largeur égale à la longueur des diagrammes. On relevait sur ce verre, posé sur le diagramme, les ordonnées des diagrammes successifs, dont on reportait



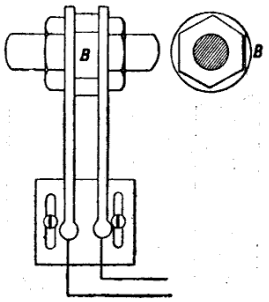


Fig. 28. — Commande électrique de la soupape d'allumage.

les moyennes sur papier quadrillé. On obtenait ainsi le diagramme moyen de l'essai à 1/200 près.

Dans la plupart des petits moteurs, l'allumage s'opère par un tube toujours ouvert au cylindre, sans soupape permettant de déterminer exactement, par son ouverture, le moment de l'allumage, bien que cette détermination précise soit en réalité des

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

plus avantageuses pour tous les moteurs. Pour ces essais, on tenta en vain d'obtenir cette précision par une étincelle électrique, et l'on ne put résoudre ce problème qu'en ajoutant au tube d'allumage, une soupape commandée (fig. 28) par un électro-aimant M, qui, lorsque la came B rompait son circuit, lâchait son armature A, ce qui ouvrait la soupape E, et déterminait l'allumage avec une précision suffisante.

On employa comme dynamomètre un frein à corde avec peson.

Le gaz d'éclairage employé présentait, dans deux échantillons. les compositions suivantes, ce qui donne, comme volume d'air nécessaire pour le brûler complètement, 5,61 fois celui du gaz pour le premier échantillon, et 5,47 pour le second, et comme puissances calorifiques par kilogramme de gaz : 10 400 et 9 880 calories.

Composition des gaz en volumes.

		Échantillons. N° 1. p. 100	N° 2. p. 100
Acide carbonique	Co^2	0	0
Hydrocarbures lourds	C_3H_6	4,4	4,7
Oxygène	O	9,2	1,2
Oxyde de carbone	CO	4,8	7
Méthane	CH_4	36,2	34,4
Hydrogène	H	46,7	45,8
Azote (par différence)	Az	7,7	6,9

Résumé des essais. — Les principaux résultats des essais sont donnés par les diagrammes figure 29 et par le tableau ci-dessous.

NUMÉROS des essais.	COMPRESSION en kil. par cent².	Chambre de compression en pour 100 du cylindre.	TOURS par minute.	NOMBRE d'EXPLOSIONS en p. 100 du maximum.	PUISSANCE indiquée.	CHALEUR DÉPENSÉE par cheval-heure indiqué.	CHALEUR DÉPENSÉE par explosion.	RENDEMENT thermique.	CHALEUR CÉDÉE à l'enveloppe par l'explosion.	RAPPORT du volume de l'air à celui du gaz.	COMPOSITION des gaz de l'explosion. Co^2	COMPOSITION des gaz de l'explosion. O	PRESSION MAXIMA du cylindre.
	kg	p. 100		p. 100		calories	calories	p. 100	p. 100				kg
1.. .	3,65	89	118	80	1,72	10760	7,8	12,6	28,6	9,1	6	10	8,30
2.. .	4,35	50	161	50	2,65	8770	10	16,2	35	8	7,6	6,4	15
3.. .	4,50	58	158	58	2,69	9210	9	15,5	31,8	8,36	7,2	7,4	12
4.. .	4,50	52	164	52	2,79	9220	10,5	15,4	41,5	7,13	8	5,2	14
5.. .	4,60	67	204	67	3,79	9200	8	15,6	37,1	8,35	7,2	7,6	12
6.. .	4,60	88	204	88	3,41	9430	6,5	13,4	28,5	8,48	7,2	7,6	7
7.. .	5	64	156	64	2,87	7780	7,5	18	37,2	9,48	6	9,6	12
8.. .	5	53	158	53	2,44	9980	9	14,4	45,2	7,18	8,2	5,6	16
9.. .	5	55	158	55	2,61	9230	8,9	15,24	42,8	7,08	8,2	5,8	16
10.. .	5,6	69	155	60	2,61	8000	9,8	17,65	40,6	10,1	5,2	10,8	12
11.. .	5,9	69	154	69	2,50	8850	6,7	16,4	41,8	8,75	6,5	7	14
12.. .	5,9	61	155	61	2,52	12000	10	11,7	30,9	5,28	9,3	0,4	20
13.. .	6	75	117	73	1,84	8940	6,6	15	41,5	10,4	6,2	9,4	13
14.. .	7,15	78	118	78	1,60	10000	5,6	13,6	42,6	9,25	5,4	10,6	14
15.. .	7,20	92	197	72	5,10	6670	5,7	21	35,4	8,6	6,8	8,6	14
16.. .	7,35	70	157	70	2,48	10000	7,8	13,4	32,8	7,18	7,4	6,6	20
17.. .	7,35	85	149	85	2,56	7780	10	18	29,0	10,8	3,6	11,6	9

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le rendement organique du moteur a varié de 76 à 84 p. 100; moyenne des 17 essais, 81 p. 100.

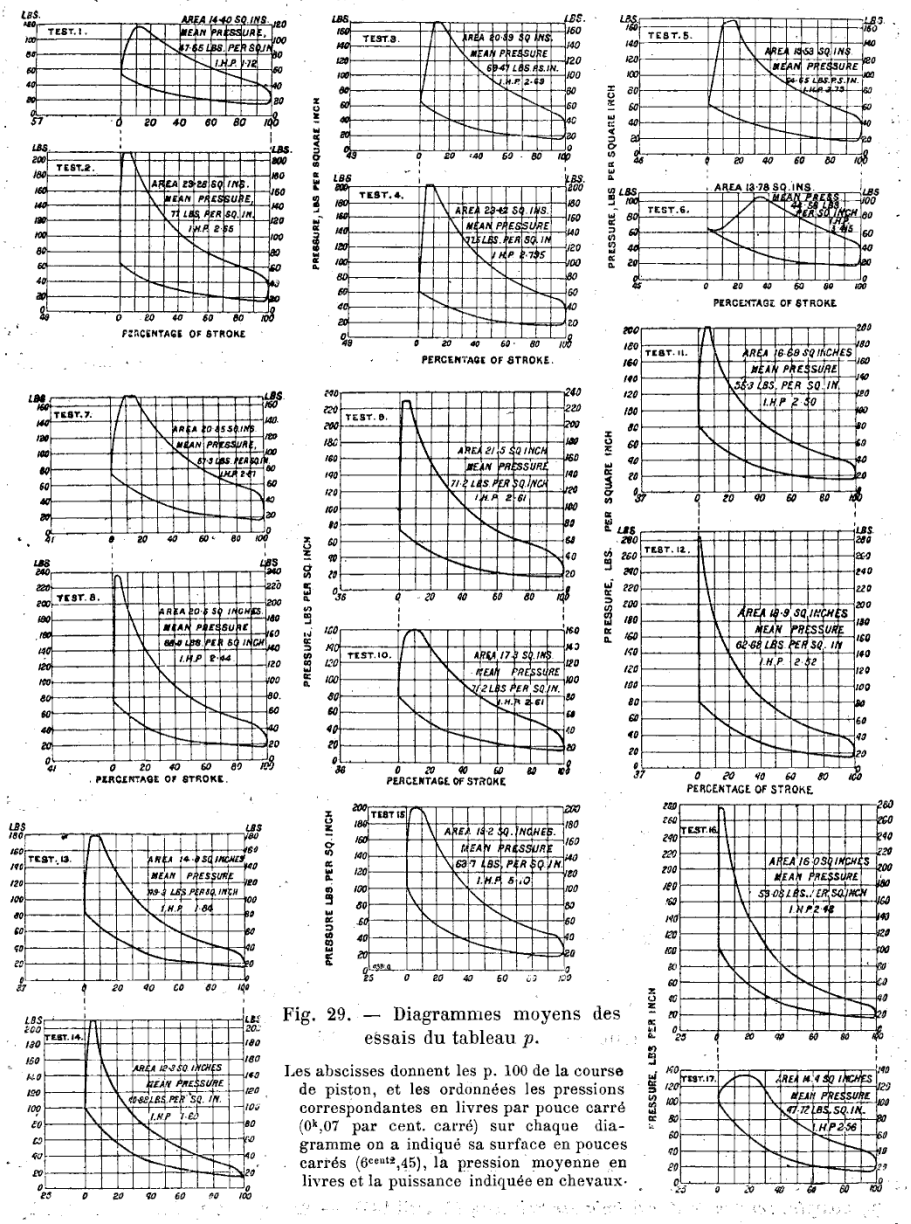


Fig. 29. — Diagrammes moyens des essais du tableau *p*.

Les abscisses donnent les p. 100 de la course de piston, et les ordonnées les pressions correspondantes en livres par pouce carré (0k,07 par cent. carré) sur chaque diagramme on a indiqué sa surface en pouces carrés (6ceut²,45), la pression moyenne en livres et la puissance indiquée en chevaux.

L'essai n° 15 est à pleine puissance, à 197 tours; dans tous les autres essais, la charge du frein était constante.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Des trois essais à marche lente : nos 1, 13 et 14, le plus économique a été le n° 13, avec 10,4 d'air pour 1 de gaz.

Dans l'essai 14, la compression double, de celle du n° 1, n'a amené aucune économie.

Les essais les plus économiques, après le n° 13, sont les nos 7 et 17, avec 9,48 et 10,8 d'air pour 1 de gaz. Le choix de ce rapport est des plus importants. L'économie de la compression paraît due en grande partie à ce qu'elle permet de brûler complètement des charges plus faibles. Le rendement thermique des essais 4, 8, 9 et 16, est à peu près le même, et il est le plus faible dans l'essai n° 16, où la compression est la plus forte.

L'essai n° 6 n'est pas comparable aux autres : son diagramme démontre que l'allumage s'y est fait beaucoup trop tard.

L'essai n° 12 montre l'effet d'une charge très riche.

Le rendement thermique de l'essai n° 15, qui est de 20 p. 100, est très élevé pour un si petit moteur, et l'on pourrait probablement l'augmenter avec la dilution du gaz qui, dans ce cas, n'était que de 8,6.

Ces essais paraissent démontrer que l'économie augmente avec la dilution du gaz, ou la faiblesse du dosage qui, elle-même, croît avec la compression (1).

Sur les propriétés thermiques des fluides saturés. Note de M. E. Mathias (2).

1. Soit un poids, égal à 1 gramme, d'une vapeur saturée sèche; la théorie montre que (3) pour une variation dv du volume, la variation *adiabatique* dx du titre est donnée par

$$\frac{dv}{dx} = u' - u - \frac{L}{m'}\frac{du'}{d\theta}, \tag{1}$$

m' étant la chaleur spécifique de la vapeur saturée à $\theta°$, L la chaleur de vaporisation, u' et u les volume spécifiques de la vapeur saturée et du liquide saturé à la même température.

Pour les températures extérieures aux points d'inversion de m' ($m' < 0$), le signe du second membre de l'équation (1) n'est pas apparent, celui-ci se présentant sous la forme d'une différence. Les expériences calorimétriques que j'ai faites sur l'acide sulfureux permettent de montrer que, conformément aux conclusions de Clausius, $\frac{dv}{dx}$ est toujours du signe de m', d'où il suit que *la détente adiabatique d'une vapeur saturée produit toujours un abaissement de température.*

2. La théorie des propriétés thermiques des fluides saturés ne peut être faite qu'à la faveur d'une hypothèse sur une chaleur spécifique. Celle de M. Raveau (4), qui conduit à des conséquences que j'ai vérifiées, suppose que la chaleur spécifique *à volume constant* des fluides saturés reste finie même à la température critique. Mes expériences sur l'acide sulfureux permettent de démontrer directement l'exactitude de cette hypothèse.

(1) C'est là un fait constaté depuis longtemps par la pratique : voir G. Richard, *les Nouveaux Moteurs à gaz et à pétrole*, p. 66.

(2) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 12 avril 1898. — Travail fait au laboratoire de Physique de la Faculté des Sciences de Toulouse.

(3) Voir Lippmann, *Thermodynamique*, p. 174.

(4) C. Raveau, *Journ. de Phys.*, 3e série, t. I, p. 461; 1892.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La chaleur spécifique à volume constant d'un mélange de liquide et de vapeur saturée de titre x et de poids égale à 1 gramme est donnée par

$$C_x = x C_1 + (1 - x) C_0; \tag{2}$$

C_1 et C_0 sont ce que devient C_x quand on fait $x = 1$ et $x = 0$; s'ils restent finis toujours, il en sera de même de C_x. Ces quantités sont données par les équations

$$C_0 = m - l\frac{du}{d\theta}, \qquad C_1 = m' - l\frac{du'}{d\theta}, \qquad l = \frac{L}{u' - u}, \tag{3}$$

m désignant la chaleur spécifique du liquide saturé à 0.

Le calcul montre que C_0 est positif, plus petit que m, et va constamment en croissant jusqu'à la température critique. C_1 est toujours positif comme C_0, mais prend aux basses températures des valeurs très élevées, qui décroissent quand la température s'élève, passant par un minimum vers 75°, suivi d'un maximum vers 110°. A partir de ce maximum, C_1 décroît constamment jusqu'à la température critique.

Les courbes $C_1 = f(\theta)$ *et* $C_0 = \varphi(\theta)$ *se raccordent, à la température critique, suivant une tangente parallèle à l'axe des ordonnées, la limite commune de* C_1 *et* C_0 *étant finie et positive.*

Les courbes à titre constant $C_x = \psi(\theta)$ sont telles que, pour une valeur fixe de θ, leurs tangentes soient concourantes. Toutes ces courbes admettent, à la température critique, la même tangente commune, sauf une qui coupe toutes les autres sous un angle fini et qui est vraisemblablement celle de titre 0,5.

La chaleur spécifique *à titre constant* d'un mélange saturé de titre x, qui est définie par

$$\mu_x = xm' + (1 - x) m,$$

jouit de propriétés tout à fait analogues à celles de C_x.

3. Si l'on considère la *courbe de saturation* dans le plan des pv et une adiabatique *intérieure*, le coefficient angulaire de cette adiabatique est toujours négatif, la pression diminuant quand le volume augmente. On a, en effet,

$$\frac{dp}{dv} = -\frac{l\dfrac{dp}{d\theta}}{C_x}.$$

La limite de C_x n'étant ni nulle ni définie, il s'ensuit que l'adiabatique *intérieure* qui passe par le sommet de la courbe de saturation n'est ni tangente ni orthogonale à cette courbe qu'elle rencontre obliquement.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

PROCÈS-VERBAUX

Séance du 25 mars 1898.

Présidence de *M. Carnot*, président.

Correspondance. — *MM. Collignon* et *Aimé Girard*, secrétaires, dépouillent la correspondance.

Ils font part au Conseil de la perte que la Société vient d'éprouver par le décès de *M. L. M. Roure*, membre de la Société, de la maison Roure-Bertrand fils et Cie, fabricants de produits pour la parfumerie, à Grasse.

M. Cacheux, président de la société *l'Enseignement professionnel et technique des pêches maritimes*, envoie différents documents relatifs à cet enseignement, ainsi que le programme du concours de cette Société pour 1898, et demande que la Société d'Encouragement veuille bien mettre, pour ce concours, un prix à sa disposition. (Comité du Commerce.)

M. Hamon, 148, rue de Vanves, demande une annuité de brevet pour un *générateur à vapeur instantanée*. (Arts mécaniques.)

M. Roullée, 93, rue de Versailles (Boulogne-sur-Seine), demande une annuité de brevet pour un *brûleur de pétrole pour chaudières*. (Arts mécaniques.)

M. Gruet, à Vaison (Vaucluse), demande une annuité de brevet pour un système de *tramways électriques*. (Arts économiques.)

M. Pain, 14, boulevard Saint-Jacques, présente un *appareil de géodésie*. (Arts économiques.)

M. Bretmacher, 3, rue de Civiale, demande une annuité de brevet pour un *appareil plongeur* pour travaux sous-marins. (Arts mécaniques.)

M. Aubert, à Saint-Étienne-de-Montluc (Loire-Inférieure), présente un systèmes de *leviers articulés pour transmission de la force motrice*. (Arts mécaniques.)

Correspondance imprimée. — MM. les Secrétaires présentent, avec remerciements aux donateurs, les ouvrages mentionnés à la p. 367 du *Bulletin* de mars.

Conférence. — *M. J. Pillet* fait une conférence sur les *grandes constructions métalliques aux États-Unis*.

M. le Président, s'associant aux applaudissements de l'auditoire, remercie et félicite M. Pillet de sa très intéressante conférence, qui sera reproduite au *Bulletin*.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

LIVRES ET OUVRAGES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE

EN AVRIL 1898

De la Smithsonian Institution; **The Smithsonian Institution,** 1846-1896. 1 vol. in-4, 860 p.

A l'occasion du cinquantenaire de cette fondation (1846-1896) il vient d'être publié avec l'approbation du secrétaire général, M. S. P. Langley, et par les soins de M. George Brown Goode, éditeur à Washington, un fort intéressant historique des origines, du but, des transformations de la *Smithsonian Institution*.

L'une des particularités de cette œuvre américaine consiste dans la provenance des premiers fonds, dus à la libéralité de l'Anglais Smithson, qui, au cours de sa jeunesse, avait pris part, avec l'armée britannique, à la guerre de l'indépendance.

Fils naturel d'un lord, sans famille, Smithson légua à la République américaine une fortune d'environ 2 500 000 francs pour *fonder à Washington un établissement destiné au progrès et à la vulgarisation de la science.*

Grâce au bon vouloir des autorités anglaises, les formalités administratives furent aussi abrégées que possible ; un an après l'acceptation du legs par le gouvernement des États-Unis, le fondé de pouvoir américain entrait en possession de la donation et en versait le montant dans les caisses du Trésor.

Il fallut plus de temps pour étudier le meilleur emploi de cette fortune conformément aux intentions du testateur. Après des tâtonnements inévitables, des constructions et des transformations successives, la *Smithsonian Institution* est devenue une sorte de vaste *Muséum-Bibliothèque* qui comprend à la fois des collections minéralogiques, botaniques et ethnographiques, — principalement de l'Amérique du Nord ; — une bibliothèque scientifique, partiellement organisée sur le modèle de nos grandes bibliothèques publiques, mais, dans d'autres parties, subdivisée en salles spécialement affectées à des recherches particulières ; un parc zoologique, où afflue le public les dimanches et jours fériés ; un observatoire d'astronomie physique, etc.

Aucun établissement n'a peut-être organisé aussi largement l'échange de ses publications, car, à la fin de l'année 1895, la *Smithsonian Institution* entretenait des relations, dans ce but, avec 10 765 bibliothèques et 12 643 particuliers.

L'historique auquel nous empruntons les indications ci-dessus contient les portraits de Smithson et des principaux titulaires qui, depuis l'origine, se sont consacrés au développement de cette remarquable fondation et se sont illustrés par des mémoires scientifiques publiés dans les bulletins périodiques de la *Smithsonian Institution*.

Du Ministère de l'Instruction publique.

Œuvres de Laplace, vol. 12, et d'**A. Cauchy,** vol. X. In-4. Paris, Gauthier-Villars. **Expériences du « Travailleur » et du « Talisman » en 1880-1883.** *Mollusques et Testacés,* par M. A. Locard, 1 vol. in-4, 516 p., 22 pl. Paris, Masson. **Lettres de Catherine de Médicis,** publiées par M. Baguenault de Puchesse, vol. VI, 1578-1579. 1 vol. in-4, 565 p. Imprimerie nationale.

Du Ministère du Commerce. **Offre de travail. Les associations ouvrières de production** et **Salaires et durée du travail dans l'industrie française.** *Résultats généraux,* vol. IV, et album-graphique. In-8. Imprimerie nationale.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

De l'Encyclopédie Leauté. **Nouveau traité des bicycles et bicyclettes,** par M. C. Bourlet. Paris, Gauthier-Villars.

Les jardins d'essais coloniaux, par M. J. Dybowski. 1 broch. in-8, 40 p. extraite du *Tour du Monde.* Paris, Hachette.

Le Commerce Rochelais au XVIII^e siècle, par M. E. Garnault, 4^e partie : marine et colonies, 1749-1763. 1 vol. in-8, 352 p. Paris, A. Challamel.

Excursions pittoresques parmi les sciences et les arts, par M. F. J. Pillet, 1^er fascicule, chez l'auteur, 38, boulevard Garibaldi.

Annuaire de la Chambre syndicale des constructeurs de machines de France, 1 vol in-8°, 160 p. Hôtel des Chambres syndicales, 10, rue de Lancry, Paris.

Les eaux de Versailles, par MM. Lacour et Gravin, 1 broch. in-8, 40 p. Paris, Masson.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

LITTÉRATURE

DES

PÉRIODIQUES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE DE LA SOCIÉTÉ

Du 15 Mars au 15 Avril 1898

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.
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).
La . . . . La Locomotion automobile.
Ln. . . . . La Nature.
Ms. . . . . Moniteur scientifique.
Mc . . . . Revue générale des matières colorantes.
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.).
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 reservés au Cnam et à ses partenaires

AGRICULTURE

Agriculture en Prusse. Mesures pour la protéger. *Ef.* 2 *Avril*, 431.

Avoines (Les). *Ag.* 19 *Mars*, 450.

Bétail. Alimentation des vaches par la betterave. *Ap.* 17 *Mars*, 377.

— Race bovine flamande. *Ap.* 17 *Mars*, 399.

— Calcul des rations. *Ap.* 24 *Mars*, 413.

— Paille, blé et avoine pour l'alimentation. *Ag.* 26 *Mars*, 489; 2 *Avril*, 545.

Blé en Sibérie. *USR. Mars*, 374.

Canaigre (Le). Essais en Algérie. *Ag.* 2 *Avril*, 532.

Engrais. Fumure des prairies (Grandeau). *Ap.* 31 *Mars*, 450.

— Emploi du nitrate de soude pour la fumure des plantes sarclées. *Ap.* 14 *Avril*, 544.

— Dénitrification (La) (Sommerville). *SNA. Décembre*, 615.

— Dosage de la potasse dans les sols au point de vue des engrais potassiques (Grandeau). *Ap.* 7 *Avril*, 488.

Forêts. Congrès forestier de Vesoul. *SNA. Décembre*, 680.

Lait. Utilisation du lait écrémé. *Ap.* 14 *Avril*, 528. Détermination du mouillage (Villiers et Bertault). *ScP.* 5 *Avril*, 305.

Légumineuses. Microbes des nodosités. (Mazé). *Rs.* 2 *Avril*, 433.

Machines agricoles aux concours de 1898. (Ringelmann). *Ap.* 7-14 *Avril*, 496. 24 *Mars*, 425, 534.

— Semoirs. *Dp.* 19 *Mars*, 251; 2 *Avril*, 297.

— au concours de Hambourg et Stutgard. (Batteuses). *VDI.* 26 *Mars*, 347.

— Batteuses. Prévention des accidents. *Ap.* 31 *Mars*, 460.

— Barattes. *VDI.* 2 *Avril* 388.

Olive (L'). *Ap.* 31 *Mars*, 459.

Plantations sur routes. Ap. 17 *Mars*, 388.

Reboisement dans la Loire. *Ag.* 19 *Mars*, 447.

Soja de Provence (Le). *Ap.* 7 *Avril*, 493.

Vigne. Palissage et relevage (Walfard). *Rs.* 19 *Mars* 365.

— Vins fabriqués au permanganate de potasse. *Pc.* 1er *Avril*, 321.

CHEMINS DE FER

Chemins de fer de Chine. *E'.* 18 *Mars*, 251; *E.* 18 *Mars*, 339.

— du monde. *E.* 18 *Mars*, 327.

Chemins de fer du Central London. *E.* 18 *Mars*, 329; *E'* 8 *Avril*, 332.

— africains. *Ef.* 9 *Avril*, 470.

— du Wannsee. *Société d'Encouragement de Berlin. Mars*, 163.

— électriques suburbains du New England. *Rt.* 10 *Avril*, 153.

— Pneumatiques Hoperaft. *E'.* 8 *Avril*, 328.

Frein Chapsal. Rt. 25 *Mars* 129.

Locomotives. Vitesses en Angleterre (R. Marten). *EM. Avril*, 87. Économie des *E'.* 15 *Avril*, 357.

— Dépenses sur les chemins anglais et américains. *Ri.* 7 *Avril*, 147.

— construites en Angleterre pour l'Amérique. *E'.* 18 *Mars*, 249.

— *Compound* express du Nord. *Rt.* 25 *Mars*, 121. Expériences en service. (Barbier). *Rgc. Mars*, 158; du P. L. M. *E.* 15 *Avril*, 475. Valve de démarrage de Pittsburg. *RM. Mars*, 321.

— Baldwin pour le Grand Trunck. *RM. Mars*, 320.

— Construction de la locomotive moderne (Hugues). *Rgc. Mars*, 183.

— à voie de 1 mètre. Chemins japonais. *RM. Mars*, 321.

Matériel roulant. Ressorts pour wagons de marchandises. *RM. Mars*, 322.

— Résistance à la traction aux grandes vitesses. *Gc.* 9 *Avril*, 377.

Rails. Détériorations microscopiques (Andrews). *E*, 15 *Avril*, 451.

Voie. Traverses métalliques (Emploi des) sur les chemins turcs. *Gc.* 19 *Mars*, 325.

— — au Saint-Gothard. *Rt.* 10 *Avril*, 150.

— Préparation des traverses à la Compagnie de l'Est (Dufaux). *Rgc. Mars*, 135.

— Signaux de l'Illinois RR. Chicago. *E'. Mars*, 274.

— Résistance des rails dans les voies. *Rt.* 10 *Avril*, 165.

Voitures automobiles du chemin de fer du Nord. *Rgc. Mars*, 189.

TRANSPORTS DIVERS

Automobiles (Les roues). *La.* 17 *Mars*, 169.

— Étude sur les moteurs (Simon). *Elé.* 24 *Mars*, 197.

— *à pétrole* Gauthier Wehrlé. *La.* 24 *Mars*, 182; Gout (*id.*), 31 *Mars*, 200.

— *à vapeur* (Les). *Ri.* 9 *Avril*. 144. Roulotte

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

(André). *Bam. Mars*, 260; Tatin. *La.* 7 *Avril*, 221.

Automobiles. Omnibus Weideknecht. *Ri.* 2 *Avril*, 133.

— *électriques* (Les). *La.* 7 *Avril*, 210. — Kruger. *La.* 31 *Mars*, 203. — Britannia Motor Cariage C°. *La.* 7 *Avril*, 215.

— différentiel de Dion, Bouton et Chaplet. *RM. Mars*, 324.

— Roue Suss. *Rt.* 10 *Avril*, 149.

Cableways pour l'exploitation de la glace au Cassel. *Gc.* 26 *Mars*, 341.

Locomotive routière Mann. *E'.* 25 *Mars*, 278.

Tramways *électriques* mixtes Thomson Houston. 9 *Avril*, 232.

— à canalisations souterraines (Pellissier). *EE.* 9 *Avril*, 63.

— (Contrôleur pour) Walker. *EE.* 9 *Avril*, 45.

Vélocipédes. Détails divers. *E.* 25 *Mars*, 367.

— à pétrole Gauthier Wehrlé. *La.* 24 *Mars*, 186.

— Changement de vitesse Reilly et Haigh. *RM. Mars*, 525.

— Pédale fixe Manheim. *Ln.* 9 *Avril*, 289.

CHIMIE ET PHYSIQUE

Acides (Causes du déplacement réciproque des) (Colson). *CR.* 14 *Mars*, 831.

— acétique (Fabrication). *Rt.* 25 *Mars*, 131.

— chromique (Séparation) (Brearley). *CN.* 25 *Mars*, 131.

— carbonique. Photolyse et réduction par l'hydrogène naissant. (Bach). *Ms. Avril*, 241.

— camphorique (Blanc). *ScP.* 5 *Avril*, 277.

Alcaloïdes divers. *Cs.* 28 *Fév.*, 179; 31 *Mars*, 265.

Analyse spectrographique de métaux du commerce et de minéraux tirés des potasses de Stassfurth (Hartley et Ramage). *CN.* 18 *Mars*, 121.

Arsenic. Séparation et dosage (Pattinson). *Cs.* 31 *Mars*, 211.

Blanchiment des tissus en 4 heures et à 140° (Sheer et Bzylunky). *SIM. Janv.* 29.

Bolomètre (Le) (Langley). *American Journal of Science, Avril*, 241.

Brasserie. Divers. *Cs* 28 *Fév.*, 170, 188, 189; 31 *Mars*, 258.

— (Écoles de). *Co.* 31 *Mars* 222.

— Touraillage. *Co.* 19 *Mars*, 373.

— Valeur du malt d'après son estimation colorimétrique (Lovibond). *Cs.* 31 *Mars*, 206.

Brasserie. La glucose. *Cs.* 31 *Mars*, 259.

Céramique. Tuilerie d'Eichicht. *Gc.* 2 *Avril*, 367.

Cérium et thorium. Séparation des oxydes (Wyrouboff et Verneuil). *ScP.* 20 *Mars*, 219.

Chaux et Ciments. Divers. *Cs.* 28 *Fév.*, 154; 31 *Mars*, 247. Fabrique à Macao. *E'.* 15 *Avril*, 352. Ciments de laitiers (les) *SuE.* 1 *Avril*, 320.

— Essais des ciments de Portland à l'invariabilité de volume. Le *Ciment. Mars*, 41.

Chlorophyles (Les) (Etard). *Acp. Avril*, 556.

Cyanures (Fabrication des) Conroy. *Cs.* 28 *Fév.*, 98.

— dans la fabrication du gaz. *Cs.* 28 *Fév.*, 140.

Densité des gaz. Détermination en masses très petites. (Schlœsing). *CR.* 21 *Mars*, 896.

Diastase. Substances diastatiques dans les algues et les céréales. (Takamine). *Cs.* 28 *Fév.*, 118, 120.

Distillerie. Procédés nouveaux. (Petit). *Ms. Avril*, 244.

Électro-déposition du cuivre (Graham). *EE.* 9 *Avril*, 70.

Éléments inactifs (Groupement probable des) (J. Thomson.) *CN.* 18 *Mars*, 120.

Essence de santal citrin. *Pc.* 1er *Avril*, 332.

Éthérification (L') (Debienne). *Actualités chimiques*. 30 *Mars*.

Explosifs. Divers. *Cs.* 28 *Fév.*, 182; 31 *Mars*, 371.

— Poudre à canon (Hargreaves) (*id.*), 181.

— Nitration des carbohydrates (Wille et Leuze). *Cs.* 31 *Mars*, 271.

Étain (Dosage de l'). (Pattinson). *Cs.* 31 *Mars*, 214.

Ferrates (Les). *Cs.* 31 *Mars*, 265.

Ferrocyanure de sodium. Composition et solubilité (Conroy). *Cs.* 28 *Fév.*, 103.

Gaz d'éclairage. Divers. *Cs.* 28 *Fév.*, 140, 229; 31 *Mars*, 232.

— Progrès actuel des becs. *Cs.* 31 *Mars*, 229.

— Production de l'ammoniaque comme sous-produit. *Cs.* 31 *Mars*, 231.

— *Acétylène*. Divers. *Cs.* 28 *Fév.*, 142; 31 *Mars*, 235.

— — Gazogènes divers. *Gc.* 26 *Mars*; 29 *Avril*, 344, 362, 375. *Exley. E.* 15 *Avril*, 483.

— — Four à carbure Maxim. *E.* 25 *Mars*, 385.

— — (Analyse de l'). *Cs.* 31 *Mars*, 231.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Graisses et huiles. Divers. *Ms. Avril*, 297; *Cs.* 28 *Fév.*, 161; 31 *Mars*, 253.

— Recherche des corps gras étrangers dans le lard et le beurre. *Ms. Avril*, 297.

Hélium (Ramsay). *Acp. Avril*, 433.

Iodure de tungstène (Defacqz). *CR.* 28 *Mars*, 962.

Laboratoire. Divers. *Cs.* 28 *Fév.*, 182; 31 *Mars*, 272; *CN.* 25 *Mars*, 132.

— Technique de Copenhague. *Cs.* 28 *Fév.*, 125.

— Séparation et dosage de l'iode, du brome et du chlore (Carnot). *ScP.* 20 *Mars*, 251.

— (Emploi de la flocculation dans les) (Smith). *Cs.* 28 *Fév.*, 117.

— Dosage de l'oxyde de cuivre par le permanganate de potasse. *Cs.* 28 *Fév.*, 124; de l'étain, du plomb, de l'antimoine. *Cs.* 28 *Fév.*, 184; *Ms. Avril*, 281; des sels stanneux (*id.*), 282.

— Analyse de la soude caustique. *Ms. Avril*, 282.

— Dosage électrolytique (Le) (Wolman). *Ms. Avril*, 272.

— Analyse des alliages pour coussinets (Garrigues). *Ms. Avril*, 275.

— Détermination de l'acide tartrique (Mosczenski). *Cs.* 31 *Mars*, 215.

— Analyse des vins. Instructions du Conseil fédéral allemand. *Cs.* 31 *Mars*, 277.

— Dosage volumétrique du chrome (Lefler). *CN.* 7 *Avril*, 156.

Loi périodique des éléments. (Bayley). *CN.* 7 *Avril* 157.

Manganèse: Précipité par le chlorate. Conditions d'oxydation (*American Journal of Sciences, Avril*, 260.

Optique. Fabrication électrolytique des miroirs paraboliques (Cowles). *E.* 18 *Mars*, 349.

— *Rayons X. Ln.* 19 *Mars*, 249; 2 *Avril*, 274.

— — *EE.* 19-24 *Mars*, 509, 525, 555; *CR.* 21 *Mars*, 887, 919, 923; *Pc.* 1er *Avril*, 330.

Oxydants. Action sur les corps azotés (de Comnek). *CR.* 4 *Avril* 1042.

Ozokérite en Galicie. *Cs.* 31 *Mars*, 236.

Oxyde de carbone (Dosage de l') dans de grandes masses d'air. A. Gautier. *CR.* 14, 21, 28 *Mars*, 793, 871, 913.

Oxyde de carbone (Dosage de l') par le chlorure de palladium (Potain et Drouain) (*id.*), 938.

— dans l'air et dans le sang (Martin). *CR.* 4 *Avril*, 1036.

Pétrole dans la presqu'île de l'Apsheron. *E'.* 8 *Avril*, 323.

Poids moléculaires des gaz. Détermination en partant de leurs densités (D. Berthelot). *CR.* 28 *Mars*, 954; 4 *Avril*, 1030.

Papier. Divers. *Cs.* 31 *Mars*, 263.

— Évolution du procédé au sulfite (Griffin). *Cs.* 31 *Mars*, 217.

— Récupération des liqueurs sulfitées. *Cs.* 31 *Mars*, 264.

Parfums. Divers. *Cs.* 31 *Mars*, 266.

Résines et vernis. Divers. *Cs.* 28 *Fév.*, 163. 31 *Mars*, 255.

— Céruse et ocre. *Cs.* 31 *Mars*, 255.

Siliciure de chrome (Nouveau) (Zettel). *CR.* 14 *Mars*, 833.

Sulfure de strontium phosphorescent. *CR.* 21 *Mars*, 904.

Sucrerie. Divers. *Cs*, 28 *Fév.*, 168; 31 *Mars*, 237; *Ms. Avril*, 290.

— Estimation de la saccharose. Méthode de Clerget (Ling). *Cs*, 28 *Févr.*, 110.

— de l'humidité dans le sucre interverti (*id.*), 114.

— (Fermentation du). *Ms. Avril*, 290.

— Action des alcalis sur les sucres. *Cs.* 28 *Fév.*, 169.

— Dosage des sucres (Lehmann). *Ms, Avril*, 296.

— Composition du sucre de canne de l'Inde (W. Leather). *Cs.* 31 *Mars*, 202.

— Sucres réducteurs. Détermination par l'électrolyse. (Nihout). *Ru. Mars*, 293.

Tannerie. Divers. *Cs.* 28 *Fév.*, 164.

— Effet de la température sur l'extraction des tanins (Parker). *Cs.* 28 *Fév.*, 106.

— Gants de peau de Suède. *Cs.* 28 *Fév.*, 150.

Teinturerie. Divers. *Cs.* 28 *Fév.*, 145-148 et 149-151; 31 *Mars*, 237-240, 241-244; *SiM. Janv.*, 40-50. Tartrazine (*id.*), 145.

— Laque de cérium, *Cs.* 28 *Fév.*, 150.

— Nouvelle matière colorante bleue. *M.* 1er *Avril*, 129.

— Dosage des indigos par l'acide acétique cristallisable (Bzylenski). *SiM. Janv.*, 33.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Teinturerie. Rongeage des couleurs par l'hydrosulfite. *Mc.* 1er *Avril*, 134.
— Progrès des matières colorantes (Ehrman et Suais). *Ms. Avril*, 249.
— Application du cérium. (Gnehm). *Mc.* 1er *Avril*, 135.
— Bleus de dianisidine. *Cs.* 31 *Mars*, 241.
Terres ytriques. Méthode de fractionnement (Urbain). *CR.* 14 *Mars*, 835.
— dans les sables monazités (Schutzemberger et Boudouard). *ScP.* 20 *Mars*, 227, 236.
Théorie chimique (Bases de la). (Marqfoy). *Actualités chimiques*, 30 *Mars*, 89.
Verre. Fabrication des fenêtres en verres étamés (Day). *SA.* 25 *Mars*, 421.
— Relation entre les propriétés électriques et la composition chimique (Gray et Dobbie). *CN.* 1er *Avril*, 143.
— Verrerie américaine pour laboratoires (La). Uhlig. *Cs.* 31 *Mars*, 221.
— Couleurs fusibles pour les verres. *Cs.* 31 *Mars*, 245.

COMMERCE ET ÉCONOMIE POLITIQUE

Assistance par le travail. Les jardins ouvriers. *Rso.* 16 *Mars*, 456.
Brésil. Chemins de fer, immigration, etc. *USR. Mars*, 387.
Conseils des Prud'hommes (Les). *Ef.* 9 *Avril*, 468.
Chine moderne et ses industries. *E'.* 1er *Avril*, 293.
Droit d'association (Enquête sur les législations du). *Musée Social*. 25 *Fév.*, 15 *Mars*.
France. Commerce extérieur pendant les dix dernières années. *Ef.* 19 *Mars*, 363, 9 *Avril*, 463.
— Industries d'art (Déclin des). *USR. Mars*, 425.
Hôtels et Clubs pour les ouvriers. *Dof. Mars*, 141.
Japon agricole. *Ef.* 19 *Mars*, 365. — Industriel. *E'.* 25 *Mars*, 271.
Mexique. Situation économique et financière. *Ef.* 26 *Mars*, 400.
Nouvelle-Zélande. Ressources minérales (Garnier). *Ic. Fév.*, 192.
Octrois. Remplacement à Paris. *Ef. Avril*, 429.
Participation aux bénéfices. *Rso.* 1er *Avril*. 855,
Travail du dimanche en Belgique. *Rso.* 19 *Mars*, 479.
Sociétés ouvrières de production. Association des bonnetiers de Morlaix. *Rso.* 1er *Avril*, 53.
Sucres (Droits sur les) et les Indes. *SA.* 1er *Avril*, 442.
Successions territoriales dans les campagnes françaises. *Rso.* 1er *Avril*, 574.

CONSTRUCTIONS ET TRAVAUX PUBLICS

Béton de ciment (Petits ouvrages d'art en). *Ac. Avril*, 50.
Ciment armé. Calcul des poutres et planchers. *Ac. Avril*, 58.
Incendies en Europe. *E.* 25 *Mars*, 355.
Palais du Parlement à Buda Pesth, *ZOI*, 1-17. *Avril*, 202, 217.
Quai du port de Puerto Cabello. Fer et ciment. *Rn. Mars*, 298.
Théâtres. Sécurité par les escaliers. *Ac. Avril*. 53.
Tunnels. Emploi du bouclier. *Gc.* 19 *Mars*, 328,

ÉLECTRICITÉ

Accumulateurs (Progrès des). (Foerster). *Cs.* 31 *Mars*, 251.
— Essai indistriel des. *Ie.* 10 *Avril*, 129.
— Mayer de Contades et Smith. *EE.* 19 *Mars*, 515; Pulvis. *Ie.* 25 *Mars*, 114; Capponi. *EE.* 2 *Avril*, 21; Crowdus. *Id.* 9 *Avril*, 68.
— à gaz, Commelin et Viau. *EE.* 24 *Mars*, 561.
Aluminium dans les applications électriques. *Ie.* 25 *Mars*, 105.
Coupe-circuit Yetman. *E.* 25 *Mars*, 385. Boucher. *Sie. Mars*, 101. Meyer *Élé.* 9 *Avril*, 225.
Chauffage électrique (Roy). *Ie. Fév.*, 214.
Courants alternatifs industriels. Calcul graphique (Guye). *EE.* 19 *Mars*, 503.
Bobines d'induction (Théorie des). (Armagnat). *EE.* 9 *Avril*, 53.
Câbles à circulation d'air sec (Barbarat). *Sie. Mars*, 119.
Conductibilité des dissolutions de permanganate de potasse (Legrand). *CR. Avril*, 1021.
Dynamos (Les). Parshall et Hobart. *E.* 18 *Mars*, 323, 1er *Avril*, 389. Siemens et Halske. *E.*, 15 *Avril*, 483.
— Non-isolation des boulons des induits. *Ie.* 25 *Mars*, 105.
— Moteurs à courants polyphasés. (Boucherot). *Sie. Fév.*, 68.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Écrans électromagnétiques (Maurain). *EE.* 2 *Avril*, 5.

Électrochimie Divers. *Dp.* 19-26 *Mars*, 259-277. *Cs.* 28 *Fév.*, 159. Du fer. *SuE.* 1 *Avril*, 304, organique. *Dp.* 9 *Avril*, 19.

— Action chimique de l'effluve électrique (Berthelot). *CR.* 14 *Mars*, 775.

— Fours électriques divers. *Dp.* 19 *Mars*, 255.

Éclairage. *Arc.* Recherches récentes (Hesse). *EE.* 9 *Avril*, 49. Phénomènes acoustiques (Simon). *Id.* 69.

— *Incandescence*. Résistance des lampes. Apt. et Hoffmann. *EE.* 24 *Mars*, 566.

— — Lampe à 200 volts. *E.* 25 *Mars*, 371.

— — A réflecteur. *EE.* 9 *Avril*, 68.

Interrupteur Crémieu pour bobines d'induction. *EE.* 24 *Mars*, 562.

— Knipp. *American journal of Science. Avril*, 283.

Lignes aériennes à haute tension. Matériel d'établissement. *Elé.* 2 *Avril*, 212.

Mesures. Appareils de (Armagnat). *EE.* 26 *Mars*, 537.

— des faibles résistances (Housman). *EE.* 24 *Mars*, 571.

— directe des ondulations hertriennes. *EE.* 24 *Mars*, 569 (décembre).

— Voltmètre Ebert et Hoffmann. *Elé.* 24 *Mars*, 199.

— Étalonnages d'un galvanomètre balistique par une bobine de self induction (Wien). *EE.* 1er *Avril*, 33.

— Isolement des appareils de mesures. *Elé.* 9 *Avril*, 231.

— Ampèremètre thermique au mercure. (Camichel). *CR.* 4 *Avril*, 1028.

Piles réversibles (théorie) Darrieus. *EE.* 19-26 *Mars*, 498-547.

— à oxyde de cuivre. *Ln.* 2 *Avril*, 285.

Stations centrales (Les). *Ie.* 10 *Avril*, 141.

— Quai de Jemmapes. *Ie.* 25 *Mars*, 10 *Avril*, 107-150.

— (Rendement thermique des). *EE.* 2 *Avril*, 25.

— Grenade. *Gc.* 2 *Avril*, 357.

Télégraphie sans fils (Essais de). *Rs.* 9 *Avril*, 458.

— Multiple. *Société d'Encouragement de Berlin*, 68.

Téléphone de campagne Bernstein. *E.* 18 *Mars*, 355.

HYDRAULIQUE

Irrigation par réservoirs dans l'Inde (Palmer). *EM. Avril*, 59.

Pompes diverses. *Dp.* 19 *Mars*, 241. Pinette. *RM. Mars*, 326.

— Worthington à triple expansion. *Eam.* 26 *Mars*, 371.

Stérilisation de l'eau par l'ozone à l'Exposition de Bruxelles. *Elé.* 9 *Avril*, 226.

Tube de Pitot et moulinet de Woltmann, expériences (Rateau). *AM. Mars*, 331.

Turbines. Niagara. *EE.* 19 *Mars*, 493. Piccart et Pietet (Cauterets). *Pm. Avril*, 50.

— Études sur les (Flamant). *RM. Mars*, 260.

MARINE, NAVIGATION

Canaux du Nord de l'Amérique, *ZOI.* 13 *Avril*, 235.

Constructions navales. Divers. *Dp.* 25 *Mars*, 269.

— en 1897. *E'.* 18 *Mars*, 247. — en Allemagne. *E.* 18 *Mars*, 344.

— pendant le règne de Victoria. *E'.* 18-25 *Mars*, 253-275. 13 *Avril*, 349.

— Aménagements des bateaux. *Société d'Encouragement de Berlin*, *Mars*, 51.

— Cargo-boat. Ropner. *E.* 18 *Mars*, 353; tronqué Oscar II. *E.* 15 *Avril*, 461.

— Navires à voiles. *E'.* 25 *Mars*, 282.

— Arrimage des rails. *Rt.* 10 *Avril*, 159.

— Frottement superficiel de l'eau (Hele Shaw). *E.* 8. 15 *Avril*, 444, 477.

Hélices jumelles (Froude). *E. Avril*, 416.

Machines marines du *Sovereign*. *E.* 18 *Mars*, 3341. — Essais du *Diadem*. *E'.* 1er *Avril*, 301. *E.* 8 *Avril*, 445.

— du *Kaiser Wilhelm*. *E.* 25 *Mars*, 363, 8 *Avril*, 429.

Marines de guerre anglaise. *Rmc. Mars*, 588. *E'.* 18 *Mars*, 260. *Rmc. Fév.*, 365. Nouveaux croiseurs. *E.* 25 *Mars*, 372. Cuirassé *Illustrious*. *E.* 18 *Mars*, 343. *Canopus*. *E'.* 25 *Mars*, 273. Croiseur *Powerfull*. *E'.* 25 *Mars*, 281. *Goliath*. *Id.* 303. Hermès. *E.*, 15 *Avril*, 470.

— allemande. *Rmc. Fév.*, 372. Américains cuirassés *Indiana* et *Iowa*. *Rmc. Mars*, 579.

— Espagnole et Américaine. *E'.* 15 *Avril*, 359.

— Norvégienne. *Rmc. Fév.*, 377. Japonaise. Cuirassé *Asama*. *E'.* 1er *Avril*, 308.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Marine russe. *Rmc. Fév.*, 374.
— Torpilleurs américains. *E'.* 1er *Avril*, 312.
Sous-marin l'*Argonaute*. *Elé.* 2 *Avril*, 209.
Torpille. Howell. *Gc.* 26 *Mars*, 347.
Torpilles sous-marines (Jacques). *E'.* 8 *Avril*, 321.
Tubes lance-torpilles. *Rmc. Mars*, 513.
Monte-canots Mac Kinnon. *RM. Mars*, 330.
Phare de l'île de Lundy. *E.* 1er *Avril*, 393.
Pêches maritimes. Divers. *Rmc. Fév.*, 385. *Mars*, 625.
Ports d'Anvers. *E'.* 8 *Avril*, 319.

MÉCANIQUE GÉNÉRALE

Accouplement. Rodel. *Ri.* 2 *Avril*, 136.
Aéroplane à vapeur. Nouvelle expérience (Tatin et Rochet). *Rs.* 19 *Mars*, 364.
Aiguilles (Fabrication des). *E'.* 1er *Avril*, 298.
Câbles (Fabrication des). *Eam.* 26 *Mars*, 2 *Avril*, 372-402.
— (Transmission par). *VDI.* 2 *Avril*, 373.
Chaudières marines militaires. Essais (Duchesnes). *Ic. Janv.*, 54.
— *à tubes d'eau*. Essais de Yarrow. *E.* 1-8. *Avril*, 411-427. — Belleville sur le *Kherson*. *E'.* 1er *Avril*, 305-307. Munford, Ferrand, Doudart de la Grée, de Naeyer. *RM. Mars*, 318. Niclause. *Pm. Avril*, 62.
— Clapet d'arrêt Mac Farlane. *E.* 1er *Avril*, 395.
— Alimentateur Tornycroft. *E.* 1er *Mars*, 347. — Maudsley. *RM. Mars*, 317.
— Cheminée. Redressement à la Compagnie des Houillères de Saint-Etienne. *Ri.* 26 *Mars*, 128.
— Désincrustateur au pétrole. *Ri.* 19 *Mars*, 116.
— Émulseur Dubiau. *Eam. Mars*, 200 ; *Ic. Janvier*, 79.
— Foyers Smith, Shorerl. *RM. Mars*, 319.
— — à paille Stinlon. *Id.*
— Instructions à l'usage des chauffeurs (Stromeyer). *Ri.* 26 *Mars*, 127.
— Réchauffeurs Wright. *E'.* 18 *Mars*, 262. Kirkaldy. *E'. Avril.* 331.
— Prise de vapeur Granié. *RM. Mars*, 319.
— Séparateurs Empire. *E.* 18 *Mars*, 347 ;
— — Pertwee, Bundy. *RM. Mars*, 320.
Surchauffe. Application aux machines à vapeur (Sinigaglia). *RM. Mars*, 233.
Concasseur Goddin. *RM. Mars*, 332.
Drague Mac Manus. *RM. Mars*, 326.
— Maritimes (Les). (Corthell) *EM. Avril*, 9.
Dynanomètres de traction. *Dp.* 25 *Mars*, 273.
Essoreuse Backstrom. *RM. Mars*, 314.
Excavateur Vulcan. *RM. Mars*, 331.
Froid. Machines Douane. *Ci.* 26 *Mars*, 136.
Graissage des organes mécaniques (Maglin). *RM. Mars*, 274. — Graisseur Cogney. *Bam. Avril*, 323.
— Graissage continu Berry. *RM. Mars*, 333.
Levage. Transbordeur Tyrack. *Ri.* 26 *Mars*, 123.
— Treuil Norris. *RM. Mars*, 328.
— Cableway Richon. *RM. Mars*, 315. — Lane. *Eam.* 2 *Avril*, 403.
— Convoyeur hydraulique. Castle. *RM. Mars*, 333.
— Basculeur Wood et Burnett. *RM. Mars*, 327.
— Grue du port de Dunkerque. *Rt.* 10 *Avril*, 145. — Electrique de 12000 kilos, *VDI.* 2 *Avril*, 386, roulante de 25 tonnes. Russell. *E'.*, 15 *Avril*, 362.
— Élévateurs pneumatiques Duckham. *E'*, 8. 15 *Avril*, 339, 461.
Machines-outils. Fraiseuses Ingersoll. *Ri.* 19 *Mars*, 265.
— Appareils de mesure. *Dp.* 26 *Mars*, 265.
— Forgeage (Procédés de). Roues (Codron). *Bam. Mars*, 159 ; *Avril*, 270. — Presses à forger. *SuE. Avril*, 314.
— Riveuses électriques Kodolish. *E'.* 1er *Avril*, 311.
— Fraiseuses Newton Farwell, Van Normann, Tyberg Snyder Tangye. *RM. Mars*, 292.
— Jauges, Calibres, etc. *Dp.* 2 *Avril*, 289.
— Perceuse pour canons de fusil Mason. *RM. Mars*, 307.
— Taraudeuse Tucker. *RM. Mars*, 311.
— à tailler les engrenages Brown et Sharpe. *Ri.* 9 *Avril*, 141.
— Meule Harper et Dow. *RM. Mars*, 313.
— Marteau radial Brett. *RM. Mars*, 329.
— Scie double Bentel. *RM. Mars*, 329.
Moteurs à vapeur pour dynamo. *EM. Avril*, 105.
— Distribution par soupapes Coleman. *RM. Mars*, 307. Radiales (Berling).
— *VDI.* 29 *Avril*, 377.
Condenseur atmosphérique. — Lindrolh. *RM. Mars*, 306. — Utilisation de la vapeur d'échappement. *RM. Mars*, 334.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Moteurs. Régulateurs Forth. *Ri.* 26 *Mars*, 121. Marschall. *RM. Mars*, 334.
— — direct Franieck. *VDI.* 19 *Mars*, 323.
— Turbines Curtis. *RM. Mars*, 335.
— Volants (Résistance des). *VDI.* 26 *Mars*, 353.
— **à gaz** à combustion sous haute pression. *CR.* 28 *Mars*, 957. — Diesel. *ZOI.* 25 *Mars*, 185.
— à l'exposition de Leipsick. *VDI.* 19 *Mars*, 309-341. — Aux États-Unis (Richmond). *EM. Avril*, 113. — Van Tohl. Tournel, Crossley. *RM. Mars*, 335.
— à gaz de hauts fourneaux. *SuE.* 15 *Avril*, 357.
— *à pétrole.* Hunter. *La.* 17 *Mars*, 172. Longuemare, Gardner. *RM. Mars*, 336.

Paliers à bague. *RM. Mars*, 332, en bronze d'aluminium. *Gc.* 9 *Avril*, 381.

Planimètre Richard. *Ele'.* 26 *Mars*, 193.

Résistance des matériaux. Déformation permanente des métaux. Écrouissage (Faurie). *Cs.* 2 *Avril*, 435.

MÉTALLURGIE

Fer et acier. État de l'industrie (De Billy). *Rgds.* 30 *Mars*, 229.
— Ateliers du Creusot. *E.* 18-25 *Mars*, 327-359. 8-15 *Avril*, 419, 357.
— Dosage du soufre dans le fer. *SuE.* 1er *Avril*, 326. Appareils de trempe. *SuE.* 15 *Avril*, 370. Forgeage (procédés de) Codron. Bandages et roues. *Bam. Avril*, 270.

Gazogène Bilt. *E.* 25 *Mars*, 366.

Grillage des pyrites au four Malétra. Observation des températures. *Ru. Mars*, 288.

Or. Divers. *Cs.* 28 *Fév.* 156.
Or. Traitement des slimes aurifères. *Gc.* 19 *Mars*, 333.
— Essais des minerais en vue de la cyanuration (Ellis). *Cs.* 28 *Fév.* 127.
— Cyanuration à la mine de Colas (Inde). *Cs.* 28 *Fév.*, 126. Directe des tailings *Eam.* 14 *Mars*, 240.
— Dix années de cyanuration (Beilby). *Cs.* 28 *Fév.*, 130. Bibliographie de la — *Id.* 136.
— Four à désagréger le quartz Webb. *E'. Avril*, 417.

MINES

Cuivre de Mora (Mexique). *Eam.* 26 *Mars*, 370.

Électricité (Dangers de l'). E. 25 *Mars*, 373.

Extraction aux grandes profondeurs (Tomson). *Ru. Fév.* 138 ; *Mars*, 237.

Fer. Recherche des minerais au moyen de l'aiguille aimantée (Nordenstrom). *Ru. Fév.*, 221.

Grisou. Explosions par l'électricité (Couriot et Meunier). *CR.* 21 *Mars*, 901.

Houillères. Installation au jour de Kirkby. *Pm. Avril*, 54.

Industrie minérale. Statistique. France (1896-1897). Espagne. Italie (1896). *AM. Mars*, 331-386.

Mica dans l'Inde. *Eam.* 12 *Mars*, 315.

Nouvelle-Zélande. Ressources minérales (Garnier). *IC. Fév.*, 192.

Or. Du Yukon à Skaguay. *Eam.* 14 *Mars*, 341. *USR. Mars*, 316. Corée, concessions américaines. *Id.*, 341.
— Laveurs. Longdale. *Eam.* 12 *Mars*, 311.
— Au Witwatersrand *EM. Avril*, 39.
— En Guyane (Lebat). *Am. Mars*, 386.
— Machine Sweeney pour placers. *Eam.* 26 *Mars*, 374.

Le Gérant : GUSTAVE RICHARD.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

97e ANNÉE. Cinquième Série, Tome III. MAI 1898.

BULLETIN

DE

LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT

POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

ARTS MÉCANIQUES

RAPPORT présenté au nom du *Comité des Arts mécaniques*, par **M. Edouard Bourdon**, sur une valve-clapet automatique d'arrêt, système **Groignard**.

M. Groignard, constructeur à Marseille, a présenté à l'examen de la Société d'Encouragement une valve-clapet automatique d'arrêt pour la vapeur. Le but utilitaire des appareils de cette nature est bien connu aujourd'hui et plusieurs modèles, imaginés par différents praticiens, ont été précédemment examinés par le Comité de mécanique; il suffira donc, dans le cas présent, de décrire la disposition brevetée par M. Groignard et d'indiquer le mode de fonctionnement de son appareil.

Ce constructeur, voulant éviter l'adjonction d'un dispositif supplémentaire à la canalisation de vapeur, a réuni en un seul et même organe, la valve de prise de vapeur et le clapet automatique d'arrêt, comme, d'ailleurs, cela a été fait par d'autres inventeurs. De plus, il a cherché dans une combinaison de pistons différentiels l'effort antagoniste qui permet de suspendre le clapet dans le courant de vapeur, tout en prévenant les fermetures intempestives de ce clapet.

Ceci dit, l'appareil se compose (fig. 1 et 2) d'un corps de valve de mêmes forme et dimensions que les valves ordinaires; à l'intérieur, le clapet V est vissé sur une tige qui porte un piston à chacune de ses extrémités; ces pistons P et p se meuvent librement dans deux cylindres dont les surfaces sont dans le rapport de $\frac{6}{1}$; un volant de manœuvre N est relié d'une façon invariable avec

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

la tige à brisure qui commande le clapet. La figure 1 représente l'appareil dans la position de fermeture indiquée par un repère F (fermé) ; ce repère, ainsi que deux autres O (ouvert) et M (marche automatique) sont tracés dans une rainure évidée le long de la douille filetée du chapeau de la valve. Pour ouvrir le passage à la vapeur, on fait descendre le volant jusqu'au

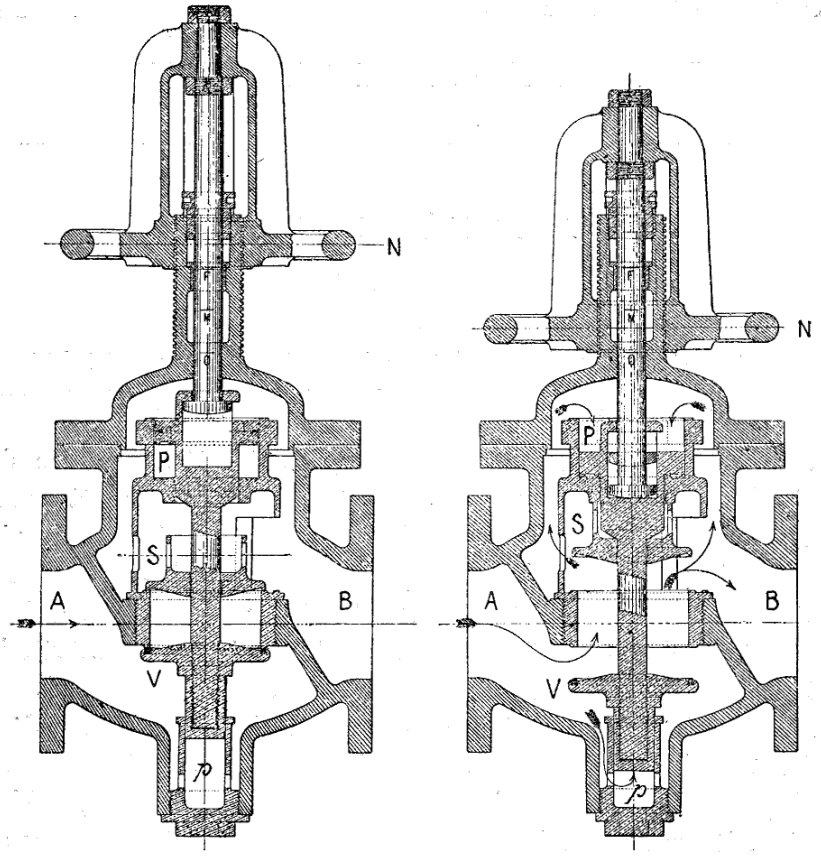


Fig. 1 et 2. — Clapet d'arrêt *Groignard* ouvert et fermé.

repère O ; par cette manœuvre, la tige brisée repousse l'ensemble des deux pistons et du clapet d'une quantité égale au quart du diamètre de ce dernier ; à ce moment, la pression agissant sur le piston P maintient le clapet dans sa position d'ouverture, et l'effort exercé sur ce piston s'oppose à une fermeture imprévue du clapet. On remonte alors le volant au point M, et le collet de la tige supérieure prend, dans son logement, une position moyenne, figurée en traits ponctués (fig. 2) ; c'est la position de marche automatique.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Si alors une rupture vient à se produire du côté B, la pression cesse d'agir

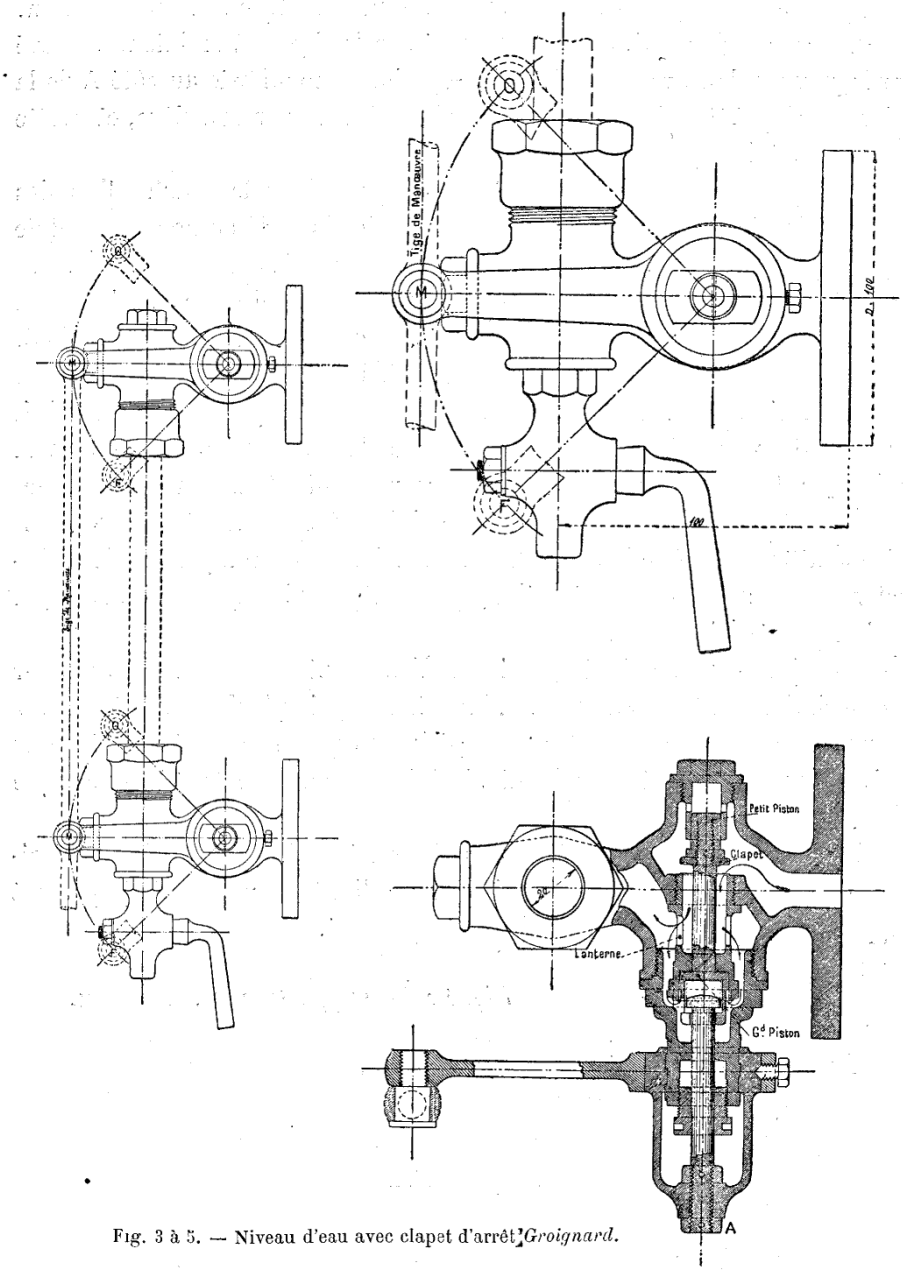


Fig. 3 à 5. — Niveau d'eau avec clapet d'arrêt *Groignard*.

sur le piston P, et celle qui continue à s'exercer sur le piston *p* s'ajoute à

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'action de la vitesse d'écoulement de la vapeur pour entraîner le clapet V, qui vient s'appliquer sur son siège et produit la fermeture de la canalisation.

Un second clapet S, enfilé librement sur la tige, est maintenu soulevé par le passage de la vapeur; si une dépression se manifeste du côté A de la valve, ce clapet S, sollicité par son poids, retombe sur son siège, et arrête l'écoulement de la vapeur.

M. Groignard a appliqué le même dispositif dans la construction des robinets de niveau d'eau, afin d'éviter les projections d'eau bouillante et de vapeur qui se produisent au moment de la rupture des tubes en verre. Ces robinets sont même plus simples que la valve décrite ci-dessus, puisque, la fermeture devant se faire dans un seul sens, le second clapet S est supprimé.

Ainsi qu'on le voit sur les figures 3 à 5, une tige de manœuvre relie les deux leviers des robinets; lorsque ces leviers occupent la position F, il y a fermeture complète; dans la position O, les passages de l'eau et de la vapeur sont ouverts; enfin, le point M correspond à l'ouverture avec fonctionnement automatique; cette position s'obtient en ouvrant d'abord complètement le robinet puis en ramenant le levier en M; il n'y a pas lieu d'insister sur les détails de construction, que les figures indiquaient d'une façon suffisamment claire.

Les valves et les robinets de niveau d'eau dont nous venons de donner la description sont en usage dans l'industrie depuis plusieurs années; nous avons fait, avec ces appareils, des expériences qui ont donné des résultats pleinement satisfaisants, justifiant ainsi les nombreuses attestations que l'inventeur nous a présentées.

En conséquence, le Comité de mécanique est d'avis de remercier M. Groignard de son intéressante communication et d'insérer au *Bulletin* le présent rapport, ainsi que les figures qui l'accompagnent.

Signé : Le Rapporteur, E. Bourdon,

Lu et approuvé en séance, le 13 *mai* 1898.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS ÉCONOMIQUES

RAPPORT présenté par **M. Violle**, au nom du *Comité des Arts Économiques*, SUR le *Viscosimètre*, de **M. Siderski.**

Les propriétés physiques des corps susceptibles des mesures exacts ont une importance toute particulière au point de vue de la science et de l'industrie. Parmi ces propriétés, l'une de celles qui ont été le moins étudiées est la

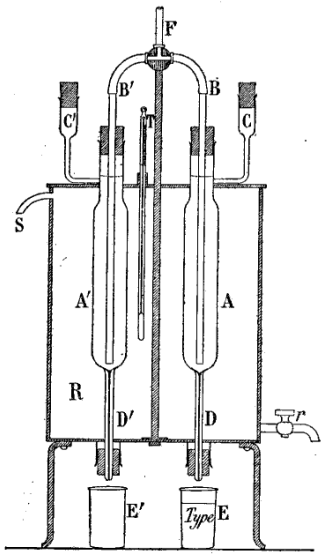


Fig. 1. — Viscosimètre *Sidersky*.

Le robinet F étant fermé, on ferme par des coiffes en caoutchouc les orifices des tubes capillaires D et D′, on ouvre C et C′. on verse par C 50 centimètres cubes du liquide type, par exemple de l'eau distillée, et, dans C′, 50 centimètres cubes du liquide à essayer, en même temps, on démasque une petite ouverture dans le bouchon de A, afin d'en chasser l'air; on enlève successivement les coiffes en caoutchouc, et, dès qu'il y a quelques gouttes d'écoulées par D et par D′, on ferme par leurs bouchons C et C′. On fait circuler dans le réservoir R de l'eau maintenue à la température choisie pour l'expérience. On attend alors quelques minutes pour que les pipettes A et A et leur contenu aient pris la même température que l'eau du réservoir. On ouvre alors le robinet F, et les deux tubes D et D′ commencent à couler à la fois. Dès que le liquide, dans le vase E, arrive *approximativement* au trait circulaire, on ferme le robinet F, et les tubes D et D′ cessent de couler. On pèse alors les vases tarés E et E′, qui donnent les poids respectifs P et P′ du liquide essayé et du liquide type. La viscosité relative du liquide essayé est alors obtenue par la formule : $V = \frac{P'}{P} \times \frac{d^2}{D^2}$, dans laquelle D est la densité du liquide essayé et d celle du liquide type.

viscosité des liquides, dont la valeur numérique constitue cependant un renseignement intéressant dans plus d'un cas. Frappé de l'utilité que pouvait en tirer l'industrie sucrière, particulièrement au point de vue de l'étude des mélasses, M. Siderski a cherché une disposition d'appareil lui permettant d'effectuer facilement la détermination de la viscosité relative d'un liquide. A cet effet, il combine (fig. 1) deux tubes de Poiseuille, par lesquels il fait écouler pendant le même temps, à la même température : d'un côté de l'eau

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

distillée de l'autre le liquide à étudier. La viscosité relative du liquide se déduit aisément de la comparaison des masses recueillies. M. Siderski a exposé en détail la marche de l'expérience dans son traité des *Constantes physico-chimiques*, publié dans la Collection des Aides-Mémoire, où il donne en même temps un historique intéressant de la question. La Société d'Encouragement ne peut que le féliciter d'avoir cherché à rendre pratiques les mesures de viscosité par l'emploi d'un appareil simple et bien compris.

Signé : Le Rapporteur, J. VIOLLE.

Lu et approuvé en séance, le 13 *mai* 1898.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS CHIMIQUES

RAPPORT présenté, au nom du *Comité des Arts chimiques*, par **M. A. Livache**, sur un travail de **M. E. Fleurent**, intitulé : *Recherches sur la composition immédiate et élémentaire des matières albuminoïdes extraites du grain des céréales et des graines des légumineuses ; conséquences pratiques de cette étude.*

Il est acquis, aujourd'hui, que le pain blanc provenant de farines pures est supérieur au pain bis des farines inférieures, tant au point de vue nutritif qu'à celui de la perméablité par les sucs digestifs, de la digestibilité, de la conservation, etc. ; les magistrales études d'Aimé Girard, effectuées tant au laboratoire que dans l'industrie, ont définitivement résolu cette question.

Aussi, l'industrie a-t-elle été conduite à produire des farines blanches, permettant d'obtenir le pain blanc, poreux et léger qu'exige la consommation, et elle y est arrivée grâce à la transformation de son outillage, au perfectionnement de ses procédés et à la fixation d'un taux d'extraction de farine judicieusement choisi.

Cependant, lorsque l'on observe les pains fabriqués avec ces farines de choix, on constate des différences notables suivant la provenance de ces farines. Avec les unes, on obtient un produit de levée régulière et de bonne tenue ; avec les autres, au contraire, on n'obtient qu'un pain mal levé et manquant de porosité.

En présence de ces résultats, la première idée qui devait venir à l'esprit était d'apprécier la teneur en gluten de ces farines, puisque c'est le gluten qui, par sa plasticité, leur communique la propriété de fournir des pains spongieux, de levée facile et régulière. Mais on put se convaincre que la teneur en gluten n'était pas la cause principale des différences observées, car des farines ayant des teneurs en gluten sensiblement égales fournissaient des pains de qualités très différentes.

Des travaux entrepris, depuis de longues années, sur les matières albuminoïdes, conduisirent M. Fleurent à attribuer les différences constatées, non pas tant à la teneur en gluten qu'aux propriétés des divers principes

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

constitutifs de ce gluten et à leurs proportions relatives. C'est en partant de ce point de vue que M. Fleurent est arrivé à des conclusions excessivement intéressantes, permettant de fixer les conditions essentielles que doivent remplir les farines pour fournir des produits de panification répondant à tous les désidérata de la consommation.

Dans l'important mémoire que M. Fleurent a présenté à la Société d'Encouragement, il commence par faire une étude approfondie de la composition immédiate du gluten des céréales. En modifiant aussi ingénieusement que méthodiquement les procédés d'analyse ordinairement employés et qui ne donnaient, le plus souvent, que des produits impurs ou altérés par l'emploi de réactifs trop énergiques, il a réussi à obtenir, à l'état de pureté absolue, les principes constitutifs du gluten, et, en particulier, les deux principes qui y entrent presque exclusivement, la *gluténine* et la *gliadine*.

L'expérience montre que le gluten des bonnes farines de froment contient 18 à 34 p. 100 de gluténine, matière pulvérulente et sèche, et 82 à 66 p. 100 de gliadine, matière visqueuse et fluente, à laquelle il faut attribuer les propriétés agglutinatives du gluten. Veut-on extraire le gluten en soumettant un pâton de farine à l'action de l'eau contenant une petite quantité de matières salines, la gliadine se transforme en une masse molle, à laquelle les particules de gluténine pulvérulente, jouant le rôle de matière inerte, donnent un degré de consistance suffisant pour rendre facile l'extraction du gluten.

Prenant alors les farines extraites des céréales autres que le froment, telles que celles de seigle, de riz, de maïs, d'orge, de sarrasin, et dont on sait que le gluten est inextractible dans les conditions précédentes de lavage à l'eau, M. Fleurent montre que, dans ce gluten, extrait alors par des moyens appropriés, la gliadine diminue dans de notables proportions par rapport à la gluténine ; l'excès de cette dernière empêche alors la gliadine de se lier, d'où impossibilité d'extraire le gluten par les moyens ordinairement employés pour son extraction de la farine de froment.

Des chiffres obtenus dans les expériences précédentes, M. Fleurent tire cette conclusion : pour qu'un gluten soit extractible, c'est-à-dire éminemment élastique et non collant, il doit exister un rapport minimum et maximum entre les quantités de gluténine et de gliadine.

Ces premiers résultats acquis, M. Fleurent examine de nombreuses farines de froment, et il montre que leur valeur boulangère est fonction de ce rapport qui, dans les meilleures conditions, correspond à 25 p. 100 de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

gluténine et 75 p. 100 de gliadine; avec une telle composition du gluten, on aura un pain bien développé et de facile digestion. Le rapport précédent descend-il à 20 p. 100 de gluténine et 80 p. 100 de gliadine, le pain se développe bien à la fermentation, mais redevient compact pendant la cuisson. Si, enfin, ce rapport monte à 34 p. 100 de gluténine et 66 p. 100 de gliadine, la pâte est sèche, peu liée, se développe mal; le pain reste compact et indigeste.

Incidemment, M. Fleurent montre que la fixation de l'eau qu'une farine peut retenir après la panification n'est fonction que de la quantité de gluten, et non pas de la proportion relative des deux composants, gliadine et gluténine.

Le rapport dans lequel doivent être les éléments constitutifs du gluten étant bien établi, M. Fleurent a été conduit à rechercher les moyens de corriger les farines donnant des produits de panification de qualité inférieure. Il a d'abord constaté que, dans les farines des légumineuses, la matière azotée se compose principalement de légumine fonctionnant comme la gluténine, et de gluten très peu riche en gliadine. Il était donc rationnel, lorsque l'on se trouvait en présence de farines de froment de valeur boulangère inférieure parce que la gliadine domine par rapport à la gluténine, d'y introduire une certaine quantité de farine de légumineuses judicieusement calculée de manière à rétablir le rapport de 25 p. 100 de gluténine et 75 p. 100 de gliadine. L'expérience montre qu'il en est bien ainsi, et vient confirmer les habitudes commerciales, qui consistent à ajouter 2 à 3 p. 100 de farine de légumineuses, comme on le pratique fréquemment dans la région du Nord, ou 8 à 12 p. 100 de farine de riz, ainsi qu'on le fait quelquefois en boulangerie à certaines farines de froment; sans cette addition, celles-ci ne donneraient que des pains plats et mal levés.

De plus, il suffira, pour une farine ainsi travaillée, de déterminer le rapport de la gluténine à la gliadine, pour établir nettement si cette addition a été faite dans le but d'améliorer la farine de froment ou, au contraire, de la falsifier. Il y a là un résultat doublement important, tant au point de vue de la panification qu'au point de vue fiscal.

Dans la dernière partie de son important travail, M. Fleurent s'est demandé quelle était, dans les différentes parties du grain de blé, la répartition du gluten et de ses principes immédiats, dont les proportions ont une si grande importance pratique.

Faisant usage d'un broyeur construit spécialement en vue d'expériences sur la mouture, M. Fleurent a réussi, au moyen d'artifices ingénieux, à

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

isoler les fragments provenant de trois zones distinctes de l'amande du grain de blé et à transformer ensuite chacun de ces fractionnements en produits farineux homogènes, dont il a étudié les différences de constitution au point de vue spécial de leur gluten. Opérant ainsi pour un grand nombre de blés (et le mémoire donne des analyses très complètes des produits obtenus) il démontre que, si la quantité de gluten va en augmentant du centre du grain de blé à la périphérie, la quantité de gluténine va également en augmentant dans le même sens, tandis que la quantité de gliadine diminue proportionnellement.

On comprend de suite la conclusion pratique qui en découle au point de vue de la mouture : la partie centrale du grain de blé, formant 42 à 58 p. 100 du poids de ce grain, a une composition spéciale bien déterminée, tant au point de vue de la quantité du gluten que de sa qualité, cette dernière établissant la valeur boulangère de cette farine. On pourra donc savoir, d'après le rapport de la gluténine à la gliadine du gluten de cette partie de l'amande, dans quelles limites on devra soit séparer les produits provenant du restant de l'amande, soit, au contraire, les ajouter pour rehausser le titre en gluténine.

Telles sont les grandes lignes du mémoire très étendu présenté par M. Fleurent. Cette étude produira tout son effet lorsque sera terminé le vaste travail qu'avait entrepris Aimé Girard sur la composition des blés français et étrangers, et pour l'exécution duquel M. Fleurent avait eu l'honneur d'être choisi comme collaborateur; nous comptons sur sa promesse de mener à bien ce travail, qui était presque terminé lors de la mort de notre regretté Secrétaire.

En appliquant alors les règles établies par M. Fleurent, l'industrie aura à sa disposition des farines de valeur boulangère connue, et, au besoin, elle pourra faire des coupages raisonnés soit des blés eux-mêmes, soit des produits qu'ils auront donnés, en vue d'obtenir, finalement, des farines de panification donnant pleine satisfaction à la consommation.

En conséquence le Comité des arts chimiques vous propose de remercier M. Fleurent de sa communication également importante, tant pour les producteurs de farines que pour les industriels qui les travaillent, et d'ordonner l'insertion du présent rapport au *Bulletin*, ainsi que celle du travail de M. Fleurent.

Signé : Le Rapporteur, A. LIVACHE.

Lu et approuvé en séance le 13 mai 1898.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS CHIMIQUES

Recherches sur la composition immédiate et élémentaire des matières albuminoïdes extraites du grain des céréales et des graines des légumineuses; conséquences pratiques de cette étude, par **M. E. Fleurent,** *Docteur ès Sciences, Professeur remplaçant du Cours de Chimie industrielle au Conservatoire national des Arts et Métiers.*

Les substances chimiques azotées que l'on désigne sous le nom de matières protéiques ou albuminoïdes, substances que l'on rencontre à la fois dans les tissus végétaux et animaux, constituent pour l'homme un aliment des plus précieux.

Les plantes, céréales et légumineuses, dont le grain les renferme en proportions variables, forment un élément important de la richesse agricole de contrées entières, et il n'y a pas lieu de s'étonner de l'attention que l'on a apportée, il y a longtemps déjà, à l'étude des farines que l'on sait obtenir depuis la plus haute antiquité, en soumettant ce grain à l'action des engins de mouture.

C'est surtout dans le but d'établir la nature des matières azotées insolubles dans l'eau, contenues dans le grain et dans les farines de froment, que les travaux les plus nombreux ont été exécutés. Dans ce cas, en effet, ces matières azotées se comportent d'une façon tout à fait spéciale. Dès 1742, Beccari a montré qu'à l'inverse de ce qui se passe pour les farines de seigle, de riz, etc., elles peuvent être isolées, par malaxage de la pâte à l'aide d'un courant d'eau, sous la forme d'une masse jaunâtre, d'une élasticité variable, constituant ce que nous avons coutume de désigner sous le nom de gluten.

Ce gluten communique d'abord aux farines de blé la propriété caractéristique de s'étirer en longs filaments sous l'action de la pression des gaz produits pendant la fermentation panaire et en se coagulant en place pendant la cuisson, il leur permet de donner ensuite naissance à ces pains spongieux et légers si différents des pains gras et lourds qu'on obtient à l'aide des produits de la mouture des autres céréales.

Qu'est-ce donc que ce gluten? Est-il formé par une matière unique ou par le mélange en proportions variables de plusieurs substances jouissant chacune de propriétés différentes dont les farines elles-mêmes subissent l'influence? Cette influence définissant ce qu'on peut appeler la qualité boulangère du gluten et par conséquent des produits qui le contiennent, peut-elle être déterminée avant l'emploi de ces produits à la panification?

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Telles sont les questions principales que les chimistes se sont posées depuis un siècle, et parmi ceux-ci, il me suffira de citer les noms de Berzélius, de Saussure, Boussingault, Liebig, Dumas et Cahours, pour montrer que la recherche de la solution n'est pas indigne de la sollicitude des hommes de science.

J'ai essayé d'apporter, à la résolution des problèmes que je viens de poser, mon contingent d'informations théoriques et pratiques et après un travail assidu qui n'a pas duré moins de trois années, j'espère avoir réussi à en éclairer quelques points restés obscurs jusqu'ici.

L'exposition qui va suivre sera divisée en plusieurs parties, savoir : 1° composition immédiate du gluten contenu dans le grain des différentes céréales et surtout du grain de blé ; 2° essai d'application d'une méthode chimique à la détermination de la valeur boulangère des farines de blé ; 3° composition immédiate des matières azotées contenues dans les graines des légumineuses ; 4° répartition du gluten et de ses principes immédiats dans les différentes parties du grain de froment.

I. — Composition immédiate du gluten des céréales.

C'est Einhof (1) qui, le premier, eut l'idée d'appliquer l'emploi de l'alcool à l'extraction des matières protéiques insolubles, contenues dans les farines de blé. Il en isola ainsi un produit qu'il ne sut pas différencier du gluten extrait par Beccari. Taddei (2) reprit cette étude et faisant bouillir le gluten avec de l'alcool, en sépara un produit soluble, auquel il donna le nom de *gliadine* et un produit insoluble qu'il appela *zymon*.

C'est en appliquant tantôt l'emploi du même réactif, tantôt l'emploi de l'acide acétique, que Berzélius, de Saussure, Boussingault, Liebig, Bouchardat, Dumas et Cahours, Mulder, Von Bibra, Günsberg, etc., ont étudié le gluten extrait des farines de blé ; mais comme les résultats contradictoires, publiés par ces auteurs, n'ont pas réussi à dégager définitivement les inconnues de la question, il est inutile de les analyser et je n'en parle que pour mémoire.

Il faut arriver à 1872, époque à laquelle Ritthausen (3) publia ses travaux pour voir appliquer à cette étude une méthode d'analyse dans laquelle, à côté de l'emploi de l'alcool, on fit intervenir l'action des solutions caustiques faibles. Ritthausen divisa d'abord, par l'action de l'alcool, le gluten en deux parties, l'une insoluble, l'autre soluble.

(1) *Journ. d. Chimie*, von Gehlen, 5, 131, 1805.
(2) *Annals of Phil.* May 1820. — Schweiger's *Journ. f. Chim. u. Physik*, 29, 514.
(3) *Die Eiweisskörper*, Bonn, 1872.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

De la partie insoluble, par action de la potasse de $1^{gr},5$ à $2^{gr},5$ par litre d'eau distillée, après décantation pour séparer « des corps gras en émulsion », précipitation par l'acide acétique ou sulfurique en léger excès, lavage à l'eau et à l'alcool absolu, il isola une substance à laquelle il donna le nom de *gluten-caséine*.

De la solution alcoolique il isola par évaporation et précipitations fractionnées trois matières nouvelles qu'il appela : *gliadine*, *mucédine*, *gluten-fibrine*, cette dernière correspondant à la gliadine de Taddei.

En juin 1893, l'*American Chemical Journal* publia un long mémoire de MM. Osborne et Woorhees, mémoire très intéressant et qui se rapporte à l'étude d'une part des matières azotées solubles dans l'eau, d'autre part à l'étude des matières insolubles constituant le gluten de l'amande du grain de blé.

C'est en 1891, que j'ai été amené moi-même à faire dans cette voie des observations qui m'ont déterminé à poursuivre l'étude que je publie entièrement aujourd'hui. J'ai été conduit, dès cette époque, à faire l'examen de la constitution chimique des matières protéiques végétales, en leur appliquant la réaction inaugurée par Schützenberger pour les matières animales et qui consiste à les traiter par la baryte caustique en vase clos. J'ai dû, dès lors, essayer de séparer le gluten en ses constituants, et je me suis immédiatement rendu compte de la difficulté qu'on y éprouve en employant la méthode de Ritthausen. J'ai alors modifié cette méthode (1) de façon à la rendre plus pratique, j'ai isolé ainsi la gluten-caséine et la gluten-fibrine, et j'ai constaté les propriétés sur lesquelles j'insisterai plus loin.

Mes premières observations sont donc antérieures à la publication de MM. Osborne et Woorhees ; mais ce que je viens de dire n'a pas pour but de réclamer la priorité sur le travail fort intéressant des précédents auteurs. Je n'en ai pas besoin d'ailleurs. D'une part, ceux-ci ont étudié le gluten en employant une méthode identique à celle de Ritthausen, et, malgré sa défectuosité, je montrerai comment, à côté de résultats erronés, elle a pu néanmoins les conduire à des résultats exacts.

D'autre part, l'étude de MM. Osborne et Woorhees étant faite avec l'idée préconçue de la constance de composition des diverses matières azotées, quelle qu'en fût la provenance, — les comparaisons qu'ils font entre leurs analyses et celles de leurs prédécesseurs ne laissent aucun doute à ce sujet, — ne peut être qu'une étude purement théorique.

Au contraire, la méthode que j'ai inaugurée, née d'une conception plus simple et plus en rapport avec les faits que celle des savants que je viens de citer, est à la fois qualitative et quantitative, et elle m'a conduit à des résultats théoriques

(1) Thèse de doctorat, p. 21.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

que j'ai pu immédiatement transporter dans la pratique, ainsi qu'on le verra dans le cours de ce développement.

ACTION DE L'ALCOOL SUR LA FARINE ET SUR LE GLUTEN DU GRAIN DE FROMENT

L'action dissolvante de l'alcool étendu d'eau, sur la farine et sur le gluten extrait du grain de froment laisse entre les mains de l'opérateur, dans l'un et l'autre cas, un produit dont les propriétés sont identiques. Cette action dissolvante est la plus favorable lorsqu'on emploie l'alcool à 70° G. L.

Si on lave à plusieurs reprises de la farine avec une liqueur de cette force, ou bien si on met en contact avec elle le gluten extrait par malaxage sous un courant d'eau et divisé en petits fragments, on obtient une solution alcoolique qui, évaporée dans le vide sur le chlorure de calcium, abandonne une substance d'un beau jaune clair, groupée en feuillets gélatineux : ce produit dont je donnerai tout à l'heure les propriétés est la *gliadine* de Taddei, gluten-fibrine de Ritthausen, gélatine végétale de Dumas et Cahours. Avec MM. Osborne et Woorhees, je lui conserverai le nom de gliadine. Elle constitue un des éléments renfermés dans le gluten.

Pour en isoler un deuxième élément, les deux chimistes précédents opèrent de la façon suivante, indiquée par Ritthausen. Le gluten, divisé en petits fragments, est mis en contact avec de l'alcool à 75 p. 100 aussi longtemps qu'il se dissout quelque chose. Le résidu insoluble est dissous dans une solution à 0,15 p. 100 de potasse caustique et la solution abandonnée dans un endroit froid pendant 48 heures. On décante pour séparer des sédiments en suspension, on neutralise la liqueur par de l'acide chlorhydrique dilué et le précipité obtenu est lavé par décantation à l'eau, puis à l'alcool de 0,90 de densité, puis à l'alcool plus fort, et finalement à l'alcool absolu et à l'éther. Ce précipité est alors redissous dans la potasse à 0,1 p. 100 et abandonné pendant une nuit. La liqueur est filtrée et précipitée par l'acide chlorhydrique à 0,2 p. 100. Le précipité est lavé à l'eau, à l'alcool fort, à l'alcool absolu et à l'éther. Finalement, le produit obtenu est desséché dans le vide sur l'acide sulfurique. On peut d'ailleurs le reprendre à nouveau, le redissoudre dans une solution alcaline faible et le purifier à nouveau comme il vient d'être dit. Mais à chaque redissolution, une partie du produit reste insoluble.

C'est en opérant dans ces conditions que Ritthausen a extrait ce qu'il a appelé la gluten-caséine, zymon de Taddei, fibrine végétale de Dumas, Cahours et Liebig, produit auquel MM. Osborne et Woorhees ont donné le nom de *gluténine*.

Je reviendrai tout à l'heure sur les propriétés de cette gluténine, mais auparavant je voudrais montrer que le produit ainsi extrait n'est pas ce qu'on pour-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

rait appeler la gluténine vraie, que c'est tout au plus un mélange de cette dernière avec de la gliadine dont les propriétés ont été modifiées par l'emploi de réactifs trop énergiques.

Pour cela, je me reporterai d'abord aux observations publiées par Péligot (1) en 1850, dans son mémoire sur l'analyse des blés. Ce savant a remarqué que si on lave la farine de froment avec de l'éther pour enlever les matières grasses, si ensuite, après évaporation de l'éther, on transforme la farine en pâte et qu'on malaxe cette pâte sous un courant d'eau, le gluten file entre les doigts et il est impossible d'en recueillir une parcelle. J'ai répété souvent cette expérience et elle est parfaitement exacte.

Péligot en a conclu que c'est à la présence de la matière grasse que le gluten de froment doit ces propriétés qui le rendent facilement extractible. C'est là une grosse erreur puisque, si on prive la farine de cette matière grasse par la benzine cristallisable, le gluten peut néanmoins être obtenu avec facilité.

L'éther joue donc un autre rôle qui est précisément de coaguler la gliadine, de lui enlever ainsi ses propriétés adhésives et de la transformer en un produit analogue à la gluténine. Si Péligot s'est trompé sur l'action de l'éther c'est qu'alors il ne connaissait pas les propriétés si différentes de ces deux principes immédiats qui constituent le gluten.

Lorsqu'on traite le gluten divisé en petits fragments par l'alcool à 75° pour enlever la gliadine, le gluten se contracte fortement par l'action du réactif ; cette contraction augmente encore la difficulté que ce produit éminemment résistant possède naturellement de se laisser pénétrer par les dissolvants ; cela est si vrai que même lorsqu'on emploie, comme je le fais, l'alcool rendu alcalin par la potasse, il est impossible de désagréger le gluten lorsque celui-ci a été malaxé entre les mains pour le priver de son excès d'eau. Au moyen de la méthode employée par Ritthausen et les deux chimistes américains, il est donc impossible de débarrasser complètement le gluten de sa gliadine et celle-ci reste dans le résidu.

Or la gluténine que j'ai préparée par la méthode que j'indiquerai plus loin est très peu soluble dans les solutions aqueuses alcalines même à $0^{gr},3$ p. 100 de potasse ; la gliadine y est très soluble au contraire. C'est donc cette dernière qui se dissout lorsqu'on traite, comme je l'ai dit précédemment, le résidu insoluble dans l'alcool par l'eau alcaline et c'est elle qui forme la plus grande partie du précipité obtenu par l'acide chlorhydrique. Sous l'action répétée de l'alcool absolu et de l'éther, cette gliadine va se coagulant petit à petit, modifiant peu à peu ses propriétés et donnant finalement un produit qui, à l'inverse de ce qu'il

(1) *Annales de Physique et de Chimie*, 3e série, 1850, t. XXIX.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

était au début, ne se gonfle plus par l'action de l'eau et reste dès lors pulvérulent comme la gluténine.

Quant à la gluténine, c'est elle qui forme cette émulsion que Ritthausen attribue à la matière grasse, que les deux chimistes américains négligent comme sédiment insoluble et qu'ils prétendent séparer par décantation.

Je dis « prétendent » parce qu'une faible partie seulement de ce produit insoluble tombe à la longue sur le fond du vase, l'autre forme avec un peu de matière grasse en voie de saponification une émulsion si tenace qu'elle résiste à tous les agents de filtration et qu'elle ne se sépare à la bougie de magnésie qu'avec une extrême lenteur et des nettoyages répétés.

Dès 1891, j'avais été frappé de la quantité considérable de matière que le gluten laisse insoluble en présence des solutions alcalines faibles; j'avais été alors conduit à penser que la constitution immédiate du gluten est plus simple que Ritthausen ne l'avait indiqué, et c'est à ce moment que, ayant reconnu les propriétés de la gliadine et de la gluténine, j'ai employé à la séparation de ces produits, une méthode à la fois plus rapide et exempte des erreurs que je viens de signaler. Je ne parlerai pas ici de cette méthode, puisque je l'ai abandonnée et remplacée par une autre, je rappellerai seulement que c'est à son aide que j'ai préparé les gluten-fibrine et gluten-caséine dont j'ai étudié la constitution chimique.

De ce qui précède, il résulte que le composé que je désigne également sous le nom de gliadine est bien le même produit que celui que MM. Osborne et Woorhees ont étudié, mais la substance que je désigne comme eux sous le nom de gluténine est différente de la leur qui est formée en grande partie par la gliadine coagulée.

Je donnerai, dans la suite de ce travail, à côté des preuves qualitatives que je viens de résumer, les preuves quantitatives qui viendront corroborer ma démonstration.

ACTION DE LA POTASSE ALCOOLIQUE SUR LE GLUTEN EXTRAIT DU GRAIN DE FROMENT. COMPOSITION IMMÉDIATE DU GLUTEN DES CÉRÉALES

Au début de mes recherches, en appliquant la méthode de séparation que j'avais indiquée et à laquelle j'ai fait allusion précédemment, j'avais été conduit à filtrer, à travers une bougie Chamberland, la liqueur potassique à l'aide de laquelle j'avais essayé de dissoudre complètement le gluten. J'obéissais alors à l'impulsion des idées émises par Ritthausen, et je considérais le produit non dissous comme des impuretés mélangées : amidon entraîné, matières grasses émulsionnées surtout.

Mais, je ne tardai pas à faire successivement les trois observations suivantes,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

qui modifièrent alors complètement mes idées et m'entraînèrent naturellement vers la méthode qui fait l'objet de ce travail et que je vais développer maintenant.

Ayant mis dans une seule opération 600 grammes de gluten frais, soit environ 200 grammes de gluten sec, en digestion avec une solution aqueuse de potasse (2 grammes par litre d'eau environ), j'abandonnai cette dissolution à elle-même pendant quinze jours environ après que la désagrégation fut complète. J'espérais ainsi obtenir une liqueur claire, surnageant le dépôt insoluble. Mais il se fit une séparation presque nulle, si ce n'est celle d'une poudre blanche qui tomba rapidement sur le fond du flacon. Cette poudre blanche, je reconnus qu'elle était formée de grains d'amidon très fins, ce qui n'avait rien de surprenant, mais j'observai en même temps que le poids de cette poudre était d'une faiblesse telle qu'il était absolument négligeable.

Ayant ensuite, d'autre part, lavé à la benzine $1^{k},500$ de gluten sec réduit en poudre fine par passage dans un petit moulin à noix, j'observai que la quantité de matière grasse que le gluten entraîne avec lui est excessivement faible également : $0^{gr},1$ à $0^{gr},2$ p. 100 environ.

Or, en comparant ces deux quantités additionnées, — la matière grasse étant, ainsi que je l'ai observé, non pas saponifiée, mais simplement émulsionnée dans ces conditions, — à la quantité considérable de matière insoluble restée à la surface interne de la bougie pendant la filtration, je dus conclure que cette matière devait être certainement formée dans sa presque totalité par de la matière azotée, que cette matière azotée devait faire partie constituante du gluten et ne devait, par conséquent, pas être considérée comme une impureté.

A la suite de cette dernière observation, je ne tardai pas à reconnaître que cette matière avait d'ailleurs des propriétés analogues à la matière azotée insoluble dans l'alcool, partiellement soluble dans les solutions alcalines faibles et entraînée dans la liqueur claire en même temps que la gliadine; que c'était, en un mot, de la gluténine non dissoute.

Et dès lors, je fus conduit à penser que, puisque la gluténine est aussi peu soluble dans les alcalis faibles, qu'elle est totalement insoluble dans l'alcool même très dilué, on obtiendrait une séparation bien plus nette, en faisant l'emploi d'une solution alcoolique de potasse, l'alcool devant dans ce cas insolubiliser la quantité de matière azotée que la solution aqueuse caustique a la propriété de dissoudre.

L'emploi de cette solution alcoolique m'a conduit d'abord à inaugurer une méthode qualitative d'analyse du gluten, puis une méthode quantitative sur laquelle j'insisterai tout à l'heure.

La méthode qualitative m'a aidé à isoler du gluten des farines de froment, trois substances de caractères nettement définis : 1° la gliadine; 2° la gluténine;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

3° un produit auquel j'ai donné le nom de conglutine du blé, parce qu'il se rapproche par ses propriétés de la conglutine du lupin et des amandes.

GLIADINE. — PRÉPARATION ET PROPRIÉTÉS

On peut séparer la gliadine du gluten par le procédé que nous examinerons tout à l'heure en parlant de la gluténine. Mais ce procédé, pendant la dessiccation dans le vide, la coagule toujours en partie, et, dans ce cas, elle ne possède réellement ses propriétés qu'au moment de la précipitation. Aussi, pour l'obtenir pure, il est préférable d'opérer de la façon suivante :

On commence par épuiser la farine par des lavages successifs à la benzine, pour extraire la matière grasse; on abandonne ensuite la farine à l'air pour enlever par évaporation le réactif en excès; puis le produit est mis en digestion pendant quelques jours avec un excès d'alcool à 70°. On sépare l'alcool par filtration et on évapore la solution à sec, dans le vide, sur le chlorure de calcium. Dans ces conditions, on obtient la gliadine pure, à peine colorée en jaune clair, sous la forme de feuillets gélatineux.

La propriété la plus importante de la gliadine consiste dans la modification qu'elle subit en présence de l'eau.

MM. Osborne et Woorhees (1) disent dans leur mémoire : « Quand on traite la gliadine par l'eau distillée, elle prend une consistance gluante et une partie se dissout; dans l'eau chaude, il s'en dissout une plus grande quantité, et dans l'eau bouillante, beaucoup entre en dissolution. Une partie de cette gliadine dissoute se dépose par refroidissement, l'autre reste soluble. »

En ce qui concerne l'action de l'eau bouillante, Günsberg avait montré que si on maintient le gluten pendant longtemps à l'ébullition, une partie se dissout et, à cette partie soluble, il avait donné le nom de gliadine.

Il est, je crois, impossible d'attacher aucune importance au produit signalé par Günsberg aussi bien qu'à l'action de l'eau bouillante, réalisée par les savants américains sur la gliadine obtenue par l'action de l'alcool : il est clair que dans un cas comme dans l'autre, cette action ne va pas sans une coagulation préalable suivie probablement d'une action particulière de l'eau encore mal étudiée, et je pense que le produit ultérieur de cette réaction n'a plus rien de commun avec la gliadine mise en expérience.

D'ailleurs, si on met un fragment de gliadine pulvérisée en contact avec de l'eau distillée froide ou maintenue à 50° environ, même avec un grand excès d'eau laissé en contact pendant plusieurs heures, on ne voit pas la gliadine dis-

(1) *American Chemical Journal*, juin 1893, p. 438.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

paraître, et, si on filtre, les réactifs ordinaires décèlent à peine des traces de matière albuminoïde dissoute.

J'ai étudié de très près l'action de l'eau distillée et de l'eau contenant différents sels, et je crois que cette action peut se résumer ainsi :

Si on prend un fragment de gliadine sèche, qu'on le pulvérise grossièrement dans un mortier et qu'on l'introduise ensuite dans un verre avec de l'eau distillée en petite quantité, on voit chaque fragment se gonfler et on obtient au bout de peu de temps une émulsion translucide dans laquelle la matière albuminoïde se maintient en suspension sans se déposer. Si on évapore cette émulsion dans le vide, on voit, lorsque la quantité d'eau a diminué d'une proportion suffisante, la masse entière se prendre en un magma gluant, transparent, analogue à la gélatine et à la colle forte gonflée par l'eau.

Si l'eau distillée est chaude, la gliadine se gonfle avec une plus grande rapidité et l'émulsion obtenue devient beaucoup plus fluide; mais, ainsi que je l'ai dit, si on sépare par filtration une liqueur claire, on ne décèle dans celle-ci que des traces de matière dissoute.

Les sels alcalins et alcalins-terreux surtout, jouent sur l'émulsion gliadineuse une influence qui éclaire sous son vrai jour l'action de l'eau distillée.

L'expérience suivante est très intéressante à ce sujet :

Dans un petit mortier de verre, on broie un fragment de gliadine, d'abord à sec, puis avec une quantité d'eau distillée suffisante pour en faire une émulsion fluide, on abandonne la masse pendant un quart d'heure pour donner à chaque grain le temps de s'hydrater complètement. Dans ces conditions, l'émulsion se maintient sans séparation. On ajoute alors une goutte d'une solution de chlorure de calcium cristallisé à 5 p. 100, on agite et on laisse en repos. Presque instantanément, on voit alors chaque grain gonflé se souder à son voisin, et le produit tout entier se séparer rapidement de la solution, suer, pour ainsi dire, l'excès d'eau dont il était imprégné et tomber rapidement au fond du mortier sous la forme d'une masse d'une consistance de miel.

Le chlorure de sodium, le chlorure de potassium agissent de même, avec moins de rapidité.

De ces faits, on doit conclure que l'action de l'eau distillée sur la gliadine est une action tout à fait comparable à celle observée par M. Schlœsing sur l'argile compliquée d'une transformation préalable analogue à celle que subit le caoutchouc naturel dans la benzine. Comme celui-ci, la matière est gonflée en fixant une certaine quantité d'eau, et ainsi transformée se maintient en suspension dans la liqueur exempte de matière minérale. Mais, qu'on y ajoute une trace de sel alcalino-terreux ou alcalin, et immédiatement la propriété émulsive est détruite, la gliadine se précipite en se soudant sur elle-même.

Il est facile de se convaincre qu'il n'y a pas ici de double décomposition

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

comme dans le cas de l'action des sels de chaux sur la légumine : une trace de chlorure de calcium provoque la séparation d'une masse énorme de gliadine comparée au poids du sel mis en œuvre. L'action des sels de chaux est tellement énergique que quelques milligrammes de chlorure de calcium dissous dans l'eau provoquent du jour au lendemain la précipitation de 5 à 6 décigrammes de gliadine tenue en dissolution par l'alcool à 40 - 50° et contenant du bicarbonate de potasse qui augmente encore l'action dissolvante de la liqueur spiritueuse.

Les réactions précédentes expliquent encore pourquoi l'eau distillée ajoutée en grand excès à une solution alcoolique de gliadine n'en trouble pas la limpidité, tandis que l'eau ordinaire y provoque immédiatement un louche qui se traduit au bout de quelque temps par un abondant précipité.

De ce qui précède, je tirerai tout à l'heure des conclusions encore plus intéressantes au point de vue pratique.

Ainsi, la gliadine est insoluble dans l'eau distillée et dans l'eau contenant même une petite quantité de principes salins. Elle est insoluble également dans l'alcool absolu, mais elle est très soluble dans l'alcool dilué, et c'est dans l'alcool à 70° qu'existe son maximum de solubilité. Dans une telle dissolution, une addition d'alcool fort provoque un commencement de précipitation, de même qu'une addition d'eau; mais dans ce dernier cas, la quantité d'eau ajoutée doit être beaucoup plus grande que dans le cas de l'alcool.

La gliadine est insoluble dans l'éther, qui en modifie rapidement les propriétés en la coagulant et en diminuant ainsi progressivement sa solubilité dans les liqueurs alcooliques.

Les acides chlorhydrique, sulfurique et acétique étendus, au point de vue de la solubilité, se comportent d'une façon variable sur la gliadine. Les deux premiers n'en dissolvent que des traces, mais l'acide acétique la dissout en très grande partie et elle se reprécipite, sans altération de cette solution après neutralisation au moyen d'un alcali.

CONGLUTINE ET GLUTÉNINE. — PRÉPARATION ET PROPRIÉTÉS

Pour isoler des farines de froment, la conglutine et la gluténine, on commence d'abord par désagréger le gluten obtenu au moyen d'une solution alcaline. Pour cela, on introduit dans un flacon à col droit bouchant à l'émeri deux cents grammes de gluten frais divisé en fragments de la grosseur d'un pois, avec un litre de solution contenant trois grammes de potasse caustique. On agite aussi fréquemment que possible et lorsque toute cohérence dans les fragments a disparu, on ajoute assez d'alcool, en quantité calculée à l'avance, pour porter la liqueur à 70°.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On peut alors déceler la présence de la conglutine en opérant de la façon suivante :

La liqueur alcoolique tient en suspension la gluténine insoluble dont une partie tend à se séparer, mais dont une autre partie est maintenue en suspension par une petite quantité de matière grasse émulsionnée. Si on détruit cette émulsion, en faisant passer dans la masse un courant d'acide carbonique en excès, immédiatement la gluténine se sépare entièrement en abandonnant une liqueur claire qui tient en dissolution la conglutine et la gliadine. Si on sature incomplètement cette liqueur par l'acide sulfurique dilué, si on ajoute ensuite assez d'eau pour redissoudre le sulfate de potasse précipité — l'alcool marque alors 50-55° — on voit se former un léger précipité qui, au bout d'un certain temps, tombe au fond du vase. Ce précipité constitue le produit que je désigne sous le nom de conglutine du blé.

Mais la conglutine constitue une très faible partie de gluten des farines de froment, aussi, pour l'isoler, est-il préférable d'opérer de la façon suivante : la liqueur alcoolique alcaline est traitée par l'acide sulfurique en léger excès pour précipiter la gluténine et la conglutine en même temps. On sépare le précipité par décantation et on le lave complètement avec de l'alcool à 70° très légèrement acide. On le broie ensuite dans un mortier avec une solution alcoolique à 70°, contenant 3 p. 1 000 de potasse caustique, on laisse en contact pendant quelque temps, on fait passer un courant d'acide carbonique en excès et on abandonne au repos. La gluténine se sépare; on filtre et on met de côté la liqueur filtrée.

Celle-ci est saturée par l'acide sulfurique dilué et additionné d'eau jusqu'à précipitation complète : le précipité séparé, lavé, séché dans le vide constitue la conglutine.

Quant à la gluténine, on l'obtient pure en la lavant à l'alcool à 70° d'abord, puis à l'eau et en la soumettant également à la dessiccation dans le vide.

Conglutine. — Les propriétés principales de la conglutine sont les suivantes : elle se présente en minces feuillets, d'apparence gélatineuse, se transformant, au contact de l'eau, en une masse opaque blanche, assez cohésive, mais à peine gonflée; elle est soluble dans l'eau tenant en dissolution soit des alcalis caustiques, soit des phosphates basiques, soit des carbonates ou des bicarbonates alcalins; elle est soluble aussi dans l'alcool à 70° rendu alcalin par la potasse et se précipite de cette dissolution avant la saturation complète par l'acide sulfurique dilué.

Ce produit existe en très faible quantité dans les farines de blé, aussi, pour l'isoler, faut-il opérer sur une grande masse de gluten.

Dans une opération qui a consisté à traiter 600 grammes de gluten frais, soit

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

200 grammes environ de gluten sec, j'en ai isolé 3gr,800, ce qui porte à 1,9 p. 100 la quantité de conglutine, soit 0,2 p. 100 de la farine.

L'échantillon ainsi isolé contenait 14,80 p. 100 d'azote.

Dans une autre opération, je n'ai obtenu que 0,98 p. 100 de conglutine, soit 0,1 p. 100 environ de la farine.

Gluténine. — La gluténine se présente en fragments opaques, formés de particules agglomérées, peu cohérentes et par conséquent très friables. Pulvérisée, elle forme une poudre blanche que l'eau ne modifie en aucune façon. Elle est insoluble dans l'alcool contenant ou non de la potasse ou de la soude caustique en faible quantité. L'eau alcalinisée la dissout en petite quantité qui se reprécipite par l'addition d'un acide faible.

La gluténine séchée dans le vide sur le chlorure de calcium est à peu près insoluble dans les acides sulfurique et chlorhydrique étendus; elle se dissout en très faible proportion dans l'acide acétique dilué. Ce dernier acide ne saurait donc intervenir en aucun cas au dosage du gluten dans les farines, il ne peut donner, dans cette voie, que des résultats erronés.

COMPOSITION IMMÉDIATE DU GLUTEN DES CÉRÉALES

De ce qui précède, il résulte que la gliadine et la gluténine forment les 98 centièmes au moins du gluten qu'on peut isoler des farines de froment. Si, négligeant la conglutine qui ne peut avoir qu'une très légère influence sur les propriétés de ce gluten, on admet, comme je le montrerai tout à l'heure, que celui qu'on peut isoler des bonnes farines du commerce contient :

Gluténine.	18 à 34 p. 100
Gliadine	82 à 66 —

il est facile de se rendre compte de l'action qu'exerce sur l'extractibilité de ce produit chacun des éléments qui le constitue.

C'est à la gliadine que reviennent les propriétés agglutinatives : sous l'action de l'eau, soit contenant préalablement des matières salines, soit se chargeant des sels solubles contenus dans la farine, cette gliadine se transforme en une masse molle que les particules de gluténine pulvérulente, jouant ici le rôle de matière inerte, empêchent de filer entre les doigts : telle est la raison pour laquelle les farines de froment, transformées en pâte qu'on lave sous un filet d'eau abandonnent finalement, par séparation de l'amidon, cette masse plus ou moins élastique qui constitue le gluten.

Mais cette propriété appartient seule au grain de froment et j'ai pensé que si

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mon raisonnement était vrai, un des éléments, gliadine ou gluténine, devait manquer à la constitution du gluten des autres céréales : seigle, maïs, riz, orge, sarrasin, qui, on le sait, est inextractible dans les mêmes conditions.

Pour vérifier cette hypothèse j'ai dosé d'abord le gluten sur 5 grammes des farines extraites des céréales précédentes, après lavage à la benzine, à l'eau, et après saccharification de l'amidon par la diastase. Cette méthode, sans être d'une précision absolue, donne cependant des résultats suffisamment rapprochés de la vérité.

En passant, je dirai qu'en même temps j'ai observé dans la farine de maïs la présence d'une quantité de légumine = 0,54 p. 100 et dans la farine de sarrasin 0gr,16 p. 100 de la même substance azotée.

Cela fait, 10 grammes de chaque farine ont été lavés successivement à la benzine, à l'eau et après dessiccation à 30-35°, mis en contact avec 250 centimètres cubes de potasse dissoute à raison de 3 grammes par litre dans l'alcool à 70°. Le contact a été maintenu pendant dix jours en agitant fréquemment. Puis 100 centimètres cubes de la liqueur claire ont été traités par l'acide carbonique en excès, évaporés jusqu'à sec au-dessous de 40°, repris par l'eau et la gliadine a été précipitée par l'acide sulfurique dilué. On a pesé après lavage le précipité desséché sur un filtre taré et on a calculé la quantité obtenue rapportée à 100 de gluten. On en a ainsi déduit les chiffres suivants :

	Gluten p. 100 de farine.	Gliadine p. 100 de gluten.	Gluténine p. 100 de gluten.
Seigle	8,26	8,17	92,83
Maïs	10,63	47,50	52,50
Riz	7,86	14,31	85,70
Orge	13,82	15,60	84,40
Sarrasin	7,26	13,08	86,92

Ce tableau montre que, si, dans la farine de maïs, la quantité de gliadine — zéine de Ritthausen — est encore assez élevée, cette substance existe en proportion très faible dans les farines des autres céréales soumises à l'analyse : dans ces farines, la matière inerte, sous forme de gluténine, est donc en excès par rapport à la matière agglutinative et suivant mon hypothèse, c'est bien à la diminution de la proportion de gliadine qu'est due l'impossibilité d'extraction du gluten dans les cas que je viens d'examiner.

Il est donc maintenant certain que pour qu'un gluten soit extractible, il doit exister un rapport minimum et maximum entre les quantités de gliadine et de gluténine qu'il peut contenir; lorsque ce rapport n'existe plus, soit qu'il y ait un excès de gliadine, soit un excès de gluténine, le gluten fuit entre les doigts sous le courant d'eau et ne peut plus se recueillir.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les propriétés de la gliadine et notamment la façon dont elle se comporte sous l'action des eaux légèrement salines permettent d'expliquer les phénomènes qui se passent lorsqu'on cherche à extraire le gluten de certaines farines de froment, phénomènes observés par Ritthausen qui n'en a pas donné la raison.

En général, la quantité de matières minérales alcalines et alcalino-terreuses solubles que contiennent les farines est suffisante pour précipiter la gliadine et c'est ce qui explique pourquoi on peut obtenir généralement le gluten par l'emploi de l'eau distillée. Mais, dans certains cas, lorsqu'il y a diminution des matières minérales ou excès de gliadine, l'action de l'eau distillée laisse entre les mains fort peu de gluten, tandis que cette quantité augmente considérablement lorsque le malaxage se fait en employant de l'eau saturée de sulfate de chaux ou contenant du chlorure de calcium, sels qui donnent à la gliadine la force agglutinative qui lui manque dans ce cas.

J'ai rencontré cependant un échantillon de farine dont, malgré tous les artifices employés il m'a été impossible d'extraire entièrement le gluten. C'était une farine de blé dur de qualité tout à fait supérieure; en général, ces farines contiennent, au minimum, 79 p. 100 de leur gluten formés par la gliadine. Or, celle-ci, malgré toutes les précautions et tous les tours de main employés, m'a donné chaque fois un gluten collant aux doigts et fuyant entre les mains dès le début du lavage et dont la quantité, variable à chaque opération, oscillait entre 9 et 11 p. 100. En employant le moyen que j'ai indiqué précédemment pour les farines de seigle, maïs, etc., je trouvai enfin pour cette farine les résultats suivants :

Gluten	p. 100 de farine.		12,50
Gliadine	— de gluten		91,20
Gluténine	— —		8,80

Cette analyse montre bien l'influence que peut exercer dans un dosage l'excès de gliadine qu'une farine peut contenir et il faut en conclure que, pour se placer à l'avance à l'abri de toutes les causes d'erreur, on pourra faire le pâton qui servira à l'extraction du gluten avec de l'eau distillée, mais il faudra toujours le laver avec de l'eau ordinaire, riche en matières minérales et surtout en sels de chaux.

II. — Méthode chimique d'appréciation de la valeur boulangère des farines de froment.

Les observations précédentes sur les propriétés de la gliadine et de la gluténine étant faites, j'ai pensé qu'on pourrait leur donner une sanction pratique. Certains faits relatifs, soit à la façon dont se comportent les farines pendant

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'extraction du gluten ou pendant la panification, soit aux différences de propriétés physiques que peuvent présenter les glutens extraits, sont venus également me diriger dans la voie que je vais maintenant essayer de tracer.

Tous les glutens qu'on peut extraire des farines de blés tendres ou de blés durs peuvent présenter entre eux des caractères très différents et j'ai remarqué qu'ils doivent être classés dans trois catégories distinctes : 1° glutens éminemment élastiques, dont on élimine facilement l'excès d'eau par compression dans les mains et s'affaissant très peu pendant la dessiccation à l'étuve; 2° glutens plus secs et plus cassants que les précédents, d'une dessiccation facile, entre les mains d'abord et à l'étuve ensuite; 3° glutens très tendres, s'allongeant facilement, mais très peu élastiques, s'attachant à la peau dès le début de la dessiccation entre les mains, coulant et prenant, à l'étuve, la forme des vases dans lesquels on les maintient.

Ces différences de propriétés physiques, il est bien évident qu'il faut les attribuer à la différence des proportions de gliadine et de gluténine qu'ils contiennent et *a priori* il est facile de prévoir que ceux de la première classe contiennent des quantités favorables de l'une et de l'autre, que ceux de la deuxième contiennent un excès de gluténine, que ceux de la troisième, enfin, contiennent un excès de gliadine. Voilà pour les glutens.

En faisant l'extraction des glutens, de presque toutes les farines, mais surtout des farines des blés très tendres, il est facile de réaliser l'expérience suivante. Le pâton étant fait avec de l'eau distillée, on emploie pour le malaxage de l'eau ordinaire, portée à la température de 25° environ, et on commence ce malaxage très lentement, en faisant couler l'eau goutte à goutte, de façon que le produit se maintienne à peu près tout entier à la température de la main. Dans ces conditions, on peut conduire l'extraction pendant un certain temps ; mais vers les 2/3 environ de l'opération, toute la masse a pris une fluidité remarquable et menace de filer rapidement; si alors on ouvre le robinet de façon à abaisser vivement par une affusion d'eau la température à 25° environ, immédiatement le gluten se contracte, reprend de la solidité et l'extraction peut être conduite à bonne fin.

L'explication de ce phénomène est simple et repose sur les propriétés de la gliadine que j'ai exposées précédemment : la gliadine, en effet, prend sous l'action de l'eau, une fluidité d'autant plus grande que cette eau est plus chaude, cette propriété s'exagère encore au moment de l'extraction, lorsque la gliadine est pour ainsi dire à l'état naissant, et dans ces conditions, une température de 35° suffit pour porter cette fluidité à un degré tel, qu'il y a danger de perdre le gluten que l'on veut extraire.

Cela explique encore pourquoi, lorsqu'on examine les farines de qualité inférieure, farines bises et autres, extraites des parties voisines du son, riches ou

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

débris d'enveloppes, on est obligé pour séparer le gluten, d'employer l'eau portée à une température de 40 à 45°. C'est qu'en effet, et je le montrerai plus loin, ces farines contiennent un excès de gluténine et il est nécessaire de fluidifier la gliadine pour en augmenter dès lors les propriétés agglutinatives : l'eau tiède, ainsi qu'on le voit, est tout indiquée dans ce cas.

Enfin on sait qu'aux farines de froment seules est due la propriété de donner des pains bien levés, spongieux, propriété précisément corrélative de la composition immédiate du gluten qu'on peut en extraire ; les farines des autres céréales au contraire, dont le gluten est inextractible, donnent des pains gras et lourds, compacts et indigestes. Dans ce cas, c'est encore à la composition du gluten qu'il faut attribuer cette différence et nous savons maintenant que ce gluten, en effet, ne contient qu'une minime proportion du principe agglutinatif.

Voilà pour les farines.

Donc, dans un cas comme dans l'autre, c'est à la constitution immédiate du gluten qu'il faut attribuer, soit la tenue de ce gluten lui-même, soit les différences que les farines présentent à la panification.

Quelles sont, dès lors, les proportions dans lesquelles le gluten doit renfermer la gliadine et la gluténine pour que ses propriétés soient les plus favorables ? C'est ce qui me restait à établir et que je vais maintenant exposer.

Pour arriver à résoudre la question ainsi posée, il était nécessaire de créer une méthode rigoureuse de dosage de la gliadine et de la gluténine, et cela m'a été rendu facile par l'examen des propriétés de chacune de ces substances, propriétés que j'ai indiquées précédemment. Bien entendu, dans cet examen, je n'ai pas cru devoir tenir compte de la présence de la conglutine, celle-ci, en effet, existe dans des proportions trop faibles pour qu'elle puisse jouer un rôle important dans la constitution du gluten des farines de blé et elle a toujours été pesée en même temps que la gliadine.

Cela étant, pour établir la composition immédiate centésimale du gluten d'une farine de froment, on opère de la manière suivante :

On prépare d'abord de l'alcool à 70° dans lequel on dissout une quantité de potasse caustique équivalente à 3^{gr}, $3^{gr},5$ de potasse vraie (KOH) par litre. On prend le titre exact de cette solution au moyen de l'acide sulfurique décinormal et on calcule ce titre en carbonate de potasse.

Cela fait, on extrait à la façon ordinaire le gluten de $33^{gr},33$ de la farine à examiner, et on s'arrête dans cette extraction, un peu avant la fin lorsque la masse n'est pas encore complètement agglomérée sur elle-même et reste divisée par une petite quantité d'amidon, ce qui favorise de beaucoup l'opération de la désagrégation.

On place le gluten ainsi obtenu dans un mortier, on le recouvre de la solu-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tion alcoolique potassique précédente et on triture doucement pendant quelques minutes, de façon à commencer l'imprégnation de la masse élastique par la liqueur caustique. On décante ensuite la liqueur en excès dans un flacon de 200 centimètres cubes environ, à large ouverture et bouchant à l'émeri ; on pilonne alors énergiquement le gluten resté dans le mortier et on en complète ainsi la pénétration par la solution alcoolique de potasse. On verse dans le flacon la masse qui commence à se désagréger, et on la recouvre de la même liqueur alcaline. On s'arrange de façon à employer en tout 80 centimètres cubes de cette liqueur. Puis on lave le mortier avec de l'alcool à 70° sans potasse, on verse le liquide de lavage dans le flacon, on ajoute des perles ou des fragments de verre, on bouche et on agite vivement, aussi longtemps et aussi fréquemment que possible.

Dans ces conditions, sous l'action des chocs répétés, on voit la désagrégation du gluten s'opérer rapidement, et en agitant de temps en temps, elle est bientôt complètement terminée.

La quantité de potasse dissoute dans l'alcool est calculée de telle façon qu'elle n'exerce, même après un temps très long, aucune réaction sensible d'hydratation sur la matière albuminoïde. Aussi, si on a plusieurs analyses de gluten à conduire de front, je conseille de les mettre en train dans la journée en les agitant vivement de temps en temps et de les abandonner jusqu'au lendemain, on trouvera alors la désagrégation complètement terminée. Dans tous les cas, il faut tenir compte que plus la trituration au mortier est convenablement faite, plus la désagrégation est rapide ; on peut même, si on est pressé, terminer cette opération en un quart d'heure environ, en continuant l'action du pilonnage.

Quoi qu'il en soit, dans le flacon on trouve finalement un liquide opaque tenant en suspension la gluténine pulvérulente et en dissolution la gliadine. On y fait alors passer jusqu'à refus un courant d'acide carbonique qui, saturant la potasse, aide à la séparation de la gluténine légèrement émulsionnée. On décante alors le liquide à travers un entonnoir qui retient les perles ou fragments de verre dans une fiole jaugée de 150 centimètres cubes (ou de 200 centimètres cubes), on lave le flacon et l'entonnoir avec de l'alcool à 70° sans potasse et on complète jusqu'au trait de jauge.

Cela fait, on filtre pour séparer la gluténine et on prélève 50 centimètres cubes de la liqueur filtrée qu'on évapore à sec en terminant la dessiccation à 105°. On emploie pour cela une fiole carrée, à fond plat, bouchant à l'émeri. On peut ainsi peser l'extrait obtenu qui représente la gliadine contenue dans 50 centimètres cubes de liquide, plus une certaine quantité de carbonate de potasse. En appelant A la quantité de carbonate de potasse contenu dans un centimètre cube de la liqueur alcoolique primitive, il est facile de voir que la quantité à

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

retrancher pour 50 centimètres cubes de la liqueur complétée à 150 par exemple, sera donnée par le calcul suivant :

$$\frac{A \times 80 \times 50}{150},$$

En retranchant donc le chiffre obtenu par ce calcul du poids de l'extrait, on obtient la quantité de gliadine contenue dans 50 centimètres cubes et en multipliant ce chiffre par 9, on a la quantité de gliadine renfermée dans 100 de farine.

Si on a eu soin de calculer, par une détermination préalable, la quantité de gluten pour 100 que la farine contient, on peut, par différence, connaître ainsi la proportion de gluténine. On peut dès lors rapporter les deux quantités de gliadine et de gluténine à 100 de gluten.

Ainsi, dans une farine, la quantité de gluten pour 100 a été trouvée égale à 7,47. L'analyse a montré que ce gluten est constitué par :

Gluténine	1,85
Gliadine	5,62

ce qui donne pour la composition en centièmes de gluten :

Gluténine	24,75
Gliadine	75,25

C'est à l'aide de la méthode précédente que j'ai analysé les farines dont la composition du gluten est indiquée ci-dessous :

	Gluten p. 100 de farine.	Gluténine p. 100 de gluten.	Gliadine p. 100 de gluten.
1	11,93	24,22	75,78
2	7,46	28,30	71,70
3	9,87	24,90	75,10
4	7,56	24,40	75,60
5	12,09	33,20	66,80
6	7,44	17,80	82,20

Les chiffres précédents, choisis parmi les nombreux que j'ai obtenus, montrent bien la variation de la composition des farines en gluten et la variation de la composition de ce gluten. Les numéros 5 et 6 montrent à peu près entre quelles limites extrêmes peut s'étendre la composition des farines de blés tendres mises en vente sur le marché.

La méthode que je viens de développer étant ainsi édifiée, j'ai recherché quelle pouvait être la relation existant entre la composition du gluten ainsi

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

déterminée et les qualités que la farine contenant ce gluten peut présenter à la panification. Pour cela, j'ai eu recours aux connaissances spéciales de M. Lucas, directeur du Laboratoire d'essai des farines à la Bourse du Commerce, et après de nombreux essais comparatifs ayant pour but d'étudier les effets produits pendant la fermentation et la cuisson par des farines contenant des quantités paraissant normales, puis exagérées de gluténine et de gliadine, j'ai pu poser les règles 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 ;

2° Le pain fait avec une farine dans laquelle la quantité de gluténine atteint 20 et la quantité de gliadine 80 p. 100 du gluten total, se développe bien à la fermentation, mais s'aplatit et redevient compacte pendant la cuisson, la gliadine se fluidifiant par l'action de la chaleur avant la coagulation ; de plus, pour une telle farine, la quantité d'eau qu'on emploie normalement pour le travail est toujours trop élevée et doit être diminuée par conséquent si on ne veut pas avoir une pâte trop fluide, collant aux doigts et se travaillant avec difficulté ;

3° Lorsque le gluten d'une farine atteint la composition centésimale : gluténine, 34 ; gliadine, 66, la farine s'hydrate plus facilement, la pâte obtenue est sèche, peu liée et ne se développe ni à la fermentation, ni à la cuisson, le pain reste compact et indigeste. De plus, si dans une telle farine, la quantité de gluten est assez élevée, 10 à 12 p. 100, le pétrissage ne se fait pas sans augmenter dans de grandes proportions le labeur de l'ouvrier ;

4° Si l'on admet comme type le pain fait avec la farine dont le gluten présente la composition centésimale indiquée en 1°, le pain fait avec une farine dont le gluten s'écarte de 2 p. 100 au-dessous ou au-dessus de cette composition présente des différences qu'un expert peut facilement et nettement apprécier.

Les premiers essais que j'ai faits à l'aide de cette méthode remontent à 1895 ; depuis cette époque, j'ai eu l'occasion de les répéter maintes et maintes fois, et jamais cette méthode n'a été trouvée en défaut. Aussi je propose d'établir la valeur boulangère des farines en prenant comme terme de comparaison le rapport

$$\frac{\text{Gluténine}}{\text{Gliadine}} = \frac{25}{75}$$

et de calculer dans tous les cas ce rapport en laissant le numérateur constant et égal à 25. Si on admet comme le plus favorable le rapport $\frac{25}{75}$, il est facile de calculer que les glutens indiqués en deuxième et troisième donneront les frac-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tions $\frac{25}{100}$ et $\frac{25}{48}$ qui indiquent dès lors entre quelles limites extrêmes peuvent se trouver enfermer les farines courantes du commerce variant de 50 à 70 p. 100 d'extraction. Apprécier la valeur boulangère d'une farine de blé au moyen de cette méthode, c'est déterminer le rapport $\frac{gluténine}{gliadine}$ et voir de combien il diffère du rapport favorable $\frac{25}{75}$; la farine présentera des qualités d'autant plus faibles qu'elle s'éloignera davantage, en dessus ou en dessous du rapport que je viens d'indiquer.

Cette méthode, bien entendu, ne devra être appliquée qu'aux farines normales, capables de donner des pains blancs ou à peine colorés. Dans les autres cas, farines bises, farines auxquelles on a ajouté intentionnellement des débris de l'enveloppe, le rapport $\frac{gluténine}{gliadine}$ n'indiquerait plus rien de précis, les particules de son et de germe, ainsi que MM. Mège Mouriès et Aimé Girard l'ont montré, apportant avec elles des produits, diastases et autres, qui viennent jouer un rôle spécial tout à fait indépendant de celui du gluten.

INFLUENCE DE LA QUANTITÉ DE GLUTEN ET DE SA COMPOSITION CENTÉSIMALE SUR LE RENDEMENT EN PAIN D'UNE FARINE

On sait que 100 kilogrammes de diverses farines peuvent rendre des quantités variables de pain suivant la quantité d'eau qu'elles peuvent retenir après la cuisson; en général, on sait que cette quantité est d'autant plus grande que les produits panifiés sont de qualité plus inférieure et contiennent plus de matière azotée. J'ai voulu voir quelle pouvait être l'influence jouée par le gluten et par ses composants sur la quantité d'eau qu'une farine peut fixer définitivement et parmi les essais que j'ai faits je choisirai les deux suivants.

Trois échantillons ont été analysés, panifiés dans les mêmes conditions et on a dosé l'humidité du pain. On a obtenu les résultats suivants :

	Gluten p. 100 de farine.	Composition centésimale du gluten.		Humidité du pain obtenu.
Échantillon n° 1	7,57	Gluténine. .	24,40	32 p. 100
		Gliadine. . .	75,60	
— n° 2	12,09	Gluténine. .	29,78	39 —
		Gliadine. . .	70,22	
— n° 3	12,61	Gluténine. .	33,20	38,5 —
		Gliadine. . .	66,80	

Cinq échantillons de farines diverses ont été, une autre fois, analysés,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

panifiés dans des conditions identiques et on a, comme précédemment, dosé l'humidité des pains fabriqués. On a obtenu les chiffres suivants :

	Gluten p. 100 de farine.	Composition centésimale du gluten.		Humidité du pain obtenu.
Échantillon n° 1	7,5	Gluténine. .	25,30	34 p. 100
		Gliadine. . .	74,70	
— n° 2	7,15	Gluténine. .	22,70	35 —
		Gliadine. . .	77,30	
— n° 3	7,44	Gluténine. .	17,80	34 —
		Gliadine. . .	82,20	
— n° 4	7,80	Gluténine. .	34,20	34 —
		Gliadine. . .	65,80	
— n° 5	12,10	Gluténine. .	33,67	38,5 —
		Gliadine. . .	66,30	

Les résultats qui se dégagent des deux tableaux précédents sont très explicites : ils montrent que seule, la proportion de gluten qu'une farine contient influe sur la quantité d'eau qu'elle peut retenir après la panification ; les proportions des deux composants gliadine et gluténine sont sans influence sur cette fixation et, par conséquent, dans les mêmes conditions, ces deux produits fixent, pour cent, une égale quantité d'humidité. Ce dernier résultat était d'ailleurs à prévoir, car j'ai montré, dans une étude précédente (1), que les trois produits, gluten, gliadine et gluténine ont une constitution chimique identique.

III. — Sur la nature des matières azotées contenues dans les farines des graines de légumineuses.

Dans un précédent travail (2), en analysant les conclusions tirées par M. Bleunard relativement à la constitution moléculaire de la légumine, j'ai montré comment l'action de l'hydrate de baryte, en vase clos, faisait prévoir, dans les farines de légumineuses, l'existence de matières albuminoïdes pouvant être rangées à côté du gluten et de ses congénères.

J'ai été ainsi conduit à essayer de séparer ces diverses matières azotées et je me suis adressé pour cela à la farine de féverole parce qu'elle joue dans certaines contrées, notamment dans le nord de la France, un rôle correctif à la qualité boulangère des farines, rôle consacré par la pratique et dont j'ai voulu en même temps chercher l'explication.

J'ai pratiqué la séparation des matières azotées contenues dans un échantillon commercial de farine de féverole, en opérant de la manière suivante :

(1) Thèse de doctorat.
(2) Thèse de doctorat, p. 40 et suivantes.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Deux échantillons de farine de poids connu (10 grammes) ont été séparément lavés à la benzine cristallisable pour enlever les matières grasses; après évaporation de la benzine en excès, on les a lavés complètement à l'eau distillée pour dissoudre les matières azotées solubles. Le produit resté sur le filtre, dans un cas, a été porté à l'ébullition avec de l'eau, puis saccharifié par la diastase et a laissé insoluble une matière azotée, analogue au gluten, qu'on a pesée avec toutes les précautions voulues. Dans l'autre cas, le produit lavé a été desséché à 30-35°, mis en contact avec 250 centimètres cubes de potasse alcoolique (alcool à 70° = 1000 centimètres cubes; KOH = 3 grammes) pendant 10 jours et on a séparé la partie soluble (gliadine) comme je l'ai indiqué dans le cas des farines des céréales dont le gluten est inextractible par malaxage. Cette gliadine a été desséchée et pesée.

De la solution des matières azotées solubles dans l'eau, on a isolé la légumine par précipitation au moyen de l'acide acétique, puis l'albumine végétale par ébullition de la liqueur filtrée. Ces deux produits ont été pesés séparément après dessiccation.

On a obtenu ainsi tous les éléments nécessaires à l'établissement du tableau suivant qui indique bien la nature des matières azotées qui accompagnent la légumine et l'albumine végétale dans les farines de légumineuses.

Matières grasses. . . . . 11,11 p. 100 de farine.

Composition des matières azotées totales = 31,04 p. 100

Légumine	= 18,92	
Albumine végétale	= 0,20	31,04
Gluten	= 11,92	

Composition du gluten = 11,92 p. 100

Gluténine	= 9,52	11,92
Gliadine	= 2,40	

Si on range, ainsi qu'on le doit, la légumine et la gluténine dans la catégorie des caséines végétales, la constitution des matières azotées, rapportées à 100, devient ainsi :

Caséine végétale	Légumine	= 60,95	91,62
	Gluténine	= 30,67	
Fibrine végétale.	Albumine	= 0,64	8,42
	Gliadine	= 7,78	

La légumine, en effet, se précipite en présence d'une légère acidité, sous la forme d'une matière pulvérulente, et le tableau précédent montre ainsi que la farine de féverole peut être envisagée comme une farine de céréale excessivement riche en matière azotée, cette matière étant constituée presque entièrement par un produit inerte formé de légumine et de gluténine.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Or, on sait que l'addition de farine de féverole est tolérée dans les proportions de 2 à 3 p. 100 pour donner du corps à certaines farines de blé qui, suivant l'expression technique, relâchent beaucoup pendant le pétrissage et la fermentation, et qui seules ne fournissent que des pains plats et mal levés. Dans la région du Nord, cette addition est fréquente et il est facile, d'après ce que j'ai dit précédemment, de montrer le rôle que joue l'introduction de ce nouvel élément.

Les farines qui, à la panification, présentent généralement l'inconvénient de donner une pâte très fluide, sont des farines contenant 7 à 8 p. 100 de gluten, celui-ci ayant à peu près la composition suivante :

Gluténine.	22 à 18
Gliadine.	78 à 82

riches par conséquent en gliadine. Supposons qu'à une farine ayant la composition suivante :

$$\text{Gluten} = 7{,}5 \text{ p. } 100. \ldots \begin{cases} \text{Gluténine} = 20 \text{ p. } 100 \\ \text{Gliadine} = 80 \text{ —} \end{cases}$$

on ajoute 2 p. 100 d'abord de farine de féverole ayant la composition :

$$\text{Matière azotée} = 30 \text{ p. } 100. \ldots \begin{cases} \text{Gluténine} = 92 \text{ p. } 100 \\ \text{Gliadine} = 8 \text{ —} \end{cases}$$

Un calcul simple montre qu'après l'addition, le produit résultant donnera à l'analyse :

$$\text{Matière azotée } 7{,}5 + 0{,}6 = 8{,}1,$$

formée de :

$$\begin{aligned} &\text{Gluténine } 1{,}50 + 0{,}55 = 2{,}05 \\ &\text{Gliadine } \ 6{,}00 + 0{,}05 = 6{,}05 \end{aligned}$$

Soit :

$$\text{Gluten} = 8{,}1. \ldots \begin{cases} \text{Gluténine} = 25{,}30 \text{ p. } 100 \\ \text{Gliadine} = 74{,}70 \text{ —} \end{cases}$$

Une addition de 3 p. 100 de farine de féverole à une farine de composition :

$$\text{Gluten} = 7{,}5. \ldots \begin{cases} \text{Gluténine} = 82 \text{ p. } 100 \\ \text{Gliadine} = 18 \text{ —} \end{cases}$$

donnera facilement un produit qui contiendra :

$$\text{Gluten} = 8{,}4. \ldots \begin{cases} \text{Gluténine} = 25{,}90 \text{ p. } 100 \\ \text{Gliadine} = 74{,}10 \text{ —} \end{cases}$$

L'acidité des farines de froment, acidité qui augmente pendant la fermentation panaire, ayant pour effet de précipiter la légumine, on voit, par le calcul

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

précédent, que l'introduction de la farine de féverole, dans les produits riches en gliadine, a pour effet :

1° D'augmenter la proportion de matière azotée ;

2° De ramener le rapport $\frac{gluténine}{gliadine}$ aussi près que possible de $\frac{25}{75}$, c'est-à-dire du point le plus favorable à la bonne tenue de la pâte pendant la fermentation et pendant la cuisson.

Ainsi se trouve vérifié théoriquement l'emploi de la farine de féverole, dont on connaissait les effets sans que jusqu'ici la cause en ait été déterminée et expliquée.

Un calcul simple, effectué de la même façon, montre que l'addition de 8 à 12 p. 100 de farine de riz, dont le gluten est formé presque exclusivement par de la gluténine, joue, vis-à-vis de certaines farines, le même rôle correctif que la farine de légumineuses.

IV. — Répartition du gluten et de ses principes immédiats dans les différentes parties du grain de froment.

Le principe général sur lequel est établi le fonctionnement des engins modernes de mouture repose sur la division de l'amande du grain en un certain nombre de parties dont la situation se déplace progressivement en allant du centre à la périphérie, c'est-à-dire en se rapprochant de plus en plus de la face interne de l'enveloppe ou du son. A cette division primitive, on affecte un nombre variable de machines, 5 à 7 désignées sous le nom de broyeurs à cylindres, construites les unes par rapport aux autres d'une façon identique. Chacun de ces broyeurs après l'opération donne un produit qu'on peut séparer, par le blutage, en gruaux et en farine.

On peut se demander si chacune des portions ainsi séparées par les opérations de broyage a, au point de vue des matières azotées insolubles qui nous occupent, la même composition, ou en d'autres termes, si l'amande farineuse du grain de froment a une structure identique dans son ensemble ou bien si elle est formée par une superposition de zones concentriques ayant chacune une constitution qui lui est propre. Déjà mon regretté Maître, Aimé Girard, en 1886 (1), a montré qu'il existe, touchant à la face intérieure de la membrane à diastases, une partie de l'amande, à cellules serrées fortement les unes sur les autres, à grains d'amidon plus petits, contenant une proportion de gluten plus grande que celle qu'on rencontre dans la zone centrale. Si l'on analyse, dans le même but, les farines des broyages successifs prises à la sortie des blutoirs, on peut voir,

(1) *Annales de Physique et de Chimie*, 6e série, t. III, p. 326, 1884.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

comme le montrent les résultats suivants choisis parmi les nombreux que j'ai recueillis, que la quantité de gluten va en croissant du premier au dernier broyeur.

Mouture sur blé de Bordeaux des environs de Versailles.

	Gluten p. 100.
1er broyage	7,09
2e —	7,408
3e et 4e broyages	8,053
5e broyage	10,560
6e —	11,517

Mais lorsqu'on s'adresse, pour obtenir des renseignements complets à ce sujet, aux produits venant directement du moulin, il est impossible de trancher complètement la question, et cela pour plusieurs raisons : d'abord, il est impossible, à moins de travailler spécialement, de connaître le poids du produit total, farine et gruaux, obtenus à chacun des passages; ensuite les gruaux séparés de la farine s'en vont mélangés vers les appareils de sassage et de convertissage et l'analyse de la farine qu'ils fournissent reste sans objet puisqu'on ne peut établir la situation exacte qu'occupaient dans les grains les produits qui lui ont donné naissance; enfin, le meunier soumet le plus souvent à la mouture des grains de variétés mélangées et nous verrons tout à l'heure que chacune de ces variétés, suivant les cas, pouvant présenter une composition spéciale, il est impossible dans ces conditions de tirer des lois certaines basées sur la composition des produits ainsi obtenus, même par un travail bien dirigé.

Convaincu qu'il était néanmoins intéressant pour le meunier de connaître, au point de vue de la teneur en matières azotées insolubles, la constitution des différentes parties de l'amande du grain de froment, j'ai pensé que, pour que les renseignements obtenus dans cette voie soient fructueux, il fallait : 1° fragmenter le grain, non pas en un grand nombre de parties dont chacune formerait une faible partie du poids total, mais au contraire en quelques portions importantes, représentant, soit par leur totalisation, soit isolément, un pourcentage correspondant au triage des farines commerciales 50, 60, 70 p. 100 environ; 2° faire non seulement le dosage du gluten dans les produits ainsi obtenus, mais aussi l'analyse quantitative de ce gluten par la détermination des quantités de gluténine et de gliadine qu'il renferme dans chaque cas. Le travail, ainsi dirigé, a de plus, l'avantage de pouvoir être fait au laboratoire, et en opérant avec le moulin que MM. Brault, Teisset et Gillet, de Chartres, ont construit sur les indications de M. Aimé Girard, on peut rapidement fragmenter un kilogramme de blé en trois parties importantes, en obtenant ainsi de chacune d'elles, après le convertissage, une quantité de farine plus que suffisante pour en faire l'analyse.

L'opération doit être conduite de la façon suivante :

On fait cinq broyages successifs, les trois premiers étant faits avec des degrés

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de serrage variable avec la grosseur du grain employé. Le premier broyage est mis de côté à cause des impuretés qu'il entraîne.

Le produit du deuxième broyage est tamisé d'abord au tamis n° 20; le produit refusé est renvoyé au broyage suivant. La partie qui a traversé le tamis n° 20 est jetée sur un tamis n° 40. Ce qui traverse est mis de côté.

Sur le tamis 40 il reste généralement un mélange de grosses semoules blanches, de gruaux bis et de petits sons. On calibre ces gruaux et on les force à traverser ensuite le tamis 40 en les passant à plusieurs reprises entre les cylindres serrés à un degré suffisant qui correspond à peu près à celui du cinquième broyage.

Finalement, tous les produits, farine et gruaux blancs, qui ont traversé ce tamis 40, sont réunis et pesés; les gruaux bis et petits sons restés sur ce tamis sont envoyés au broyage suivant avec les refus du tamis n° 20.

On opère pour chaque broyage ainsi qu'il vient d'être dit et finalement, après le cinquième on obtient un poids connu de chaque produit ainsi réparti.

1er broyage	Mis de côté.
2e —	Farine et gruaux blancs.
3e —	—
4e —	—
5e —	Farine, gruaux blancs et bis.
	Gros et petits sons.

On mélange alors les produits du deuxième et du troisième broyage et après tamisage au n° 120 pour séparer la farine, on convertit séparément : 1° les gruaux des deuxième et troisième broyages; 2° les gruaux du quatrième broyage; 3° les gruaux du cinquième broyage. On conduit le convertissage en serrant progressivement les cylindres lisses et en suivant avec attention l'attaque des gruaux; en général, après trois passages, il reste sur le tamis 120 quelques gruaux bis qu'on convertit finalement avec les gruaux du cinquième broyage. On pousse ce dernier convertissage à fond et on réunit les petits sons et issues qu'il laisse aux gros sons obtenus à la fin du broyage. Si on a eu soin de peser tous les produits farineux ainsi obtenus, on a ainsi séparé :

1° Un poids connu de farine des deuxième et troisième broyages;

2° Un poids connu de farine du quatrième broyage;

3° Un poids connu de farine du cinquième broyage;

4° Un poids connu de sons et issues.

Il est dès lors facile d'établir le pourcentage récapitulatif de la mouture.

Il n'y a plus dès lors qu'à doser le gluten dans chaque farine et déterminer la quantité de gliadine et de gluténine qu'il renferme dans chaque cas. On a ainsi tous les éléments nécessaires à l'établissement de la composition du grain de la variété mise en expérience.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Dans cette méthode, on le voit, on transforme en un produit farineux homogène toutes les parties détachées à chaque coup de cylindre, et ces parties proviennent ainsi des trois zones distinctes : 1° celle du centre formée par les deuxième et troisième broyages; 2° une zone extérieure, touchant le son formé par les produits du cinquième broyage; 3° une zone intermédiaire fournie par les produits du quatrième broyage.

Je ferai cependant remarquer que les produits du deuxième et du troisième broyage, correspondant à l'ouverture du grain par les cylindres chargés de l'écraser, n'ont pas une composition aussi homogène que ceux du quatrième et du cinquième obtenus par l'usure du grain complètement aplati. Il est impossible, en effet, au moment de l'écrasement initial, d'empêcher certains gruaux, détachés des régions diverses du grain brisé, de venir par leur mélange troubler la composition des produits obtenus dès le début de la mouture. On verra, par les résultats indiqués plus loin, que cet inconvénient a pour effet de troubler légèrement les chiffres d'analyse surtout dans les cas où le pourcentage d'extraction du deuxième et du troisième broyage est faible; mais d'une part, il n'y a pas moyen de l'éviter, et d'autre part, les erreurs qu'il introduit sont légères et ne gênent pas sensiblement l'interprétation des résultats.

J'ai appliqué cette méthode à l'étude des six variétés suivantes : blé Goldendrop, blé de Bordeaux, blé Dattel, blé gris de Saint-Laud, blé Choice White Bombay (Indes), blé Oulka de Bessarabie (Russie), et les résultats obtenus sont consignés dans les tableaux suivants :

Blé Goldendrop.

Provenance : Grande culture de Seine-et-Oise.

	Rendement à la mouture.	Gluten p. 100 de farine.	Composition du gluten.	
			Gluténine.	Gliadine.
2e et 3e broyages . . .	19,35	6,36	21,89	78,11
4e broyage	38,50	7,07	20,32	79,68
5e —	15,32	8,51	24,49	75,51

Extraction = 73,17 p. 100 du poids du blé.
Poids moyen d'un grain = 0,051

Blé de Bordeaux.

Provenance : Blé de semence de la maison Vilmorin-Andrieux.

	Rendement à la mouture.	Gluten p. 100 de farine.	Composition du gluten.	
			Gluténine.	Gliadine.
2e et 3e broyages. . .	13,23	8,28	25,48	74,52
4e broyage.	39,48	8,43	25,16	74,84
5e —	22,25	10,95	33,59	66,41

Extraction = 74,96 p. 100 du poids du blé.
Poids moyen d'un grain = 0,056

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Blé Dattel.

Provenance : Blé de semence provenant de la maison Vilmorin-Andrieux.

	Rendement à la mouture.	Gluten p. 100 de farine.	Composition du gluten.	
			Gluténine.	Gliadine.
2e et 3e broyages. . .	22,00	7,83	25,39	74,61
4e broyage.	30,80	8,12	22,93	77,07
5e —	21,90	10,60	37,19	62,81

Extraction = 74,70 p. 100 du poids du blé.
Poids moyen d'un grain = 0,049

Blé gris de Saint-Laud.

Provenance : Blé de semence de la maison Vilmorin-Andrieux.

	Rendement à la mouture.	Gluten p. 100 de farine.	Composition du gluten.	
			Gluténine.	Gliadine.
2e et 3e broyages . . .	19,90	7,37	22,94	77,06
4e broyage	27,07	7,71	29,80	70,20
5e —	24,51	9,51	31,55	68,45

Extraction = 71,48 p. 100 du poids du blé.
Poids moyen d'un grain = 0,050

Blé Choice White Bombay.

Provenance : Blé des Indes de grande culture 1896.

	Rendement à la mouture.	Gluten p. 100 de farine.	Composition du gluten.	
			Gluténine.	Gliadine.
2e et 3e broyages. . .	23,33	8,03	26,53	73,47
4e broyage.	26,36	8,29	26,39	73,61
5e —	23,33	10,24	39,16	60,84

Extraction = 73,02 du poids du blé.
Poids moyen d'un grain = 0,047

Blé Oulka de Bessarabie.

Provenance : Blé russe de grande culture 1895.

	Rendement à la mouture.	Gluten p. 100 de farine.	Composition du gluten.	
			Gluténine.	Gliadine.
2e et 3e broyages. . .	23,50	10,88	26,93	73,07
4e broyage.	18,15	11,33	29,20	70,80
5e —	25,60	13,22	34,00	66,00

Extraction = 67,25 p. 100 du poids du blé.
Poids moyen d'un grain = 0,029

De l'examen des tableaux précédents, on peut tirer plusieurs conclusions importantes :

I. — En ce qui concerne la composition des blés en général, on voit que la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

richesse en gluten est différente suivant la variété à laquelle on s'adresse. Quant à la composition de ce gluten, on voit qu'elle suit elle-même une allure variable avec la nature du grain soumis à l'analyse : c'est ainsi que la variété Goldendrop est caractérisée par une faible proportion de gluten, celui-ci contenant une grande quantité de gliadine; que la variété Choice White Bombay, avec une proportion moyenne de gluten, montre celui-ci contenant au contraire beaucoup de gluténine; que les variétés Bordeaux, Dattel et gris de Saint-Laud présentent une composition intermédiaire entre les deux précédentes, et qu'enfin le blé Oulka de Bessarabie est beaucoup plus riche en gluten qu'aucune des autres variétés envisagées.

II. — Au point de vue du gluten et de sa composition immédiate, pour chaque variété, si on examine les résultats fournis par l'examen des différentes parties séparées du grain, on voit : 1° que la quantité de gluten va en augmentant du centre à la périphérie du grain; 2° que la quantité de gluténine va également en augmentant, dans le même sens, ce qui entraîne une diminution proportionnelle de la gliadine.

Ces résultats sont d'une netteté absolue pour les variétés Gris de Saint-Laud et Oulka de Bessarabie. Pour les autres variétés Goldendrop, Bordeaux, Choice White Bombay, dans lesquelles les farines des deuxième, troisième, quatrième broyages ont la même composition relativement à la gliadine; pour la variété Dattel, qui présente entre les deuxième, troisième et le quatrième broyages une notable différence, il faut tenir compte, ainsi que je l'ai dit précédemment, de l'introduction dans les produits des deuxième et troisième passages, de gruaux provenant des autres parties des grains. Ces gruaux, en effet, détruisent l'homogénéité de la masse et troublent d'autant plus les résultats d'analyse que la composition de la partie périphérique de l'amande est plus différente de la composition de la partie centrale, ainsi que cela se voit parfaitement pour le blé Dattel; mais cette légère cause d'erreur ne change pas le sens de l'interprétation que j'ai énoncée précédemment.

III. — Au point de vue pratique et en particulier en ce qui concerne leur application au travail de la mouture, ces analyses montrent que l'amande farineuse du grain de blé peut être divisée en deux zones principales; l'une centrale formant de 42 à 58 p. 100 du poids du grain, ayant une composition spéciale déterminée, tant au point de vue de la quantité que de la qualité du gluten, variable avec chaque espèce de grain; l'autre extérieure à la précédente, représentant 15 à 26 p. 100 du poids total, beaucoup plus riche en gluten que sa voisine, ce gluten étant toujours plus riche en gluténine que celui qu'on peut extraire de la partie centrale.

Il est facile de calculer, en unités de longueur, la valeur de l'épaisseur de cette dernière zone périphérique en admettant : 1° que le grain de blé est un

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ellipsoïde engendré par la révolution d une ellipse tournant autour de son grand axe, celui-ci étant, ce qui est sensiblement vrai, égal à deux fois le petit axe ; 2° que la densité de l'amande farineuse est la même dans toutes ses parties.

L'intégrale

$$V = \pi \int_a^b y^2 dx$$

qui représente le volume engendré par une surface de révolution, résolue pour l'ellipse dont le centre est pris comme origine et avec les conditions précédentes devient :

$$V = \frac{1}{3} \pi a^3,$$

a représentant le demi-grand axe de l'ellipsoïde égal à l'extraction la plus élevée soit 73,17 p. 100 dans le cas du blé Goldendrop. Si on représente par α le demi-grand axe de l'ellipsoïde égal à l'extraction la plus faible, soit 19,35 + 38,50 = 57,85 p. 100, dans le même cas $(a - \alpha)$ représente l'épaisseur de la zone périphérique et un calcul simple montre que ces deux quantités sont liées par l'équation :

$$\alpha = a \sqrt[3]{\frac{P'}{P}},$$

P étant par exemple égal à 73,17, P' à 57,85 pour le blé Goldendrop.

La résolution de cette équation pour les six variétés de blé étudiées précédemment donne pour α les valeurs suivantes :

Blé Goldendrop.	$\alpha = a \times 0{,}92$
Blé de Bordeaux	$\alpha = a \times 0{,}89$
Blé Dattel	$\alpha = a \times 0{,}89$
Blé gris de Saint-Laud	$\alpha = a \times 0{,}87$
Blé Choice White Bombay.	$\alpha = a \times 0{,}88$
Blé Oulka de Bessarabie.	$\alpha = a \times 0{,}85$

ce qui montre bien que la valeur de $\bar{\alpha}$ est sensiblement proportionnelle au grand axe du grain, c'est-à-dire à la grosseur de celui-ci. Si on admet pour la valeur du grand axe un chiffre moyen de 6 millimètres et pour α la valeur moyenne :

$$\alpha = a \times 0{,}885$$

on aura :

$$\alpha = 3 \times 0{,}885 = 2{,}7$$

$$a - \alpha = 0^{mm},3 = \frac{3}{10} \text{ de millimètre.}$$

On peut dire, sans commettre d'erreur grave, que l'épaisseur de la zone périphérique de l'amande farineuse du grain de blé est égale à $\frac{3}{10}$ de millimètre ;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

soit vingt fois environ plus petite que la longueur de ce grain. Cette valeur peut parfaitement être admise comme valeur moyenne puisqu'elle est calculée d'après la détermination faite sur le blé Oulka de Bessarabie dont le grain est très petit (*Poids d'un grain* = 0,029) et le blé de Bordeaux (*Poids moyen* = 0,056) dont le grain au contraire a une grosseur qu'on peut considérer comme maximum.

IV. — Dans un travail présenté à l'Académie des sciences, en 1896, M. Aimé Girard a réfuté les erreurs commises dans quelques publications où l'on a essayé de soutenir que les farines commerciales, capables seules de donner des pains blancs et bien levés, tirées à 55-60 p. 100 d'extraction, ne contiennent qu'une faible proportion de gluten, celui-ci existant au contraire en quantité importante dans les produits à taux d'extraction plus élevé, 70-74 p. 100 au moins, présentant seuls, par conséquent, une valeur alimentaire convenable. Je n'ai pas à revenir sur cette question qui a été en ce moment résolue avec toutes sortes d'arguments péremptoires, mais j'ai essayé de calculer, sur les six variétés de blé que j'ai examinées, quelle serait l'augmentation de la matière azotée insoluble, si dans la mouture qui lui a été appliquée, on passait de 60 à 70 p. 100 d'extraction.

Un simple examen montrera que pour le blé Goldendrop, par exemple, 60 p. 100 de farine seront donnés par :

2e et 3e broyages.	19,35	à	6,36	p. 100 de gluten	= 1,23
4e broyage.	38,50	à	7,07	— —	= 2,72
5e —	2,15	à	8,51	— —	= 0,18
TOTAL.	60,00	à	6,90	— —	= 4,13

Dans le même cas, la farine à 70 sera composée de :

Farine à 60 p. 100.	60	à	6,90	p. 100 de gluten	= 4,13
5e broyage	10	à	8,51	— —	= 0,85
TOTAL.	70	à	7,11	— —	= 4,98

En appliquant ce raisonnement à toutes les autres variétés, on obtient pour les quantités de gluten contenues dans des farines à 60 et à 70 p. 100 le tableau suivant :

		Extraction.	
		60 p. 100	70 p. 100
Blé Goldendrop	Gluten p. 100 de farine . .	6,90	7,11
Blé de Bordeaux.	— . .	8,70	9,00
Blé Dattel.	— . .	8,30	8,60
Blé gris de Saint-Laud. . .	— . .	8,00	8,20
Blé Choice White Bombay .	— . .	8,53	8,77
Blé Oulka de Bessarabie. .	— . .	10,10	10,54

Ces résultats viennent donc à l'appui de ceux fournis par M. Aimé Girard, ils montrent bien que le passage de 60 à 70 p. 100 d'extraction aboutit, au point de vue de la teneur en gluten, à une augmentation insignifiante.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

PROPORTIONS DANS LESQUELLES LES DIFFÉRENTES VARIÉTÉS DE BLÉ RENFERMENT LA GLIADINE ET LA GLUTÉNINE. — COMPOSITION ÉLÉMENTAIRE AZOTÉE DU GLUTEN ET DE SES CONSTITUANTS.

Les analyses précédentes permettent, au moyen d'un calcul très simple, de déterminer les proportions relatives de gluténine et de gliadine renfermées dans les différentes variétés de blé envisagées. Il suffit pour cela d'admettre, ce qui est suffisant pour cet objet : 1° que le grain de blé, quelle que soit la variété à laquelle il appartient, renferme, d'après les travaux de M. Aimé Girard, 84 p. 100 environ de son poids formé par l'amande farineuse ; 2° que la partie de cette amande, encore adhérente au son, a la même composition que la farine du cinquième broyage que la mouture nous a fournie.

Pour le blé Goldendrop, par exemple, l'amande farineuse sera ainsi formée des trois parties suivantes ayant la composition ci-dessous :

			Gluténine.	Gliadine.
2e et 3e broyages	19,35	p. 100 contenant	0,27	0,96
4e broyage	38,50	— —	0,55	2,17
5e —	26,15	— —	0,55	1,67
TOTAL	84,00	— —	1,37	4,80

En appliquant ce raisonnement, on obtient pour la teneur en gliadine et gluténine des six variétés de blé analysées, les résultats suivants :

	Gluténine p. 100 du poids du blé.	Gliadine p. 100 du poids du blé.
Blé Goldendrop	1,37	4,80
Blé de Bordeaux	2,27	5,59
Blé Dattel	2,17	5,36
Blé gris de Saint-Laud	2,08	5,00
Blé Choice White Bombay	2,44	5,13
Blé Oulka de Bessarabie	3,17	6,96

Dans le travail publié par MM. Osborne et Woorhees, les études ont porté sur deux variétés de blés américains : un blé d'hiver et un blé de printemps. En se basant sur la méthode de séparation au moyen de l'alcool, méthode que j'ai discutée précédemment, en dosant l'azote sur les produits séparés et en remontant à la matière azotée au moyen du multiplicateur 5,68 dont je dirai tout à l'heure la provenance, les deux chimistes américains ont donné pour les proportions de gliadine et de gluténine contenues dans le grain de blé, les chiffres suivants :

Gliadine	4,25 p. 100 environ.
Gluténine	4 à 4,5 p. 100 environ.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ces chiffres, fortement entachés d'erreur par suite d'une part de la défectuosité de la méthode de séparation, d'autre part à cause de l'emploi du coefficient 5,68 qui n'a qu'une valeur relative, ne sauraient donc exprimer la vérité.

Les résultats que je viens de donner, basés sur la pesée directe des produits extraits, montrent bien qu'il est difficile d'enfermer les proportions de gluténine et de gliadine entre des valeurs absolues : ces valeurs en effet dépendent de la teneur du blé en gluten et de l'allure générale de ce gluten même. C'est ainsi, par exemple que parmi les quatre blés analysés provenant de cultures françaises on voit le blé Goldendrop renfermer 1,37 p. 100 de gluténine, 4,80 p. 100 de gliadine, tandis que les trois autres variétés sont beaucoup plus riches, 2,08 à 2,27 p. 100 pour la gluténine, 5,00 à 5,59 p. 100 pour la gliadine; on voit par là que le blé Goldendrop a dans ce cas une allure beaucoup plus gliadineuse que ses congénères. Enfin, l'influence de la quantité de gluten est suffisamment marquée, dans la composition du blé Oulka de Bessarabie pour qu'il soit utile d'y insister.

Pour être vrai, et d'autres expériences nombreuses viennent à l'appui de cette affirmation, d'une part le blé Goldendrop ayant une proportion de gluten représentant un minimum, avec un maximum de gliadine, d'autre part le blé Oulka de Bessarabie ayant au contraire une proportion de gluten qui est rarement dépassée dans les blés tendres, ce gluten contenant plutôt un excès de gluténine, on peut dire que les différentes variétés de blés tendres ont des quantités de gliadine et de gluténine pouvant osciller entre les valeurs extrêmes suivantes :

Gluténine	1,40 à 3,20 p. 100 du poids du blé.
Gliadine	4,80 à 7,00 — —

Les idées que je viens de développer viennent encore expliquer les divergences de résultats que je dois signaler entre la composition élémentaire azotée de la gliadine et de la gluténine trouvée par MM. Osborne et Woorhees et par moi.

J'ai déjà expliqué comment la méthode employée par les auteurs précédents les a conduits à séparer la gluténine mélangée à une forte proportion de gliadine coagulée. S'il est besoin d'une nouvelle preuve à l'appui de ma démonstration, je la trouve dans ce fait que ces deux produits sont signalés comme ayant la même teneur en azote :

Gliadine.	17,66 p. 100
Gluténine.	17,49 —

ce qui permet d'employer le chiffre 5,68 comme coefficient.

Or, lorsqu'on dose l'azote dans les glutens différents que l'on extrait des farines de variétés diverses de blé, on trouve des résultats variables. J'ai déjà

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

montré (1) que ces considérations entraînent également pour la gluténine et la gliadine dont les proportions elles-mêmes ne sont pas constantes, une composition azotée oscillant entre des valeurs maxima et minima, valeurs qui sont liées, forcément, à la quantité d'azote que le gluten dont on les extrait renferme.

C'est ainsi, par exemple, que de nombreuses analyses m'ont montré que les quantités d'azote que renferment le gluten, la gliadine et la gluténine, peuvent osciller entre les valeurs suivantes :

	Azote p. 100.
Gluten	14,28 à 16,30
Gluténine	12,38 à 16,90
Gliadine	15,35 à 16,97

Les deux analyses suivantes, faites sur les farines de quatrième broyage du blé Choice White Bombay et Oulka de Bessarabie montrent comment sont liées les teneurs en azote du gluten et de ses composants.

Oulka de Bessarabie.

Gluténine	3,31	p. 100 de la farine	à	14,80	p. 100 d'azote.
Gliadine	8,02	—	—	16,97	—	—
Gluten	11,33	—	—	16,30	—	—

Choice white Bombay.

Gluténine	2,19	p. 100 de la farine	à	16,90	p. 100 d'azote.
Gliadine	6,10	—	—	15,46	—	—
Gluten	8,29	—	—	15,77	—	—

J'ai fait de nombreux dosages d'azote sur diverses matières protéiques végétales et lorsqu'on compare les résultats obtenus en France et à l'étranger, on trouve, qu'en général, pour les matières telles que la légumine, l'albumine végétale, les constituants du gluten et le gluten lui-même, la quantité d'azote p. 100 contenue dans les produits français est toujours inférieure à celle contenue dans les produits étrangers. Aussi, je crois que pour les matières récoltées chez nous, le coefficient 6,25 répond à peu près à la vérité dans le calcul des matières protéiques tout en ayant néanmoins une tendance à être trop faible de 0,2 à 0,3 environ; il n'est au contraire pas aussi exagéré qu'on l'exprime quelquefois, notamment en Allemagne, pour le calcul des mêmes matières récoltées à l'étranger.

On voit qu'il y a là un point très intéressant à étudier; j'ai commencé cette étude en ce qui concerne la composition du gluten et de ses constituants extraits

(1) Thèse de doctorat, pp. 23 et 24.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

des blés français et étrangers. Mais pour le moment, outre les réflexions que je viens de faire plus haut, je crois que dans cette voie, il m'est seulement permis de poser le principe suivant : plus le grain de blé renferme de gluten, plus ce gluten est lui-même riche en azote.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Je résume ici les résultats les plus importants auxquels ces recherches m'ont conduit et que j'ai développés au cours de ce mémoire.

1° Le gluten contenu dans le grain de froment, extractible par les procédés ordinaires, est constitué par trois substances : *gliadine*, *gluténine*, *conglutine*, dont les deux premières forment la presque totalité de ce produit. La gliadine est une matière fortement agglutinative, la gluténine une matière pulvérulente, inerte, et leur mélange donne par conséquent au gluten les propriétés physiques variables qui le caractérisent. La gliadine est soluble dans l'alcool à 70° contenant 3 p. 1 000 de potasse caustique; la gluténine est insoluble et la légère émulsion qu'elle forme avec ce dissolvant se détruit par le passage d'un courant d'acide carbonique.

2° Le gluten contenu dans les farines des autres céréales : riz, maïs, orge, seigle, sarrasin, inextractible par les procédés ordinaires de malaxage, est constitué aussi par de la gliadine et de la gluténine, cette dernière substance étant en très grand excès sur la première et annulant par conséquent ses propriétés agglutinatives.

3° L'étude des propriétés du gluten et de ses constituants m'a permis d'établir une méthode chimique d'appréciation de la valeur boulangère des farines pures de froment. Cette méthode a pour base, ainsi que je l'ai montré, la détermination de la valeur quantitative du rapport $\frac{gluténine}{gliadine}$, la farine examinée présentant des qualités d'autant meilleures que la valeur de ce rapport se rapporte plus de la fraction $\frac{25}{75}$.

4° La quantité d'eau qu'une farine peut retenir à la panification est liée directement à sa teneur en gluten, celui-ci pouvant avoir dans ces conditions, au point de vue de la gliadine et de la gluténine, une composition variable.

5° Le travail de la panification amène le boulanger à corriger les défauts de quelques farines en y ajoutant parfois 2 ou 3 p. 100 de farine de féveroles. En général, les farines pour lesquelles cette nécessité se fait sentir possèdent un gluten riche en gliadine. L'étude des matières azotées contenues dans la farine de légumineuses montre que ces matières sont constituées, pour la presque totalité, par des caséines végétales, légumine et gluténine et un calcul simple

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

explique dès lors le rôle correctif que ces matières peuvent jouer en mélange : elles ramènent le rapport $\frac{gluténine}{gliadine}$ aussi près que possible de $\frac{25}{75}$.

La farine de riz, ajoutée en proportions plus grandes, 8 à 12 p. 100, peut aussi jouer un rôle analogue.

6° De l'étude spéciale de l'amande farineuse du grain de blé, au point de vue de sa composition en matière azotée insoluble, j'ai pu déduire :

a) Chaque variété de blé possède une quantité variable de gluten, celui-ci ayant lui-même une composition centésimale spéciale au point de vue de la gliadine et de la gluténine.

b) Quelle que soit la variété à laquelle on s'adresse les quantités de gluten et de gluténine vont en augmentant du centre à la périphérie de l'amande farineuse.

c) Au point de vue pratique, on peut diviser l'amande farineuse du grain de froment en deux zones distinctes : une zone centrale formant 42 à 58 p. 100 du poids du grain ayant une composition azotée variable avec chaque espèce de grain; une zone périphérique de 3/10 de millimètre d'épaisseur environ formant 15 à 26 p. 100 du poids du grain, toujours plus riche en gluten et en gluténine que la précédente.

7° L'étude de variétés du blé contenant des quantités de gluten enfermées entre des limites minima et maxima montre que le grain du blé peut renfermer :

Gluténine	de 1,37 à 3,17 p. 100
Gliadine.	de 4,80 à 6,96 —

La teneur en azote p. 100 du gluten, de la gliadine et de la gluténine ne s'exprime pas par un nombre constant. Elle dépend de circonstances diverses inconnues jusqu'ici. J'ai trouvé pour ces trois substances dans les conditions que j'ai expliquées, les résultats suivants :

	Azote p. 100.
Gluten.	14,28 à 16,30
Gluténine	12,38 à 16,90
Gliadine.	15,35 à 16,97

Les recherches que je viens d'exposer dans les pages précédentes seront complétées bientôt par la publication des analyses des blés d'origines diverses faites en collaboration avec mon regretté maître, Aimé Girard, et que j'ai le devoir de mener à bien après sa mort trop prématurée. Mais, tel qu'il se présente aujourd'hui, ce travail a déjà des conséquences importantes : au chimiste agronome, il indique les conditions suivant lesquelles il devra poursuivre méthodiquement, d'année en année, les recherches sur la valeur des diverses variétés

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de blé qu'il cultive, ces recherches devant conduire inévitablement à des résultats fort importants pour l'agriculture de la région qu'il habite; au meunier, il montre que tous les blés ne fournissent pas des farines de même qualité boulangère, qu'il est possible néanmoins, par des mélanges rationnellement faits, de corriger ses produits les uns par les autres et que c'est encore en introduisant le contrôle scientifique à la base de son industrie, qu'il arrivera à tirer des grains qu'il achète le parti le plus avantageux pour lui, pour le boulanger et pour le consommateur.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

AGRICULTURE

Observations sur le rendement cultural et sur la teneur en fécule de plusieurs variétés de pomme de terre industrielle et fourragère, par **M. Aimé Girard.**

Les recherches que, depuis 1885, j'ai poursuivies en vue de l'amélioration de la culture de la pomme de terre en France n'ont pas eu seulement pour résultat d'établir l'efficacité pratique des procédés que des études scientifiques antérieures m'avaient conduit à conseiller; elles m'ont fourni, en outre, l'occasion de mettre en comparaison, sur un même terrain, un nombre assez grand de variétés.

C'est à Joinville-le-Pont, sur les terres de la ferme de la Faisanderie, annexée à l'Institut national agronomique, que cette mise en comparaison a eu lieu; la culture s'y est étendue progressivement jusqu'à cinq hectares et le nombre des variétés cultivées s'est, progressivement aussi, élevé à plus de quarante.

A la vérité, l'introduction de quelques-unes de ces variétés n'a précédé que de quatre ou cinq ans la clôture de mes recherches, mais le plus grand nombre d'entre elles a été cultivé pendant neuf et même dix années consécutives.

La culture, pendant cette période, a rencontré les conditions météorologiques les plus diverses; quelquefois des conditions normales; mais, en certaines années aussi, elle s'est trouvée exposée tantôt à des pluies très abondantes, tantôt à des sécheresses excessives.

C'est alors, une comparaison singulièrement intéressante et instructive que celle des résultats obtenus dans un même terrain, sous l'influence de procédés culturaux invariables, et qui, par suite, doivent être, pour chacune des variétés de pomme de terre cultivées, attribués exclusivement à l'influence des conditions météorologiques auxquelles la culture s'est trouvée soumise.

On n'en saurait imaginer de plus concluantes pour un terrain déterminé.

Préciser la nature de ce terrain, rappeler les procédés culturaux qui ont été suivis par son exploitation, tel doit être, par conséquent, mon premier soin dans la circonstance actuelle.

Le terrain sur lequel, à Joinville-le-Pont, est installée la ferme de la Faisanderie, est constitué par une série de couches, irrégulièrement stratifiées, de sable plus ou moins grossier, mélangé de cailloux roulés.

La couleur en est grisâtre, jaunâtre en certaines parties et les matériaux en sont empruntés, non seulement à la région tertiaire voisine, mais aussi à des points éloignés tels que les terrains granitiques du Morvan; l'épaisseur totale de ces couches de gravier est considérable, suivant un renseignement que je dois à mon savant confrère, M. Adolphe Carnot, elle atteint de 12 à 15 mètres.

Le sol et le sous-sol en sont très perméables; avantageuse lorsque la saison amène des pluis abondantes, cette constitution a des conséquences funestes pendant les années de sécheresse; la terre s'échauffe alors outre mesure, se dessèche à de grandes profondeurs et devient incapable de fournir aux plantes l'eau nécessaire à leur végétation.

(1) *Société nationale d'agriculture de France,* séance du 15 décembre 1897.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

C'est, d'autre part, au nombre des terrains pauvres que la terre de Joinville-le-Pont doit être comptée. Dans la première édition de mes *Recherches sur l'amélioration de la culture de la pomme de terre France* (1) j'ai fait connaître, pour l'année 1884, la composition de la terre prise, d'une part, de la surface à la profondeur de 0m,20, d'une autre, de la profondeur de 0m,20 à 0m,40.

Cette composition était alors la suivante :

	1re couche de 0m à 0m,20.	2e couche de 0m,20 à 0m,40.
Sable	93,05	93,25
Argile	5,02	5,26
Chaux	0,13	0,09
Potasse	0,04	0,04
Acide phosphorique	0,07	0,03
Matière noire	0,30	0,25
Inconnu	1,39	1,08
	100,00	100,00
Azote total	0,10	non dosé.

Bien différente de ce qu'elle devait être jadis, cette composition correspond déjà à une amélioration considérable du terrain primitif, amélioration due à l'emploi poursuivi pendant douze années (de 1858 à 1870), par M. Tisserand, de l'engrais humain sur la terre de la ferme de la Faisanderie.

Depuis, et pendant les dix années de culture dont je me propose aujourd'hui d'exposer les résultats, cette amélioration a continué surtout au point de vue de l'enrichissement en acide phosphorique et en chaux, sous l'influence des fumures au fumier de mouton et aux engrais complémentaires que j'y ai appliqués.

C'est ce que montrent les chiffres ci-dessous qui donnent, par rapport à 100 grammes de terre prise à diverses profondeurs, les teneurs qu'en 1895 celle-ci possédait en acide phosphorique, en chaux et en magnésie.

	Surface.	à 0m,50.	à 0m,80.
	gr.	gr.	gr.
Acide phosphorique	0,089	0,070	0,070
Chaux	0,528	0,517	0,521
Magnésie	0,008	0,007	0,007

Quoi qu'il en soit, et malgré cette amélioration, le terrain de la ferme de la Faisanderie a toujours été considéré par moi, comme nécessitant un apport considérable d'engrais et c'est sous l'influence de cet apport qu'ont été obtenus les résultats remarquables que, dans leur ensemble, j'ai déjà eu l'occasion de faire connaître à la Société nationale d'agriculture (2).

Pour toutes les variétés de pommes de terre que j'ai mises en observation, depuis 1885 jusqu'en 1895 inclusivement, le traitement cultural a été, chaque année, identique.

Chaque année, en effet, le terrain destiné à la culture comparée de ces variétés était con-

(1) *Recherches sur la culture de la pomme de terre.* Chez MM. Gautier-Villars et fils, quai des Grands-Augustins, 55, Paris.

(2) *Bulletin de la Société nationale d'agriculture*, 1889 à 1896.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

stitué par une pièce de terre unique, sur laquelle les différentes variétés n'étaient réparties qu'après l'achèvement complet du travail cultural.

Le sol de cette pièce était, à l'automne, labouré à 0,35 et 0,40 de profondeur : puis, après y avoir enfoui une quantité de fumier de mouton représentant 20,000 kil. environ par hectare, on complétait au printemps cette fumure par l'épandage de 600 kil. de superphosphate riche et de 300 kil. de sulfate de potasse par hectare; aussitôt après la levée, enfin, on semait à la volée, sur chaque hectare de la culture, 200 kil. de nitrate de soude.

La pièce entière était rayonnée en croix, de manière à assurer à chaque variété un espacement identique de $0^m,50 \times 0^m,60$ correspondant à 333 poquets à l'are. Et c'est alors seulement qu'il était procédé à la division de la pièce et à la répartition sur la surface préparée, et suivant l'étendue attribuée à chacune d'elles, des variétés soumises à l'observation. Pour quelques-unes, pour la *Richter's imperator* notamment, cette étendue atteignait un hectare, pour d'autres elle s'élevait à 10 et 15 ares; pour quelques-unes, elle ne dépassait pas 2 ares.

Pour toutes les variétés, la plantation avait lieu de bonne heure, aux premiers jours d'avril, et le travail était conduit avec rapidité de façon à leur assurer des dates de plantation aussi voisines que possible.

Les binages, le buttage, le sulfatage, bien entendu, étaient toujours exécutés d'un seul coup sur la pièce entière et toutes les variétés, par conséquent, placées dans des conditions de végétation identique.

Cette végétation, d'ailleurs, était prolongée jusqu'à la dernière limite et, pour chaque variété, l'arrachage n'avait lieu que quand la maturité de cette variété était complète, c'est-à-dire quand, suivant le principe que j'ai fixé, les feuilles du dernier bouquet étaient flétries.

La pesée, enfin, et l'analyse des tubercules avaient lieu aussitôt la récolte faite.

Telles sont les conditions dans lesquelles, pendant dix ans, a été conduite la culture des variétés de pommes de terre que j'ai mises en observation.

Les rendements et les richesses ont donc, pendant ces dix années, varié uniquement sous l'influence des conditions météorologiques des campagnes successives.

Mais il convient de remarquer aussitôt qu'à côté de cette cause de variations, s'en présente une autre dont l'importance est capitale; cette cause, qu'on doit considérer comme d'ordre général, c'est la convenance réciproque du terrain et de la variété qu'il reçoit. Je crois devoir insister sur ce point, afin qu'il ne soit pas donné, aux résultats que je vais faire connaître, une généralisation exagérée; c'est aux terrains de gravier, pauvres et perméables comme celui de la ferme de la Faisanderie à Joinville-le-Pont, que ces résultats doivent être appliqués.

Dans quelques cas, cependant, et pour les variétés les plus importantes, je placerai à côté d'eux les résultats obtenus par plusieurs de mes collaborateurs dans des terrains différents, et peut-être, de la comparaison des uns et des autres, sera-t-il permis de tirer des conclusions générales sinon du moins plus étendues.

J'aurai pu, au cours de ces observations, opérant une sélection raisonnée sur ces diverses variétés, d'après la méthode que j'ai fait connaître et qui repose sur la considération de la vigueur de la végétation aérienne, chercher à améliorer celle-ci au point de vue du rendement et de la richesse, mais tel n'était pas mon but; celui que je poursuivais était la constatation des propriétés courantes de variétés abandonnées à leur libre allure, dans le terrain que je leur offrais.

Les 42 variétés dont j'ai ainsi suivi le développement ont montré, entre elles, des différences considérables sous le rapport du rendement en poids, comme aussi sous le rapport de la richesse en fécule; ces différences ont été, en certains cas, du simple au double.

Afin d'en rendre l'appréciation plus facile, je répartirai toutes ces variétés en trois classes, d'après l'importance de leur rendement en poids et je distinguerai :

1re *classe :* variétés à *grand rendement*, comprenant celles dont le rendement a dépassé, en moyenne, 25 000 kil. à l'hectare pendant ses dix ans;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

2e *classe :* variétés à *rendement moyen,* comprenant celles dont le rendement a été, en moyenne, et pendant ces dix années, compris entre 20 000 et 25 000 kil. à l'hectare ;

3e *classe :* variétés à *faible rendement,* comprenant celles dont le rendement moyen pendant ces dix années, s'est tenu au-dessous de 20 000 kil.

J'indiquerai d'abord, ci-dessous et en bloc, le rendement moyen, de 1885 à 1895, des variétés comprises dans chacune de ces trois classes, me proposant de présenter ensuite le rendement annuel de chacune d'elles et d'insister avec quelques détails sur les plus importantes d'entre elles :

Rendement moyen et richesse moyenne, de 1885 à 1895, des variétés comprises dans la 1re classe.

Grands rendements; au-dessus de 25 000 kil. à l'hectare.

	kil.	féc. °/₀
Richter's Imperator	33 642	à 18,68
Triomphe de Belfort	31 320	à 18,90
Géante bleue	29 500	à 15,70
Professeur Maerker	27 700	à 20,90
Géante de Reading	27 400	à 14,50
Peach blow	26 800	à 17,90
Red skinned	26 200	à 16,90
Aurora	26 100	à 14,60
Athènes	25 820	à 17,50
Idaho	25 760	à 16,10
Charolaise	25 660	à 13.80

Rendement moyen et richesse moyenne de 1885 à 1895, des variétés comprises dans la 2e classe.

Rendements moyens; entre 20 000 et 25 000 kil.

	kil.	féc. °/₀
Magnum bonum	24 460	à 15,10
Chardonne rouge	23 200	à 16,70
Canada	21 750	à 15,10
Simson	21 700	à 18,30
Aspasia	21 580	à 15,20
Institut de Beauvais	21 480	à 14,48
Van der Weer	21 150	à 14,70
Boursier	21 050	à 15,50
Infaillible	20 000	à 15,70
Adirondack	20 000	à 16,70
Gelbe rose	20 083	à 17,25
Rose de Lippe	20 430	à 15,80

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Rendement moyen et richesse moyenne, de 1885 à 1895, des variétés comprises dans la 3e classe.

Rendements faibles; au-dessous de 20 000 kil.

	kil.	féc. %
Alcool	19 950	à 17,10
Rosalie	19 170	à 15,82
Fleur de pêcher	19 140	à 17,30
Stutton's abundance	19 112	à 15,70
Juno	19 034	à 19,30
Éléphant blanc	18 930	à 14,10
Bismarck	17 890	à 20,90
Chardon	17 860	à 15,50
Chancelier impérial	17 470	à 21,70
Jeuxey ou Vosgienne	17 440	à 14,60
Jean Rivat	16 900	à 17,00
Brownwell	16 830	à 14,80
Eos	15 940	b 16,30
Kornblum	15 060	à 16,90
Négresse	15 000	à 17,00
Daberche	14 530	à 17,20
Meilleure de Bellevue	14 370	à 17,20
Kernours	14 200	à 14,20
Aurélie	13 600	à 18,90

VARIÉTÉS A GRAND RENDEMENT

Dans cette longue expérience, qui a duré dix ans, je n'ai pu, on le voit, rencontrer qu'un bien petit nombre de variétés à grand rendement; ce nombre atteint à peine le quart du nombre des variétés mises en observation. Celles-ci, cependant, avaient été choisies ou bien parmi les variétés déjà connues et réputées dans notre pays, ou bien parmi les variétés nouvelles vantées tant en France qu'à l'étranger? Et c'est pour cinq d'entre elles seulement qu'aux rendements moyens de 26 000 à 33 000 kil. est venue se joindre une richesse moyenne de 17 à 19 p. 100 environ de fécule anhydre.

Ce serait cependant commettre une grave erreur que de considérer toutes les variétés de cette classe comme incapables de donner à la fois un grand rendement en poids et une grande richesse absolue. En certaines années, quelques-unes d'entre elles ont atteint nettement ce double résultat; mais, en d'autres années, influencées par les conditions météorologiques, elles n'ont abouti qu'à des résultats inférieurs qui ont, dans une large mesure, abaissé leur moyenne générale.

C'est ce que montrera l'examen détaillé des résultats fournis pendant ces dix années par les plus importantes des variétés étudiées; c'est suivant l'importance de leur rendement en poids que je les rangerai.

Richter's Imperator. — De 1885 à 1895 inclus, les rendements en poids et la richesse en fécule fournis par cette variété à Joinville-le-Pont, ont été les suivants:

	kil.	féc. %		kil.	féc. %
1886	44 760	à 16,2	1891	34 000	à 22,4
1887	34 080	à 21,0	1892	30 000	à 12,8
1888	31 350	à 18,4	1893	28 764	à 19,4
1889	29 500	à 20,4	1894	33 424	à 16,0
1890	35 040	à 19,7	1895	35 111	à 20,5

Moyenne 33 642 kil. à 18,63 p. 100 de fécule anhydre.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La *Richter's Imperator* est aujourd'hui trop connue pour qu'il soit nécessaire d'insister sur ses qualités. Les récoltes successives qu'elle m'a données à Joinville pendant dix années portent avec elles leur enseignement; deux fois seulement, sous l'influence de la sécheresse, j'ai vu son rendement en poids inférieur et de bien peu, à 30 000 kil. et toujours, sauf l'accident qu'ont déterminé, en 1892, les conditions météorologiques de la fin de la campagne, sa richesse en fécule s'est montrée supérieure à 16 p. 100, pour le plus souvent osciller autour de 20 p. 100.

« Il y a lieu de signaler, a dit, en 1895, à la Société nationale d'agriculture, M. H. de Vilmorin, la constance de la pomme de terre *Imperator*, au point de vue du grand rendement cultural et de la richesse en fécule (1)... »

Telle est, en effet, la caractéristique de cette variété; elle s'accommode de presque tous les terrains et les accidents météorologiques ne l'affectent pas, en général, profondément.

Les résultats fournis par cette variété à mes collaborateurs, dont le nombre, modeste au début (33 seulement en 1889), s'était rapidement élevé pour, en 1892, atteindre le chiffre de 600, ont, de tous points, confirmé cette appréciation. On a vu ceux-ci, en effet, lorsqu'ils ont, en terre fertile, suivi exactement les méthodes culturales que j'ai recommandées, obtenir en moyenne (2):

	kil.	féc. °/₀
En 1889.	36 000	à 21,9
— 1890.	37 157	à 19,5
— 1891.	36 250	à 20,0
— 1892.	36 276	à 17,0

Diminués pendant les trois années suivantes par des conditions météorologiques déplorables, en 1893 et 1895, par des sécheresses excessives, en 1894, par une pluie incessante en fin de campagne, leurs rendements n'en sont pas moins restés relativement élevés; ils ont été, en effet:

	kil.	féc. °/₀
En 1893.	22 309	à 19,0
— 1894.	25 371	à 19,3
— 1895.	24 709	à 19,0

A côté de ces chiffres, il n'est pas sans intérêt de placer ceux qu'à Clichy-sous-Bois (Seine-et-Oise), dans un terrain argileux et un peu froid, tout différent de celui de Joinville cette même variété m'a donné; de 1885 à 1895, les rendements et les richesses ont, sur ce terrain, été les suivants :

	kil.	féc. °/₀		kil.	féc. °/₀
1886.	41 400	à 14,60	1891.	45 580	à 21,40
1887.	33 665		1892.	32 900	à 17,70
1888.	41 072	à 19,49	1893.	27 500	
1889.	35 000		1894.	42 700	à 18,40
1890.	43 300		1895.	34 280	à 20,90

Moyenne 37 340 kil. à 18,75 p. 100.

De l'ensemble des résultats qui précèdent et de leur comparaison avec les résultats que fournissent les autres variétés, il est permis de tirer cette conclusion que la variété *Richter's Imperator* doit être considérée comme celle qui, jusqu'ici, offre à la culture la plus grande sécurité; même dans les années mauvaises, où son rendement subit une légère diminution, celle-ci reste assez élevé pour être encore rémunérateur.

Cette conclusion est, aujourd'hui, généralement admise et, depuis le jour où, après avoir

(1) *Bulletin de la Société nationale d'agriculture*, année 1895, p. 150.
(2) *Ibid.*, années 1889 à 1896.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

appelé l'attention sur cette belle variété, j'ai fait connaître les rendements qu'elle avait fournis à des centaines de cultivateurs, on a vu, en quelques années, la plantation s'en répandre sur la France entière.

Quelques personnes, cependant, lui ont adressé un reproche et l'ont accusée de se mal conserver pendant l'hiver. Si ce fait s'est produit, c'est à de mauvaises installations qu'il est dû; nombreux sont ceux de mes collaborateurs qui n'ont jamais vu les tubercules de Richter's s'altérer pendant les mois de conserve; chez M. Vast, à la ferme de Chanteloup (Seine-et-Marne), c'est par centaines de tonnes que se comptent les tubercules conservés, et jamais on n'a vu la masse ainsi emmagasinée entrer en décomposition: cette année encore, à la fin du mois de juin, je trouvais chez notre confrère M. S. Tétard, à Gonesse, plusieurs milliers de kilogrammes de tubercules qui, conservés en tas au-dessous d'un plancher chargé de foin, n'avaient encore, malgré cette date avancée, subi aucune altération.

Triomphe de Belfort. — A côté de la variété *Richter's Imperator*, il convient de placer une variété présentée recemment par M. Japy, président de la Société d'agriculture de Beaucourt (Territoire de Belfort) et dont celui-ci a bien voulu me fournir, à la fin de 1892, une certaine provision; c'est sur une surface modeste de deux ares que je l'ai cultivée de 1893 à 1895 inclusivement, et elle m'a donné les résultats suivants :

	kil.	féc. °/₀
1893.	28 400	à 23,8
1894.	33 000	à 14,7
1895.	32 570	à 18,4

Moyenne 31 320 kil. à 18,9 p. 100.

J'ai cultivé cette variété pendant trop peu d'années pour pouvoir porter sur elle un jugement définitif; les résultats qu'elle a fournis jusqu'ici sont cependant très recommandables et comparables, année pour année, à ceux qu'a fournis la *Richter's Imperator;* elle offre d'ailleurs, sous le rapport du feuillage, de la forme et de la grosseur des tubercules, la plus grande analogie avec celle-ci.

Géante bleue. — Depuis une dizaine d'années, une variété remarquable est venue se placer à côté de la *Richter's Imperator;* connue en Allemagne sous le nom de *Blue Riesen*, cette variété doit, en France, être désignée sous le nom de *Géante bleue*.

Je l'ai cultivée à Joinville, pendant cinq années consécutives, et elle m'a donné les résultats suivants :

	kil.	féc. °/₀
1891.	31 400	à 21,7
1892.	35 000	à 11,8
1893.	26 880	à 16,2
1894.	29 540	à 12,1
1895.	24 900	à 16,9

Moyenne 29 500 kil. à 15,7 p. 100.

Ces chiffres, aussi bien ceux relatifs au rendement en poids que ceux relatifs à la teneur en fécule, sont notablement au-dessous de ceux qui, au début, avaient été annoncés par les propagateurs de cette variété.

Chez quelques-uns de mes collaborateurs, cependant, ces chiffres élevés ont été atteints.

En 1893, vingt-sept d'entre eux m'ont fait connaître leurs rendements et mis à même d'analyser leurs tubercules. La moyenne de ces rendements a été de 24,730 kil., mais comprise entre des chiffres extrêmes, singulièrement éloignés et variant de 8,000 kil. seulement à 38,000 kil. à l'hectare; la richesse moyenne était égale à 16,7 avec des écarts de 14,5 à 20,5 p. 100.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

En 1894, le rendement moyen a été, pour vingt-sept cultivateurs encore de 30,700 kil., avec des écarts de 14,000 kil. à 40,000 kil., la richesse moyenne de 16.3 p. 100 avec des écarts de 13,7 p. 100 à 20.0 p. 100.

En 1895 enfin, pour vingt-deux cultivateurs, le rendement moyen s'est élevé à 27,080 à l'hectare, avec des écarts de 11,500 kil. à 35,400 kil.; quant à la richesse moyenne, le petit nombre de ceux qui, parmi ces collaborateurs, m'ont envoyé des tubercules à analyser ne me permet pas de la fixer.

La conséquence à tirer des faits qui précèdent est que la *Géante bleue* peut, dans certaines conditions météorologiques et dans certains terrains, donner d'aussi bons résultats que la *Richter's Imperator;* mais, tandis que celle-ci se présente au cultivateur avec des qualités de constance qui doivent le rassurer, celle-là se montre au contraire inconstante et variant dans ses résultats suivant des causes jusqu'ici mal définies, c'est-à-dire avec des défauts qui le doivent inquiéter.

L'insuccès relatif qu'elle m'a donné à Joinville, sa faible teneur en fécule surtout, montrent combien elle est difficile sur le choix du terrain; parmi ses qualités cependant, il convient de citer la grande résistance qu'elle présente à la maladie, mais il convient de rappeler également que la variété *Richter's Imperator*, très résistante déjà par elle-même, doit, quand elle a été convenablement sulfatée, être mise au premier rang de celles qu'épargne le *phytophtora infestans*.

A côté de cette qualité dont l'importance ne saurait être méconnue, la *Géante bleue* présente, d'autre part, de sérieux inconvénients, dont le plus grave, certainement, est sa tardivité; sa maturité est, généralement, de 15 jours en retard sur celle de la *Richter's Imperator* et, pour cette cause, on la voit rarement atteindre la richesse en fécule à laquelle, en d'autres circonstances, elle pourrait prétendre; il est rare qu'on la puisse arracher avant les derniers jours d'octobre. La sécheresse, d'autre part, a sur elle une influence considérable et, toute vigoureuse qu'elle soit, elle n'a pu, par exemple, en 1893 et 1895, échapper aux accidents qui se sont produits; ses feuilles se sont flétries six semaines au moins avant l'époque normale de son arrachage.

Pour ces diverses raisons, je ne crois pas qu'il faille préférer la *Géante bleue* à la *Richter's Imperator;* l'industrie de la féculerie, qui l'avait d'abord accueillie avec faveur, l'exclut généralement aujourd'hui de ses approvisionnements et, d'autre part, j'ai constaté, par l'expérience directe, que, cuite à la vapeur, elle acquiert une odeur spéciale et forte, en même temps qu'une légère amertume qui la font accepter difficilement par le grand bétail à l'alimentation duquel on la destine.

Géante sans pareille. — Quoique je n'aie pas eu l'occasion de cultiver moi-même cette variété nouvelle, il m'a semblé intéressant de placer ici les résultats qui, à son sujet, m'ont été communiqués par trois de mes collaborateurs en 1895.

La moyenne du rendement en poids qu'ils ont obtenu a été de 28,800 kil. à l'hectare et, aux tubercules qu'ils ont bien voulu m'envoyer, j'ai trouvé une richesse moyenne de 17,81 p. 100.

Ce sont là des résultats encourageants, mais trop peu nombreux pour qu'il me soit permis d'émettre une opinion ferme sur la valeur de cette variété.

Professeur Maerker. — J'en dirai autant de la variété désignée par le nom de *Professeur Maerker;* je ne l'ai, en effet, cultivée qu'en 1895; elle m'a alors donné de très bons résultats : 27,700 kil. à 20.90 p. 100 par hectare.

Dès 1894, deux de mes collaborateurs m'avaient communiqué des rendements de 27,000 et de 29,000 kil. à l'hectare; en 1895, quatre d'entre eux m'annonçaient des rendements dont un seul s'élevait à 27,500 kil. et dont la moyenne ne dépassait pas 23,100 kil., mais pas plus en 1894 qu'en 1895, la richesse en fécule des tubercules provenant de ces récoltes n'a atteint le chiffre élevé que j'ai obtenu en 1895, c'est-à-dire 20.90 p. 100; cette richesse était, en 1894, de 16.9 p. 100, en 1895, de 16.2 p. 100.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La variété dite *Professeur Maerker* mérite néanmoins d'être soigneusement étudiée en grande culture; elle a, en effet, sur la plupart des variétés à grand rendement, l'avantage d'être demi-hâtive; elle mûrit dès la fin d'août.

C'est à M. Tibulle Collot, de Lille, que je dois le plant que j'ai cultivé en 1895.

Géante de Reading. — La géante de Reading est, comme la précédente, une variété demi-hâtive; je l'ai cultivée à Joinville-le-Pont pendant quatre années, et c'est à MM. Whitehead Cousins, de Londres, que je dois le plant que j'ai introduit dans mon champ d'expériences, en 1892.

Cette variété, nouvelle en France, m'a, pendant ces quatre années, fourni des rendements en poids assez élevés, mais jamais je n'ai vu sa teneur en fécule dépasser un chiffre modeste; une seule fois, cette teneur s'est élevée à 16,4 p. 100. Son produit a été le suivant :

	kil.	féc. °/₀
1892.	30 700	à 12,4
1893.	27 760	à 16,4
1894.	24 180	à 14,0
1895.	27 000	à 15,1

Moyenne 27 400 kil. à 14,5 p. 100.

Peu répandue en France, cette variété n'a été cultivée que par deux de mes collaborateurs qui en ont obtenu :

	kil.	féc. °/₀
En 1893.	19 000	à 17,3
— 1894.	34 240	à 17,1

Les différences considérables qu'on observe entre ces deux rendements montrent bien que les essais culturaux relatifs à cette variété ne sont pas assez nombreux encore pour qu'on en puisse, dès à présent, fixer la qualité; les essais que j'ai faits à Joinville cependant, et qui m'ont permis de ranger la *Géante de Reading* parmi les variétés à grand rendement, l'intérêt que présenterait la fixation de variétés hâtives ou demi-hâtives susceptibles d'être placées dans cette classe, montrent que, malgré la médiocre teneur en fécule qui paraît être son défaut, la *Géante de Reading* est digne de considération.

C'est une variété à végétation élevée et vigoureuse qui mûrit vers la fin d'août.

Peach blow. — Sous ce nom générique, je rangerai ici une variété dont je dois la communication à l'un de mes collaborateurs, M. Osmin Lepetit, de Saint-Amand (Cher), et qui, d'après M. de Vilmorin, paraît appartenir à la classe des *Peach blow*.

Je l'ai cultivée à Joinville pendant quatre années, et elle m'a donné les résultats suivants :

	kil.	féc. °/₀
1892.	33 000	à 20,1
1893.	25 750	à 18,2
1894.	26 250	à 17,3
1895.	22 300	à 16,0

Moyenne 26 800 kil. à 17,9 p. 100.

Les résultats qui précèdent sont certainement très dignes d'attention; les rendements en poids sont beaux, mais on ne peut s'empêcher de remarquer que la richesse en fécule a été diminuant d'année en année, soit que la variété ne soit pas absolument fixée, soit que le terrain dans lequel je l'ai cultivée à Joinville-le-Pont ne lui permette pas de développer toutes ses facultés.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Red Skinned. — Cette excellente variété, depuis longtemps connue en France et désignée tantôt sous le nom qui précède et qui signale la coloration rougeâtre que revêt la peau de ses tubercules, tantôt sous les noms de *Flour ball*, de *Balle de farine*, de *Chardonne rouge*, etc., est certainement l'une de celles que l'on doit le plus recommander à la grande culture, comme pomme de terre industrielle et fourragère.

Pendant dix années consécutives, je l'ai cultivée à Joinville-le-Pont sur des surfaces assez étendues, et sauf deux ou trois défaillances, elle m'a toujours donné des résultats très satisfaisants; c'est ce que montrent ci-dessous les rendements et les richesses correspondant à ces dix années :

	kil.	féc. °/₀		kil.	féc. °/₀
1886.	29 800	à 15,72	1891.	25 800	à 21,20
1887.	31 400	à 17,00	1892.	30 000	à 13,50
1888.	29 000	à 17,40	1893.	11 300	à 18,20
1889.	23 200	à 17,80	1894.	26 970	à 13,10
1890.	32 500	—	1895.	24 010	à 18,29

MOYENNE 26 200 kil. à 16,9 p. 100.

Ces chiffres sont extrêmement intéressants; ils mettent en relief les belles qualités de la variété *Red Skinned* qu'on voit en certaines années favorables (1887-1888) se rapprocher des variétés les plus productives; ils montrent aussi combien est grande l'influence qu'exercent sur elle les conditions météorologiques, influence qui, pour des automnes pluvieux comme celui de 1894, abaisse la teneur en fécule à 13.10 p. 100, tandis que, pour des saisons sèches comme celles de 1893, le rendement en poids tombe de 30,000 et même 32,000 kil. à 11,300 kil.

Cultivée par un certain nombre de mes collaborateurs, la *Red Skinned* a offert, sur leurs exploitations, des variations du même ordre.

En 1893, quatorze d'entre eux m'ont communiqué des rendements dont la moyenne en poids n'a pas dépassé 22,500 kil., mais avec des écarts de 12,000 à 33,500 kil. La richesse moyenne qui s'est élevée à 18,5 p. 100 a présenté également de grands écarts (14.3 à 22.7 p. 100).

En 1894, à la suite d'un automne pluvieux, la moyenne générale du rendement, pour douze de mes collaborateurs, a été de 26,900 kil., c'est-à-dire identique au rendement que j'avais obtenu à Joinville, mais à l'établissement de cette moyenne sont intervenus des chiffres très différents (14,800 kil. à 29,000 kil.) avec une teneur moyenne en fécule de 16.6 p. 100, présentant des écarts de 14.8 à 19.9.

En 1895, enfin, le rendement moyen, pour quatorze cultivateurs, s'est abaissé à 22,790 kil. à 17.1 p. 100, avec des écarts de 11,750 kil. à 32,500 kil. quant au poids à l'hectare et de 14.3 à 20.5 p. 100 quant à la teneur en fécule.

Les grandes différences que tous ces chiffres présentent entre eux montrent à quel degré et suivant que le terrain dans lequel elle est cultivée lui est ou ne lui est pas favorable, la *Red Skinned* est impressionnée par les conditions météorologiques.

Les rendements qu'elle m'a donnés pendant dix années consécutives à Clichy-sous-Bois, dans un terrain légèrement argileux et moins accessible, par conséquent, aux accidents que la sécheresse détermine, viennent à l'appui des observations qui précèdent; ces rendements ont été les suivants :

	kil.	féc. °/₀		kil.	féc. °/₀
1886.	33 400	à 15,70	1891.	35 960	
1887.	26 375	—	1892.	27 700	à 13,3
1888.	36 380	à 18,92	1893.	30 100	
1889.	32 000	—	1894.	35 200	à 17,7
1890.	40 900	—	1895.	32 360	à 19,0

MOYENNE 33 037 kil. à 16,3 p. 100.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

De tout ce qui précède, il convient de conclure que la *Red Skinned* est, à un plus haut degré que d'autres variétés, exigeante sur la nature des terrains où elle doit être cultivée; c'est une variété plus délicate que la *Richter's Imperator* et la *Géante bleue*, moins constante que la première, mais qui, malgré tout, doit être comptée au nombre de celles qui doivent être recommandées à la grande culture.

Aurora. — Cette variété que j'ai fait venir d'Allemagne, il y a une dizaine d'années, m'avait tenté par les grands rendements en poids qui lui étaient attribués; elle avait, en outre, le grand avantage de n'être que demi-tardive; cultivée à Joinville-le-Pont, depuis 1887, elle m'a donné les résultats suivants :

	kil.	féc. °/₀		kil.	féc. °/₀
1886.	»		1891.	25 000	à 16,6
1887.	31 700	à 13,00	1892.	»	(1)
1888.	31 800	à 14,7	1893.	21 300	à 16,6
1889.	18 900	à 15,8	1894.	27 200	à 10,8
1890.	30 960		1895.	22 000	à 15,1

MOYENNE 26 100 kil. à 14,6 p. 100.

L'élévation des rendements en poids qui étaient annoncés a été ainsi généralement vérifiée; mais, malheureusement, la teneur en fécule est toujours restée médiocre et inférieure en moyenne (14.5 p. 100) à ce qu'elle doit être pour qu'une variété puisse être rangée parmi le produits avantageux au point de vue de l'industrie et de l'alimentation du bétail.

Athènes. — La variété *Athènes* est une de celles qui ont été les plus prônées en Allemagne depuis quelques années; je l'ai introduite à Joinville-le-Pont en 1890, et cultivée, par conséquent, pendant six années consécutives; les rendements qu'elle a fournis sont rapportés ci-dessous :

	kil.	féc. °/₀
1890..	46 500	à 18,08
1891..	26 200	à 22,02
1892..	34 000	à 14,00
1893..	14 430	à 17,30
1894..	18 570	à 14,30
1895..	15 210	à 18,80

MOYENNE 25 820 kil. à 17,5 p. 100.

Un de mes collaborateurs qui a cultivé cette variété pendant trois années de suite, sur une étendue d'un hectare, a, de son côté, obtenu les résultats suivants :

	kil.	féc. °/₀
1893..	27 645	à 18,2
1894..	31 000	à 19,70
1895..	17 000	»

Ce sont là de très bons rendements, mais il est à craindre qu'ils ne soient exceptionnels et la différence, en tous cas, a été grande entre 1894 et 1895.

D'autres rendements m'ont été communiqués encore en 1893 : 10,000 kil. dans la Marne, 8,000 kil. à 21.9 dans les Ardennes, 14,000 kil. à 19.4 dans l'Oise; 13,000 kil. près de Belfort.

Ces chiffres sont bien inférieurs à ceux que je citais tout à l'heure et se rapprochent plu-

(1) La culture de l'*Aurora*, presque entière, a été détruite par une gelée printanière.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tôt de ceux que j'ai obtenus à Joinville, de 1893 à 1895 inclus, que de ceux que l'*Athènes* m'avait fournis au début.

Aussi, doit-on, à mon avis, considérer l'*Athènes* comme une variété dont le succès, au point de vue du rendement en poids, n'est assuré que dans certains terrains spéciaux et peu répandus Ce qui reste remarquable, cependant, c'est sa richesse généralement grande, en fécule; deux fois seulement, en effet, je l'ai vue s'abaisser à 14 p. 100; généralement, elle s'élève à 18 ou 20 p. 100.

On doit donc la regarder comme constante au point de vue de la richesse, mais comme inconstante au point de vue du rendement en poids; elle ne possède que l'une des deux qualités que doivent réunir les variétés industrielles et fourragères à recommander.

Idaho. — Cette variété que nombre de nos cultivateurs connaissent bien et dont j'ai tiré le premier plant, en 1886, des environs de Lunéville (Meurthe-et-Moselle), a été cultivée à la ferme de la Faisanderie pendant neuf années; elle a fourni des rendements et des richesses qui sont indiqués ci-dessous :

	kil.	féc. °/₀		kil.	féc. °/₀
1886.	»		1891.	27 800	à 20,20
1887.	31 870	à 12,00	1892.	24 470	à 11,80
1888.	26 050	à 15,80	1893.	24 700	à 17,60
1889.	19 900	à 18,10	1894.	21 690	à 15,50
1890.	35 700	à 17,30	1895.	19 700	à 16,70

MOYENNE 25 760 kil. à 16,1 p. 100.

C'est donc parmi les bonnes variétés que doit être rangée l'*Idaho;* elle peut, en certaines années, rendre au delà de 30,000 kil. à l'hectare et, sauf de rares exceptions, on voit son rendement se tenir aux environs de 25,000 kil.; la richesse en est généralement bonne et c'est exceptionnellement que je l'ai vue, en 1887 et 1892, descendre au-dessous de 15 p. 100, en 1889 et 1891, s'élever jusqu'à 18.10 et 20.20 p. 100. Peut-être, en certains terrains, pourrait-elle rendre des services plus grands que ceux qu'elle a rendus dans le terrain de Joinville; en aucun cas, cependant, elle ne paraît devoir être préférée aux variétés dont j'ai exposé les qualités au début de ces observations.

Charolaise. — Cette variété, que l'on ne connaît que depuis huit ou dix ans, est due aux semis de M. Louis Garenne, de Saint-Laurent-Perrigny (Saône-et-Loire); je l'ai reçue de cet habile cultivateur en 1889; je l'ai plantée à Joinville pendant cinq années consécutives, et j'en ai suivi le développement avec le plus grand soin.

D'origine française, en effet, la Charolaise est digne de tout intérêt; elle est hâtive et, tout en donnant des rendements élevés, elle mûrit dès le milieu du mois d'août.

En certains terrains, d'ailleurs, sa richesse en fécule est grande; malheureusement, dans le terrain de Joinville-le-Pont, cette richesse n'a pu être atteinte qu'une seule fois.

C'est ce que montrent les chiffres ci-dessous :

	kil.	féc. °/₀
1891.	29 000	à 18,90
1892.	27 000	à 11,00
1893.	28 400	à 15,10
1894.	19 950	à 11,60
1895.	23 940	à 12,40

MOYENNE 25 660 kil. à 13,8 p. 100.

Chez quelques-uns de mes collaborateurs que j'avais engagés à expérimenter cette variété, des richesses supérieures à celles que je viens de signaler ont été obtenues.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Six de ces collaborateurs ont, en 1893, obtenu avec la Charolaise des rendements dont la moyenne a été de 22,410 kil. avec des écarts de 15,000 à 25,680 kil.; parmi eux, M. L. Garenne avait obtenu 24,740 kil. en grande culture; la richesse, variant de 13.7 à 17.1 p. 100, s'était élevée en moyenne à 15.5 p. 100.

En 1894, année plus favorable, M. L. Garenne a obtenu 33,000 kil. à 15.1 p. 100, et c'est au même chiffre que s'est élevée, en 1895, la récolte d'un de mes collaborateurs du département de l'Eure.

Ce sont là des résultats intéressants, surtout lorsque l'on considère que les rendements de 25,000 kil. et de 30,000 kil., qui viennent d'être indiqués, peuvent être obtenus dès le milieu du mois d'août. La médiocrité de la teneur en fécule que j'ai constatée à Joinville doit être, à mon avis, attribuée à la nature du terrain qui, très probablement, n'offre pas à la végétation de cette variété, les conditions physiques qui lui sont nécessaires.

Une étude plus prolongée de cette variété qui paraît bien fixée, la recherche surtout de terrains appropriés à ses besoins me paraissent dignes d'être encouragées. Sans atteindre à la grande richesse de la *Richter's Imperator*, de la *Géante bleue*, etc., la Charolaise pourrait certainement, si sa teneur en fécule s'élevait régulièrement à 16 ou 17 p. 100. et grâce à son grand rendement en poids, permettre à la féculerie, à la distillerie, à l'emploi de la pomme de terre pour l'élevage du bétail, un début plus hâtif de leurs travaux,

VARIÉTÉS A RENDEMENT MOYEN.

Les variétés que j'ai rangées dans cette classe, et dont le rendement pondéral est compris entre 20,000 et 25,000 kil. ne peuvent pas être comptées parmi celles qui, par leur rendement en poids et leur richesse en fécule doivent être recommandées aux cultivateurs qui se proposent de produire la pomme de terre industrielle et fourragère; les variétés comprises dans la première classe leur doivent toujours être préférées. Néanmoins, quelques-unes d'entre elles sont intéressantes et j'ai cru, pour cette cause, devoir relater ici les observations que j'ai faites et qu'ont faites à leur sujet quelques-uns de mes collaborateurs, de 1885 à 1895.

Ces variétés sont au nombre de 12; j'indiquerai, mais avec moins de détails que précédemment, les résultats qu'elles ont fournis :

	MAGNUM BONUM.		CHARDONNE ROUGE.		CANADA.	
	kil.	féc. °/₀	kil.	féc. °/₀	kil.	féc. °/₀
1886.	36 400	à 15,50	»		»	
1887.	25 860	à 11,50	»		32 770	à 14,00
1888.	24 800	à 16,30	»		25 700	à 14,90
1889.	23 200	à 12,40	»		17 050	à 14,80
1890.	31 000	»	»		27 300	à »
1891.	23 300	à 13,00	26 700	à 16,60	19 000	à 16,60
1892.	32 200	à 13,00	36 200	à 15,00	19 700	à 13.10
1893.	16 010	à 17,10	14 050	à 19,40	18 200	à 17,10
1894.	22 060	à 13,50	21 650	à 13,00	16 020	à 15,50
1895.	18 900	à 16,60	17 300	à 19,40	20 009	à 15,10
MOYENNES . . .	24 460	à 15,10	23 200	à 16,70	21 750	à 15,10

La variété *Magnum bonum* est trop connue pour que j'insiste sur ses qualités et sur ses défauts. Dans un terrain meilleur que celui de Joinville, son rendement moyen dépasserait probablement 25,000 kil. et elle pourrait être comptée parmi les variétés à grand rendement.

Chez certains de mes collaborateurs, on a vu, en bonnes années, ce rendement s'élever à

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

30,000, 32,000 et même 37,000 kil. ; mais c'étaient là des exceptions très rares et, dans l'ensemble, la moyenne des rendements qui m'ont été communiqués, a été, pour 18 cultivateurs, 22,040 kil. en 1893, 20,433 kil. en 1894 et s'est abaissée enfin à 18,000 kil. en 1895. Quant à la richesse en fécule, tombant quelquefois à 12 p. 100, s'élevant rarement à 18 p. 100, elle est restée généralement voisine de 15 à 16 p. 100.

Sous le nom de *Chardonne rouge*, on désigne, dans quelques régions, dans l'Oise notamment, une variété dont je dois le premier plant à M. Michon, de Crépy-en-Valois et que j'ai introduite à Joinville en 1890.

A cette variété, j'ai bientôt reconnu une identité complète avec la *Red Skinned* ou *balle de farine*. Le port de la plante, son feuillage, la forme et la couleur des tubercules sont absolument les mêmes dans l'un et l'autre cas; le rendement et la richesse n'offrent de différences que dans les limites ordinaires des résultats de toute culture. J'ai cru néanmoins intéressant d'inscrire ici les rendements et les teneurs en fécule que j'en ai obtenus.

C'est à M. Paul Genay, de Lunéville, qu'est due la découverte de la variété *Canada*, aujourd'hui très répandue dans nos cultures. Cette variété a des qualités recommandables, mais, malgré tous les soins que je lui ai donnés, je n'ai pu, dans le terrain de Joinville, et sans doute parce que celui-ci est trop léger, en obtenir des résultats aussi beaux que ceux signalés par M. Paul Genay. Si l'on excepte la première année de culture, son rendement en poids n'a jamais dépassé 27,300 kil., pour le plus souvent s'abaisser au-dessous de 20,000 kil. Sa richesse en fécule est généralement restée faible et voisine de 15 p. 100.

Quelques-uns de mes collaborateurs ont été plus heureux et ont, en 1893, obtenu jusqu'à 25,800 kil. à 17.3 p. 100, mais la moyenne générale de leur culture, pour cette année, n'a été que de 21,375 kil. en 1894, l'un d'eux a obtenu 32,000 kil., mais la moyenne générale n'a été que de 20,067 kil., avec une teneur moyenne de 15.8 p. 100 alors que, chez M. Paul Genay, le rendement était de 26,000 kil. à 18.4 p. 100; en 1895, la moyenne a été chez quatre de mes collaborateurs, de 22,190 kil.

	SIMSON.	ASPASIA.	INSTITUT DE BEAUVAIS.
	kil. féc. °/₀	kil. féc. °/₀	kil. féc. °/₀
1891.	29 600 à 22,00	28 000 à 18,50	26 400 à 19 40
1892.	24 700 à 15,50	21 200 à 10,00	19 000 à 13,00
1893.	23 300 à 17,50	13 690 à 15,50	26 600 à 13,70
1894.	22 540 à 15,10	23 260 à 14,70	14 980 à 12,00
1895.	18 400 à 21,60	21 730 à 17,50	20 425 à 14,30
MOYENNES. . . .	21 700 à 18,3	21 580 à 15,20	21,480 à 14,48

La variété *Simson* a joui, il y a quelques années, d'une grande faveur en Angleterre et c'est d'Angleterre, en effet, qu'en 1890 je l'ai importée à Joinville, où je l'ai cultivée pendant cinq années. Son rendement, au début, était considérable et s'élevait à près de 30,000 kil.; mais il s'est depuis notablement abaissé et n'a pas, en moyenne, dépassé 21,700 kil. de 1891 à 1895; cette variété d'autre part, s'est montrée particulièrement riche (18.3 p. 100 en moyenne), mais elle a un grave défaut : les tubercules petits et nombreux s'y développent à l'extrémité de stolons allongés, de $0^m,15$ à $0^m,20$ quelquefois, ce qui rend, à l'arrachage, la recherche de ces tubercules longue et difficile.

La variété *Aspasia*, venue d'Allemagne, ne présente aucune qualité qui la recommande particulièrement.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La variété *Institut de Beauvais* est certainement l'une des plus répandues en France; son rendement est quelquefois considérable; mais, comme toutes les pommes de terre hâtives, elle réussit peu dans le terrain meuble et perméable de Joinville. Le rendement moyen qu'elle m'a donné en cinq années (21,488 à l'hectare) est inférieur aux rendements de 28,000 à 30,000 kil. qu'elle fournit quelquefois, mais qui, cependant, dépassent notablement sa puissance productive habituelle.

En 1893, en effet, pour quatorze de mes collaborateurs, son rendement moyen a été de 20,645 kil.; en 1894 il est tombé à 16,836 kil., en 1895, enfin, il a été de 21,870; il est donc impossible de considérer l'Institut de Beauvais comme une variété à grand rendement.

Quant à sa teneur en fécule, je l'ai vue presque toujours osciller entre 14 et 15 p. 100.

La variété *Institut de Beauvais* n'a donc en réalité qu'une seule qualité, mais cette qualité a son prix, c'est d'être hâtive.

	VAN DER WEER.		BOURSIER.		INFAILLIBLE.	
	kil.	féc °/₀	kil.	féc. °/₀	kil.	féc. °/₀
1887.	34 800	à 17,00	33 380	à 13,00	22 780	à 13 50
1888.	23 250	à 14,00	20 500	à 15,50	22 450	à 15,60
1889.	27 350	à 15,40	21 400	à 17,60	39 000	»
1890.	29 890	à »	30 650	à »	21 900	»
1891.	17 200	à 14,80	22 600	à 16,60	15 600	à 18,50
1892.	14 700	à 12,00	22 900	à 11,30	18 700	12,40
1893.	13 100	à 16,90	10 450	à 15,10	»	»
1894.	17 500	à 12,60	13 700	à »	18 800	à 13,50
1895.	12 600	à 14,50	13 850	à 19,30	»	
MOYENNES. . . .	21 158	à 1470,	21 050	à 15,50	20 000	à 15,70

Le monde agricole n'a pas oublié l'engouement dont, il y a vingt ans environ, la variété *Van der Weer* a été l'objet; cet engouement a aujourd'hui cessé. La cause en est sans doute en ceci que cette variété n'était qu'incomplètement fixée et que, cultivée sans sélection, elle a rapidement, chez ceux qui l'avaient adoptée, perdu ses qualités du début.

Il en a été ainsi à Joinville, où, ainsi que je l'ai fait remarquer précédemment, toutes les variétés ont été abandonnées à leur libre allure, sans sélection. Le rendement en poids s'en est rapidement abaissé de moitié, tandis que sa teneur en fécule descendait en moyenne à 14,70; la variété *Van der Weer* n'est pas à recommander.

On en peut dire autant de la variété *Boursier;* c'est au bien regretté président de la Société d'Agriculture de Compiègne qu'est due cette variété et c'est de lui qu'en 1886 j'en ai reçu le plant. C'est de la *Richter's Imperator* qu'elle dérive, mais, mal fixée, elle a été, à Joinville, dégénérant sans cesse sous le rapport du rendement en poids.

La variété *Infaillible* que j'ai fait venir d'Allemagne en 1886 est certainement l'une des plus curieuses que l'on puisse étudier; je n'en connais point d'aussi tardive, et, en neuf années de culture, je ne l'ai jamais vue parvenir à maturité. En 1889, l'hiver ayant débuté sans gelée, j'ai pu la laisser en terre jusqu'au 30 novembre; à ce moment, le feuillage en était encore d'un beau vert et pas une feuille n'en était flétrie. En l'arrachant à ce moment j'ai constaté un rendement qui, rapporté à l'hectare, n'eût pas été moindre de 39 000 kil.

Arrachée à la fin d'octobre ou au commencement de novembre, cette variété ne m'a jamais donné plus de 22,000 kil., mais il faut considérer qu'à ce moment, elle était à peine arrivée aux deux tiers de son développement. C'est, en somme, une variété qui ne peut être cultivée en France, mais qui, sous d'autres climats, donnerait peut-être des résultats remarquables; sa teneur en fécule s'est élevée, en 1891, jusqu'à 18.50 p. 100.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

	ADIRONDACK.		GELBE ROSE.		ROSE DE LIPPE.	
	kil.	féc. °/₀	kil.	féc. °/₀	kil.	féc. °/₀
1886.	»		25 400	à 18,3	»	
1887.	»		20 700	à 13,0	23 500	à 14,0
1888.	»		29 100	à 16,0	23 550	à 14,9
1889.	»		21 100	»	21 500	à 14,8
1890.	»		24 475	»	21 140	»
1891.	»		20 000	à 22,0	14 000	à 19,5
1892.	19 800	à 13,7	12 800	à 17,3	17 700	à 13,7
1893.	23 200	à 19,7	17 400	à 15,3	17 800	à 18,6
1894.	22 200	à 15,1	12 260	à 17,6	20 800	à 12,2
1895.	18 900	à 14,4	17 700	à 18,4	13 500	à 18,4
MOYENNES. . . .	20 000	à 16,7	20 083	à 17,25	20 430	à 15,8

La variété *Adirondack* n'a été cultivée à Joinville que pendant quatre années; les résultats qu'elle a donnés en 1893, malgré la sécheresse excessive de l'été, sont certainement intéressants; c'est, en effet, par une production de 4,570 kil. de fécule anhydre à l'hectare qu'on peut les traduire; mais, en présence des rendements en poids et des richesses des autres années, on peut se demander s'ils ne sont pas exceptionnels. Pour se prononcer sur la valeur de l'*Adirondack*, des essais plus prolongés et des résultats plus concordants seraient nécessaires.

Parmi les variétés hâtives ou demi-hâtives dont j'ai pratiqué la culture, la *Gelbe rose* est certainement celle qui m'a donné les résultats les plus intéressants. C'est d'Allemagne qu'elle provient; pendant dix années, je l'ai cultivée simultanément, à Joinville-le-Pont et à Clichy-sous-Bois (Seine-et-Oise), et, dans l'un et l'autre cas, elle m'a donné des rendements très différents.

Si l'on examine d'abord ceux qui ont été obtenus à Joinville, dans un sol léger et chaud, il semble qu'à cette variété on ne puisse attribuer que de faibles mérites. On y voit, en effet, les rendements en poids s'abaisser rapidement et, en dix années, diminuer d'un tiers, deux fois même de moitié. En face de ce résultat, on serait tenté de croire que, variété mal fixée, la *Gelbe rose* dégénère rapidement. Ce serait une erreur que de conclure ainsi. J'ai fait, à ce propos, des essais directs nombreux, prolongés pendant plusieurs années, en apportant à Joinville du plant provenant d'autres terrains et, rapportant à ces terrains le plant de Joinville, essais desquels il est résulté qu'à la variété en apparence dégénérée, il est toujours aisé de rendre ses qualités premières.

C'est à un manque d'appropriation du terrain à la variété que cette fausse dégénérescence est due; le terrain de Joinville ne convient pas à la *Gelbe rose;* saisie par les premières chaleurs dans ce terrain particulièrement meuble, la *Gelbe rose* voit, à la fin de juillet ou au commencement d'août, sa végétation s'arrêter brusquement.

Mais, si elle est cultivée dans un terrain plus argileux et moins léger, convenant mieux à ses aptitudes, elle donne alors des résultats singulièrement remarquables.

C'est ce que montrent les rendements et les teneurs ci-dessous indiqués qui, à Clichy-sous-Bois, ont été obtenus sur des surfaces moins étendues qu'à Joinville, il est vrai, mais, cependant, dans les conditions exactes de la grande culture :

	kil.	féc. °/₀		kil.	féc. °/₀
1886.	32 800	à 15,70	1891.	34 750	»
1887.	26 470	»	1892.	23 100	à 19,00
1888.	28 140	à 18,92	1893.	22 800	à 19,70
1889.	26 448	»	1894.	21 000	à 17,7
1890.	34 200	»	1895.	21 600	à 21,50

MOYENNE 27 130 kil. à 18,76 p. 100.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ce sont là des résultats singulièrement remarquables, et si les rendements et les richesses obtenus de 1885 à 1895 à Joinville-le-Pont, dans un terrain léger, m'ont obligé à ranger la *Gelbe rose* parmi les variétés à rendement moyen, il est certain que, d'autre part, les résultats que cette même variété m'a donnés pendant la même période lorsque je l'ai cultivée dans le terrain moins chaud et moins perméable de Clichy-sous-Bois, autoriseraient largement à la faire figurer parmi les variétés à grand rendement et parmi les meilleures.

Si l'on ajoute aux observations qui précèdent le fait de sa maturation hâtive qui, dans les conditions météorologiques ordinaires, la met à point pour être arrachée à la fin d'août, au plus tard aux premiers jours de septembre, on reconnaîtra, dans la *Gelbe rose*, la plus remarquable et la plus intéressante certainement de toutes les variétés demi-hâtives.

Aussi, ne saurais-je trop recommander aux cultivateurs d'en suivre la culture lorsque, sur leur exploitation, se rencontrent des terrains légèrement argileux, comme celui de Clichy-sous-Bois.

La variété *Rose de Lippe*, que j'ai fait venir d'Allemagne en 1886, et que j'ai cultivée pendant neuf années, n'offre, en réalité, rien de remarquable; c'est une pomme de terre de qualité ordinaire, qu'il n'y a pas lieu de recommander.

VARIÉTÉS A FAIBLE RENDEMENT

Dans cette classe, j'ai rangé une vingtaine de variétés que j'ai cultivées à Joinville, les unes pendant neuf ou dix années, les autres pendant quelques années seulement. Les unes et les autres ne m'ont jamais donné que des résultats médiocres, et aucune d'elles ne saurait être recommandée à la grande culture comme pomme de terre industrielle et fourragère.

Quelques-unes, cependant, ont présenté des particularités intéressantes qui m'ont paru justifier un exposé rapide des résultats qu'elles m'ont donné. Voici ces résultats :

	ALCOOL.		ROSALIE.		FLEUR DE PÊCHER.	
	kil.	féc. °/₀	kil.	féc. °/₀	kil.	féc. °/₀
1886	»		»		»	
1887	26 020	à 16,0	»		22 700	à 13,5
1888	23 800	à 17,4	»		22 050	à 13,8
1889	17 250	à 15,8	»		11 900	à 19,5
1890	26 900	—	»		23 216	—
1891	16 800	à 22,6	»		21 300	à 21,8
1892	14 700	à 17,7	14 300	à 15,8	20 000	à 13,7
1893	15 200	à 14,7	20 750	à 16,9	14 142	à 18,6
1894	17 300	à 14,7	18 950	à 14,3	21 200	à 17,4
1895	18 000	à 18,2	22 700	à 16,2	14 800	à 18,6
MOYENNES.	19 950	à 17,1	19 170	à 15,82	19 140	à 17,3

La variété *Alcool* a été très prônée en Allemagne, principalement pour la distillerie ; elle peut, en effet, en certaines circonstances, atteindre, au point de vue de la teneur en fécule, un titre très élevé (22.6 p. 100 en 1891) et, d'une manière générale, on doit la considérer comme une variété riche, mais son rendement en poids reste toujours médiocre.

La *Rosalie*, très recommandée en Allemagne également, ne m'a donné à Joinville, pendant quatre années, que des rendements peu élevés.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La *Fleur de pêcher*, que j'ai fait venir d'Allemagne en 1886 est, d'après les résultats que j'en ai obtenus, tout à fait comparable à la variété *Alcool;* elle est d'ailleurs particulièrement remarquable par la forme régulière et la coloration agréable de ses tubercules.

	SUTTON'S ABUNDANCE.		JUNO.		ÉLÉPHANT BLANC.	
	kil.	féc. °/₀	kil.	féc. °/₀	kil.	féc. °/₀
1891	20 300	à 18,5	23 300	à 20,2	16 600	à 18,3
1892	25 000	à 13,5	35 000	à 14,0	23 000	à 12,0
1893	24 860	à 17,0	11 660	à 22,9	24 250	à 13,5
1894	10 700	à 13,1	11 620	à 18,2	15 340	à 12,3
1895	14 700	à 16,6	13 280	à 21,2	15 450	à 14,3
MOYENNES. . . .	19 112	à 15,7	19 034	à 19,3	18 930	à 14,1

Il y a quelques années, la variété *Sutton's abundance* était très vantée en Angleterre ; je l'ai introduite à Joinville en 1890, et cultivée pendant cinq années ; ses rendements, satisfaisants au début, se sont rapidement abaissés ; l'inégalité bien caractérisée des touffes sur une même pièce, les différences de forme des tubercules récoltés m'ont amené à penser que cette variété n'était pas complètement fixée ; cette manière de voir est confirmée par l'inconstance des résultats observés.

Pour la variété *Juno*, venue d'Allemagne, j'incline à penser que l'abaissement rapide de ses rendements en poids doit être attribué, comme pour la *Gelbe rose*, à un manque d'appropriation du terrain de Joinville à sa végétation ; on ne peut s'empêcher de remarquer, en effet, que sa teneur en fécule est restée constante et remarquablement élevée.

La variété *Éléphant blanc*, importée d'Allemagne en 1886, ne paraît pas avoir d'importance particulière.

	BISMARCK.		CHARDON.		CANCELIER IMPÉRIAL.	
	kil.	féc. °/₀	kil.	féc. °/₀	kil.	féc. °/₀
1886	»		24 800	à 15,8	»	
1887	»		31 200	à 13,0	»	
1888	»		21 500	à 14,0	»	
1889	»		15 000	à 14,8	»	
1890	»		18 700	—	»	
1891	20 800	à 24,7	17 200	à 19,2	25 600	à 24,2
1892	22 700	à 15,1	15 400	à 11,6	13 000	à 16,2
1893	12 850	à 23,7	10 750	à 20,1	16 020	à 24,5
1894	18 800	à 19,7	12 500	à 14,3	19 150	à 20,1
1895	14 310	à 21,7	11 600	à 17,1	13 600	à 23,4
MOYENNES. . . .	17 890	à 20,9	17 860	à 15,5	17 470	à 21,7

C'est par erreur qu'en France on a fait souvent de la pomme de terre *Bismarck* et de la pomme de terre *Chancelier impérial*, deux variétés distinctes ; sous ces deux noms, c'est une seule et même variété qu'il faut considérer, et à cette variété, c'est, à mon avis, en France du moins, la désignation de *Chancelier impérial* qu'il convient d'appliquer. Cultivés pendant cinq ans, sur deux pièces différentes, les tubercules que j'avais fait venir d'Allemagne sous l'un ou l'autre de ces deux noms, ont fourni des plantes absolument identiques ; hauteur et garniture des touffes, disposition des tiges, des feuilles, couleur du feuillage, disposition, nombre, grosseur et poids des tubercules, sous tous les rapports, les plantes de l'une et de l'autre origine pouvaient être confondues, et si, laissant de côté les différences accidentelles de rendement en poids et de richesse correspondant à quelques années, on ne s'attache qu'aux moyennes,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

on reconnaît que celles-ci sont sensiblement identiques : 17 890 kil. à 20.9 pour l'une ; 17 470 kil. à 21.7 pour l'autre.

Les résultats fournis par la variété *Chancelier impérial* sont d'ailleurs remarquables ; la richesse de ses tubercules en fécule est certainement la plus considérable que l'on rencontre régulière et constante, mais le rendement en poids reste toujours faible ; et c'est en somme à une production de fécule à l'hectare inférieure à 4 000 kil. qu'on voit aboutir la culture de cette variété ; ce rendement est trop peu élevé pour qu'elle puisse être recommandée pour la production de la pomme de terre industrielle et fourragère.

La variété *Chardon* est certes la plus répandue en France ; mais elle est loin d'être la meilleure. Pendant dix ans, je l'ai cultivée à Joinville, sans soumettre le plant à une sélection méthodique et, dans ces conditions, j'ai vu son rendement, médiocre au début, devenir à la fin tout à fait misérable : à une ou deux exceptions près, sa teneur en fécule a toujours été faible et, en moyenne, n'a pas dépassé 15.5 p. 100.

On doit admettre, cependant, qu'en certaines circonstances, la variété Chardon peut donner des résultats supérieurs, et l'on cite quelquefois des rendements de 25 000 kil. à l'hectare, sans que cependant la teneur en fécule dépasse 15 p. 100 ; mais ces résultats sont exceptionnels et, pour fixer les idées an sujet du rendement de cette variété, il me suffira d'indiquer, à côté des chiffres ci-dessus, la moyenne des chiffres que m'ont fait connaître une douzaine de mes collaborateurs qui, dans ces dernières années, l'ont cultivée concurremment avec la *Richter's Imperator* et avec d'autres variétés.

En 1893, cette moyenne a été de 16 534 kil. ; en 1894 de 15 962 ; en 1895, enfin, elle a été de 17 313 kil.

La variété Chardon est donc une variété à faible rendement qu'il conviendrait de remplacer en grande culture par des variétés plus productives et plus riches.

	JEUXEY.		JEAN RIVAT.		BROWNWELL.	
	kil.	féc. °/₀	kil.	féc. °/₀	kil.	féc. °/₀
1886	28 400	à 16,7	»		»	
1887	20 535	à 14,0	»		»	
1888	26 290	à 15,3	»		»	
1889	20 700	—	»		»	
1890	24 460	—	»		»	
1891	10 700	à 15,7	»		»	
1892	11 750	—	24 250	à 14,3	»	
1893	9 090	à 13,1	14 350	à 20,2	16 600	à 15,1
1894	12 075	à 13,5	16 450	à 14,5	18 000	à 12,8
1895	8 320	à 14,2	12 500	à 19,0	15 900	à 16,6
MOYENNES. . . .	17 440	à 14,6	16 900	à 17,0	16 830	à 14,8

La variété *Jeuxey*, dont la culture est si largement développée dans les Vosges et que, pendant dix ans, j'ai cultivée à Joinville sans sélection du plant, ne m'a donné, à partir de 1890, que des résultats misérables et si, pour la moyenne décennale, c'est à 17 440 kil. que s'élève son rendement à l'hectare, c'est à la belle production des premières années qu'est dû ce résultat.

Est-ce à une dégénérescence fatale en l'absence de sélection ou à une fixation imparfaite de la variété qu'il faut attribuer cette faiblesse de rendement et la pauvreté en fécule qui lui correspond. C'est à cette explication qu'il conviendrait de s'arrêter, si l'on s'en rapportait à l'opinion qui a cours dans les Vosges où, d'année en année, on constate, pour cette variété, des rendements de plus en plus faibles.

Est-ce, au contraire, au défaut d'aptitude du terrain de Joinville et, peut-être, de certains terrains des Vosges pour le développement de cette variété ? Je serais tenté de me ranger à cette manière de voir ; à Clichy-sous-Bois, en effet, cultivée pendant dix années successives, dans un terrain où sans doute elle a rencontré des conditions plus favorables au développement

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de ses qualités, la *Jeuxey* m'a donné des résultats différents, comme le montre le tableau ci-dessous :

	kil.	féc. °/₀		kil.	féc. °/₀
1886.	26 750	à 16,6	1891.	32 850	»
1887.	21 965	—	1892.	24 200	à 14,7
1888.	33 028	à 18,41	1893.	22 700	—
1889.	27 500	—	1894.	22 960	à 18,4
1890.	37 700	—	1895.	23 880	à 17,7

MOYENNES 26 283 kil. à 17,10 p. 100.

C'est donc, en certains terrains, une variété recommandable que la *Jeuxey ;* mais les conditions que ces terrains doivent remplir ne sont pas établies ; en des terrains différents, surtout dans les terrains perméables, elle perd rapidement ses qualités natives, et par suite, pour les besoins de l'industrie, de la féculerie, de la distillerie, pour l'alimentation du bétail, il convient de lui préférer des variétés représentant, au point de vue du rendement et de la richesse, une plus grande constance.

La variété *Jean Rivat* m'a été offerte par l'habile cultivateur des Vosges qui lui a donné son nom, M. Jean Rivat ; en 1893 et en 1895, sa richesse en fécule a été grande, malheureusement, à cette grande richesse, correspond un faible rendement en poids.

La variété *Brownwell* ne présente aucune qualité digne d'attention.

	EOS.		KORNBLUM.		NÉGRESSE.	
	kil.	féc. °/₀	kil.	féc. °/₀	kil.	féc. °/₀
1887	18 000	à 13,5	»		»	
1888	23 500	à 16,3	23 800	à 16,3	»	
1889	11 100	à 18,4	16 700	à 16,5	»	
1890	22 700	—	21 050	—	»	
1891	13 300	à 20,0	13 800	à 21,2	»	
1892	16 300	à 15,5	21 500	à 12,2	31 500	à 15,1
1893	13 000	à 17,3	4 700	à 16,9	13 100	à 20,7
1894	15 000	à 15,1	11 600	à 16,0	15 050	à 16,9
1895	10 600	à 14,5	7 400	à 19,7	6 400	à 16,0
MOYENNES. . . .	15 940	à 16,3	15 060	à 16,9	15 000	à 17,0

Les variétés *Eos* et *Kornblum*, prônées en Allemagne, ne m'ont donné, à Joinville, que des résultats médiocres.

La variété *Négresse* n'a été cultivée que comme curiosité ; son rendement en poids, de 1892 (31 500 kil.) et sa richesse en 1893 (20.7 p. 100), sont cependant intéressants à signaler.

	DABERCHE.		MEILLEURE DE BELLEVUE.		KERNOURS.		AURÉLIE.	
	kil.	féc. °/₀	kil.	féc. °/₀	kil.	féc. °/₀	kil.	féc. °/₀
1887	26 000	à 15,0	»		»		»	
1888	21 350	à 16,1	»		»		21 200	à 16,6
1889	13 000	à 18,6	»		»		11 600	à 18,4
1890	9 288	—	»		»		21 050	—
1891	10 100	à 20,2	.....	à 20,2	21 900	à 17,9	17 600	à 22,0
1892	18 300	à 14,7	20 000	à 14,5	21 900	à 12,0	17 900	à 14,5
1893	9 920	à 17,7	11 600	à 17,1	9 830	à 14,9	8 000	à 21,2
1894	11 700	à 17,3	14 650	à 15,8	5 400	à 12,0	16 400	à 18,2
1895	11 100	à 18,2	9 500	à 18,3	12 000	à 17,3	6 100	à 21,7
MOYENNES. . .	14 530	à 17,2	14 370	à 17,2	14 200	à 14,2	13 600	à 18,9

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La variété *Daberche*, venue d'Allemagne, n'a fourni généralement, à Joinville, à partir de la troisième année, que des rendements en poids très faibles; c'est, je crois, une variété incomplètement fixée, mais qui, sélectionnée avec soin, fournirait sans doute des tubercules riches; trois fois, sa teneur en fécule s'est élevée au-dessus de 18 p. 100; elle a même dépassé 20 p. 100.

La *Meilleure de Bellevue*, créée par M. Paul Genay, à qui j'en dois le plant, n'a pu s'acclimater à Joinville, et ses rendements en poids ont été inférieurs à ceux qu'elle fournit à Lunéville; sa teneur en fécule a été plusieurs fois élevée; en moyenne pour cinq années, elle a atteint 17.2 p. 100 comme la variété *Daberche*.

La variété *Kernours*, qu'à l'origine on avait considérée comme une pomme de terre industrielle et fourragère et dont la chair est d'une couleur jaune remarquable, doit être bien plutôt considérée comme pomme de terre de table.

La variété *Aurélie*, venue d'Allemagne, n'a jamais donné, à Joinville, que de faibles rendements en poids, mais elle s'est montrée presque toujours riche en fécule; sous ce rapport, elle pourrait être rapprochée de la variété *Chancelier impérial;* elle ne saurait convenir à la production de la pomme de terre industrielle et fourragère.

CONCLUSIONS

Sans prétendre à une généralisation que les circonstances actuelles ne sauraient justifier, il est permis, cependant, de tirer des observations dont je viens d'exposer les résultats, quelques conclusions pratiques et utiles à nos cultivateurs.

Pour limiter l'importance de ces conclusions, il convient, bien entendu, de rappeler qu'elles ne sauraient s'appliquer d'une manière absolue qu'aux terrains graveleux et médiocres analogues à celui que j'ai cultivé à Joinville-le-Pont. Dans des terrains différents, ainsi que l'ont montré les recherches poursuivies à Clichy-sous-Bois (Seine-et-Oise), pendant dix années, les résultats qui, malheureusement, ne comprennent que quatre variétés ont été tout différents, et, plusieurs fois, j'ai eu à constater, parmi les communications qui m'ont été faites par mes collaborateurs, des différences non moins grandes.

Malgré cette restriction, basée sur la nature des terrains cultivés, les faits que j'ai recueillis n'en ont pas moins une valeur sérieuse; c'est, en effet, dans le même terrain, cultivé d'une manière identique pendant dix années, que ces faits se sont produits, et c'est, par conséquent, sous l'influence exclusive des conditions météorologiques des années successives, que les résultats culturaux ont varié. C'est donc bien l'allure personnelle des variétés cultivées à Joinville que ces résultats m'ont permis de caractériser.

L'influence opposée de la sécheresse et de la pluie est nettement mise en lumière par l'étude des tableaux où, pour chaque variété, sont indiqués les rendements en poids et les richesses en fécule des dix récoltes faites de 1885 à 1895.

Lorsque la saison est sèche, le rendement en poids diminue, mais la richesse en fécule augmente.

Lorsque la saison est pluvieuse, au contraire, le rendement en poids augmente, mais la richesse en fécule diminue.

De telle sorte qu'en nombre de cas, on voit une même variété fournir à l'hectare, que la saison ait été sèche ou pluvieuse, des quantités de fécules très voisines.

Pour beaucoup de variétés, les différences de rendement et de richesse peuvent, suivant les cas, être considérables; quelquefois, on voit ces rendements et ces richesses varier du simple au double, mais il est certaines variétés aussi pour lesquelles ces différences restent généralement limitées.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

C'est naturellement sur les variétés à grand rendement et à grande richesse chez lesquelles cette qualité se rencontre au plus haut degré que le cultivateur doit porter son choix et, parmi celles qui sont tardives, c'est la variété *Richter's Imperator* qui me paraît la plus recommandable. A côté d'elle, je place la *Red skinned* ou *Boule de farine*, l'*Idaho*, la *Géante sans pareille*. La *Géante bleue*, si je ne me trompe, ne doit pas être recommandée au même degré ; sans doute, elle peut donner en poids des rendements aussi élevés que la *Richters' Imperator ;* mais elle est bien moins constante que celle-ci et les variations qui se produisent dans sa teneur en fécule, sous l'influence de certaines conditions météorologiques, doivent diminuer beaucoup la confiance du cultivateur.

L'étude des variétés hâtives ou demi-hâtives à grand rendement, appelle d'une façon toute particulière l'attention des agriculteurs, et parmi celles de ces variétés que j'ai cultivées, celles qui me paraissent les plus intéressantes, sont d'abord la *Gelbe rose*, puis la *Géante de Reading*, la *Charolaise* et enfin la variété *Professeur Maerker* que je n'ai malheureusement pas eu le temps d'étudier suffisamment.

Plantées dans des terrains bien appropriés à leurs qualités, ces variétés hâtives ou demi-hâtives doivent, dès le mois d'août, fournir au cultivateur des rendements de 25 000 et même de 30 000 kilos, avec des richesses de 16 à 17 p. 100 ; mais il me paraît imprudent de chercher à utiliser ces variétés dans les terrains légers et d'un échauffement facile, comme celui de Joinville-le-Pont ; les terrains un peu frais et qui, par leur sous-sol, maintiennent l'humidité, sont à mon avis ceux qui leur conviennent le mieux.

Parmi les variétés que j'ai étudiées et que j'ai groupées sous les titres de variétés à rendement moyen et de variétés à faible rendement, il en est certainement quelques-unes qui, cultivées dans un terrain approprié, pourront fournir des résultats supérieurs à ceux que j'ai obtenus à Joinville ; mais, je crains qu'en l'état actuel de nos connaissances, les terrains présentant les qualités qui leur conviennent particulièrement, ne puissent être caractérisés à l'avance. C'est l'expérimentation directe qui, seule, peut permettre de reconnaître les aptitudes personnelles d'une variété déterminée pour un terrain déterminé.

Pour ne pas s'être conformés à cette règle, nombre de cultivateurs ont échoué en plantant, sur de grandes surfaces, des variétés nouvelles ou même des variétés déjà connues, mais dont les qualités n'avaient pas encore été expérimentées sur leur exploitation : telle variété, qui dans un terrain approprié à ses aptitudes, donnera 25 000 ou 30 000 kilos à l'hectare, pourra très bien, dans un terrain différent, ne donner que 15 000 et même 10 000 kilos.

Aussi, est-ce toujours, à mon avis, par une culture restreinte que doit débuter l'introduction sur un terrain déterminé, d'une variété nouvelle, et est-ce seulement après deux ou trois années d'observation que la nouvelle venue doit être admise à la grande culture.

C'est non seulement aux variétés qui, dans d'autres terrains, ont déjà fait leurs preuves que cette remarque s'applique, c'est également et c'est surtout aux variétés nouvelles qui, chaque année sont présentées aux cultivateurs.

Jamais ceux-ci ne doivent s'arrêter dans la recherche de variétés supérieures à celles qu'ils ont l'habitude de cultiver. Et lorsque des variétés nouvelles leur sont présentées par des maisons honorables, ces cultivateurs agiront avec sagesse en acquérant aussitôt une quantité de plant suffisante pour en expérimenter la culture sur une surface modeste, un are ou deux ares par exemple. Cette expérimentation, bien entendu, devra être faite non pas dans le sol du jardin, mais en grande culture, au milieu des pièces mêmes où sont cultivées les variétés habituelles du domaine. Planter, dès le jour de l'apparition de ces variétés nouvelles, des quantités considérables de tubercules achetés à grands frais, serait une imprudence ; les négliger, au contraire, serait une imprudence encore.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

RECHERCHES SUR LE DÉVELOPPEMENT PROGRESSIF DE LA GRAPPE DE RAISIN

Note de **MM. Aimé Girard** et **Lindet** (1).

L'étude que nous avons faite en 1893 et 1894 (2) sur la composition des raisins des différents cépages de France nous a engagés, en 1895, à rechercher les transformations successives que la grappe subit dans ses différentes parties avant d'atteindre la maturité, c'est-à-dire l'état où nous l'avions examinée précédemment.

Pour donner aux résultats un caractère aussi général que possible, nons avons soumis à la même analyse, et simultanément, des raisins de trois cépages différents, nettement caractérisés, et provenant de régions différentes aussi : des raisins d'*Aramon* (Hérault), des raisins de *Petit-Verdot* (Gironde), des raisins de *Pinot-Noir* (Saône-et-Loire). Nous avons pu faire, des raisins de chacun de ces cépages, cinq analyses successives, espacées d'une quinzaine de jours. Les échantillons ont toujours été choisis et expédiés avec le plus grand soin par trois des viticulteurs qui nous avaient déjà prêté leur concours en 1893, M. Crassous, M. G. Roy, M. E. Pétiot, auxquels nous adressons nos vifs remerciements. Les chiffres que nous donnons ici ne sont relatifs qu'au cépage Aramon ; les autres résultats, ainsi que les détails des recherches, devant être publiés très prochainement dans le *Bulletin du Ministère de l'Agriculture*.

I. La rafle, qui soutient les grains, n'est pas sujette au même accroissement que ceux-ci; quelle que soit la maturité du raisin, les rafles de grappe moyenne, c'est-à-dire celles qui portent le même nombre de grains, présentent des poids sensiblement égaux.

Aussi, doit-on s'attendre à ce que la composition chimique de ces rafles varie dans de faibles limites, et les seules différences que l'on constate tiennent, d'une part, à ce que la rafle se dessèche au cours de la maturation, d'autre part, à ce que la poussée vers le grain des matériaux élaborés par les feuilles et les racines est plus ou moins active, ainsi que le tableau ci-dessous permet de le juger.

		13 juillet.	29 juillet.	10 août.	26 août.	9 septembre.
Eau.		90,24	81,61	80,65	80,16	74,53
Rafle supposée sèche.	Sucres	non dosés.	non dosés.	5,52	14,91	4,00
	Bitartrate de potasse.	10,86	6,41	5,21	5,69	3,37
	Acide tartrique libre. .	néant.	néant.	0,05	0,10	0,23
	Tanin. { normal . . .	10,24	4,78	3,87	5,69	4,86
	Tanin. { anhydride. .	7,14	4,02	3,46	4,83	5,37
	Matières azotées. . . .	non dosées.	5,43	4,18	6,45	4,94
	Celluloses.	non dosées.	41,65	44,13	43,51	41,61
	Matières minérales (3).	non dosées.	7,22	7,12	non dosées.	8,59
	Matières non dosées. .	»	»	26,46	»	27,03
		»	»	100,00	»	100,00

Cette inégalité dans la circulation à travers la rafle, dont il a été parlé plus haut, fait varier la proportion des sucres réducteurs entre des limites très éloignées; cette proportion est naturellement plus forte au moment de la véraison, comme si, dirigée vers cette pulpe qui ne peut la loger assez vite, la matière sucrée s'arrêtait en attente dans le canal d'alimentation que la rafle constitue.

Les variations que la rafle subit dans la teneur de ses éléments acides suivent la même loi. La quantité de ces éléments acides (et spécialement la quantité de tartre) y diminue pendant que le grain mûrit. La production des acides se ralentit et ne compense plus les quantités qui s'accumulent dans le grain.

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 9 mai 1898.

(2) *Comptes rendus*, t. CXXI, p. 182, et *Bulletin du Ministère de l'Agriculture*, p. 694; 1895.

(3) Déduction faite du carbonate de potasse des rafles.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Mais les autres éléments, les matières azotées, les matières ligneuses, les cendres se présentent en quantité constante, quelle que soit l'époque de la cueillette.

Nous avons repris, en 1895, l'étude, que nous avons ébauchée en 1894, d'un produit brun, de goût âpre, auquel nous avions donné le nom très impropre de *matière résineuse*. Cette matière appartient à la classe des *phlobaphènes*, et, si l'on adopte l'opinion d'Etti, elle doit être considérée comme l'anhydride du tanin que les rafles renferment. Nous l'avons extraite de plusieurs façons, mais de préférence en faisant macérer les rafles dans l'éther à 53°, en évaporant dans le vide froid la couche hydro-alcoolique que la diéthéralyse détermine et précipitant par l'eau le sirop obtenu; le phlobaphène égoutté, puis séché sur l'acide sulfurique dans le vide, est une poudre brune, très peu soluble dans l'eau froide, plus soluble dans l'eau bouillante, soluble dans l'alcool et l'éther, soluble dans les alcalis et précipitable par les acides, soluble dans le tanin, précipitable par l'eau de brome, le chlorure de sodium, d'ammonium, etc. Il donne une coloration verte avec les sels de fer, précipite l'albumine et la gélatine, fournit de l'acide protocatéchique par l'action de la potasse fondante. Il offre donc les mêmes propriétés et, soumis d'ailleurs à l'analyse organique, il donne les mêmes chiffres de carbone (57,35 et 57,85) et d'hydrogène (4,71 et 4,75) que le phlobaphène qu'Etti a retiré des écorces de chêne et des cônes de houblon.

Le dosage du tanin et du phlobaphène nous a montré un fait physiologique intéressant : c'est que ces deux matières se rencontrent souvent dans les rafles en formant une somme constante; si un abaissement vient à se produire dans la teneur en tanin, il est compensé par la teneur en phlobaphène; le phénomène inverse a lieu, et il n'est pas téméraire de voir dans le tanin normal la forme de voyage des matériaux de cet ordre, et, dans son anhydride, leur forme de réserve.

II. Des trois parties dont le grain est formé, la pulpe seule augmente de poids pendant la maturation; la peau et les pépins ne semblent pas contribuer à l'accroissement de ce grain. Le tableau suivant indique le poids de peaux, de pépins et de pulpe, que renferment 100 grains de raisin Aramon :

	13 juillet.	29 juillet.	10 août.	26 août.	9 septembre.
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Peaux	24,10	23,10	27,50	37,20	28,69
Pépins	6,80	9,25	8,95	8,00	7,11
Pulpe	87,10	202,70	288,50	364,80	414,20
Poids de 100 grains	118,00	235,05	324,95	400,80	450,00

Le poids des peaux reste constant; le poids des pépins s'abaisse, au moment de la maturité; seul, le poids de pulpe s'accroît avec une étonnante rapidité.

Cependant, chacune des parties constituantes du grain, même quand son poids semble rester stationnaire, est le siège de transformations intéressantes, et ce sont ces transformations, subies par l'un de nos raisins, l'Aramon, que résume le tableau suivant, où les chiffres expriment les quantités de matériaux accumulés dans la pulpe, les peaux et les pépins de 100 grains de raisin :

		13 juillet.	29 juillet.	10 août.	26 août.	9 septembre.
		gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Dans la pulpe de 100 grains.	Sucres réducteurs	0,43	2,19	15,56	95,98	57,57
	Bitartrate de potasse	0,41	0,86	1,63	1,68	2,34
	Acide tartrique libre	0,31	1,01	0,80	0,44	0,22
	Acide malique	1,95	3,65	4,39	2,08	1,99
	Acide autres (1)		1,15	0,86	2,00	1,03
	Matières azotées	0,10	0,30	0,43	0,51	1,21
	Matières minérales (2)	0,06	0,14	0,17	0,40	0,67

(1) Exprimés en acide malique.
(2) Déduction faite du carbonate de potasse du tartre.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

		13 juillet.	29 juillet.	10 août.	26 août.	9 septembre.
Dans les peaux de 100 grains.	Matière sèche	3,22	3,82	5,54	6,09	6,55
	Bitartrate de potasse	0,08	0,29	0,26	0,14	0,09
	Acide tartrique libre	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00
	Acide malique et autres (1)	0,47	0,37	0,25	0,20	0,23
	Tanin normal	0,12	0,23	0,27	0,27	0,28
	Tanin anhydride	0,13	0,23	0,36	0,22	0,23
	Matières azotées	0,12	0,28	0,30	0,39	0,66
	Celluloses	»	2,60	»	2,34	1,98
	Matières minérales (2)	0,08	0,08	0,19	0,17	0,42
Dans les pépins de 100 grains.	Matière sèche	0,78	4,39	5,28	5,00	4,50
	Huile	0,05	0,54	0,89	0,98	0,79
	Tanin normal	0,11	0,32	0,37	0,30	0,19
	Tanin anhydride	0,10	0,15	0,10	0,12	0,35
	Matières azotées	0,14	0,42	0,44	0,41	0,35
	Celluloses	»	2,49	2,60	2,50	2,14
	Matières minérales (2)	»	0,11	0,14	0,14	0,11

A. *Étude de la pulpe.* — Durant la première période de la végétation du grain, la pulpe se constitue, s'enrichit de matériaux divers et principalement d'éléments acides; mais le sucre n'y apparaît qu'en petite quantité; au moment de la véraison, qui s'est produite, pour l'Aramon, vers le 9 août, c'est-à-dire à la troisième cueillette, le régime physiologique se modifie: le sucre s'accumule dans la pulpe qui se forme et se déshydrate, pendant que les éléments acides disparaissent.

Nous avons rencontré quelquefois, surtout dans la pulpe de raisins verts, à côté du sucre réducteur, et sans que nous puissions affirmer l'existence du saccharose, une petite quantité de sucre susceptible d'inversion. Le pouvoir rotatoire du sucre réducteur a été toujours, au début, trouvé dextrogyre. atteignant jusqu'à 65°, et supérieur par conséquent à celui du dextrose. Nous avons assisté, pendant la maturation, à l'apport continu du lévulose lévogyre, et avons constaté, à la maturité, que les deux sucres s'étaient, dans la pulpe, accumulés en parties égales; ces faits avaient été d'ailleurs mis déjà en évidence par plusieurs expérimentateurs, MM. Bouffard, Dugast et Pousset, etc.

Si l'on considère le poids d'acide tartrique libre et combiné contenu dans la pulpe de 100 grains, on remarque que celui-ci augmente continuellement; une partie de l'acide tartrique formé peut être brûlée, mais la plus grande partie est fixée à l'état de bitartrate de potasse; l'acide tartrique libre, l'acide malique (que nous sommes parvenus à doser en nous basant sur la différence de solubilité à chaud et à froid du malate de plomb), les autres acides, parmi lesquels nous avons reconnu la présence de l'acide glycolique, disparaissent par combustion directe.

Nous avons établi par des expériences nombreuses, et en disséquant des grains de différente maturation, qu'au début de la végétation, la zone de pulpe environnant les pépins est plus riche en sucre, plus pauvre en acides, que la zone périphérique, et que, dès la véraison, au moment où les acides commencent à disparaître, le régime de distribution change totalement, la pulpe extérieure devenant plus sucrée et moins acide que la pulpe située au centre du grain.

Au moment de la maturité, on voit la quantité de matières azotées contenues dans 100 grains augmenter dans des proportions considérables, devenir triple, quadruple et même, dans le cas de l'Aramon, décuple de ce qu'elle était au début. Il en est de même des matières minérales qui s'accumulent dans la pulpe au dernier moment de la maturité. Les peaux, dont nous parlerons plus loin, subissent également cette augmentation brusque dans la teneur en matières azotées et en matières minérales.

(1) Exprimés en acide malique.
(2) Déduction faite du carbonate de potasse du tartre.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

B. *Étude des peaux.* — Le peu de variabilité que l'on observe dans le poids de la peau recouvrant chaque grain montre que celle-ci se distend au fur et à mesure que le grain grossit; mais elle ne conserve pas une composition constante; elle se déshydrate peu à peu et s'assimile de nouveaux matériaux sans changer sensiblement de poids.

Les éléments acides se modifient; le poids de bitartrate de potasse, contenu dans 100 peaux, augmente jusqu'à la véraison puis diminue rapidement; les acides malique et autres, accumulés dès le début dans le grain, tendent à disparaître bien avant la maturation.

Le tanin, qui, dans ce cas encore, est accompagné de son anhydride, augmente en poids jusqu'à la véraison, et, à partir de cette époque jusqu'à la maturité, il reste stationnaire.

La production de cette matière odorante, dont nous avions signalé autrefois l'importance, et qui impose au vin le caractère du cépage dont il provient, devait naturellement attirer notre attention. Nous avons fait macérer des peaux de chaque cueillette dans l'alcool faible; aidés de l'expérience d'un dégustateur émérite, M. Cuvillier, nous avons constaté que, au début, les liqueurs alcooliques présentaient un goût de *vert* prononcé, et que l'on ne percevait nettement le bouquet dont nous avons parlé que quand la véraison avait commencé; ce bouquet s'accentuait alors jusqu'à la maturité et devenait caractéristique du cépage.

C. *Étude des pépins.* — Les pépins semblent avoir une vie beaucoup plus indépendante. Une fois le pépin constitué, c'est-à-dire avant même la véraison, le poids des celluloses, des matières azotées, des matières minérales reste sensiblement constant. Il en est de même du tanin et de son anhydride dont les poids, ainsi qu'il a été dit à propos de la rafle, sont complémentaires, le tanin augmentant au début, tandis que le phlobophène tend à disparaître, celui-ci reparaissant à la fin de la maturation au moment où le tanin diminue.

Les pépins, noyés dans la pulpe même, se dessèchent progressivement et perdent plus de la moitié de leur poids d'eau. Mais ce n'est pas seulement à cette dessiccation qu'il faut attribuer la diminution de poids des pépins de 100 grains que nous avons signalée plus haut. Une certaine quantité de l'huile, dont la production a été progressive au cours de la végétation, disparaît au dernier moment, par un phénomène de combustion intracellulaire. Le pépin perd en même temps une partie de sa matière azotée, de ses celluloses et de ses matières minérales. Cette modification coïncide avec une production plus abondante des acides gras volatils que nous avons cette année reconnus être en partie à l'état libre, mais surtout à l'état de glycérides.

PHYSIQUE

SUR LA LIQUÉFACTION DE L'HYDROGÈNE ET DE L'HÉLIUM. NOTE DE **M. James Dewar** (1).

Dans un Mémoire intitulé : *Liquéfaction de l'air et recherches à basses températures*, lu devant la *Chemical Society* et publié dans les *Proceedings*, n° 158, nous avons exposé l'histoire de la liquéfaction de l'hydrogène et les résultats de nos expériences jusqu'à la fin de l'année 1895.

Les faits peuvent être résumés de la façon suivante : Après les belles recherches de M. Cailletet et de M. Pictet, Wroblewski fit la première expérience nette sur la liquéfaction de l'hydrogène en janvier 1884. Il trouva que le gaz refroidi dans un tube de verre capillaire au point d'ébullition de l'oxygène, et rapidement détendu de 100 à 1 atmosphère, présentait la même

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 16 mai 1898.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

apparence d'ébullition soudaine que M. Cailletet avait observée dans ses expériences antérieures sur l'oxygène. Aussitôt après la publication, Olszewski confirma ce résultat en détendant l'hydrogène de 190 atmosphères, après l'avoir refroidi à la température donnée par l'évaporation de l'oxygène et de l'azote liquides sous pression réduite. Olszewski déclara, en 1884, avoir vu se produire des gouttelettes incolores, et, par détente partielle de 40 atmosphères, il vit l'hydrogène liquide couler dans le tube de son appareil. Wroblewski ne put confirmer les résultats d'Olszewski, son hydrogène étant toujours ce qu'il appela un *liquide dynamique* ayant l'apparence d'une mousse instantanée. Les méthodes précédentes n'ayant pas donné de résultats, Wroblewski proposa d'amener l'hydrogène à l'état de *liquide statique* en employant le gaz hydrogène comme corps réfrigérant. Depuis cette époque jusqu'à sa mort, arrivée en 1888, Wroblewski employa tout son temps à de laborieuses recherches sur les isothermes de l'hydrogène à basses températures.

Les données ainsi obtenues lui permirent, au moyen de la formule de Van der Waal's, de définir les constantes critiques de l'hydrogène, son point d'ébullition et sa densité.

Olszewski reprit la question en 1891, répétant ses anciennes expériences dans un tube de verre de 7 millimètres de diamètre, tandis que, auparavant, il opérait dans un tube de 2 millimètres. Il dit : « En répétant mes premières expériences, je n'espérais pas obtenir une température plus basse grâce à un agent réfrigérant, mais je pensais que la détente de l'hydrogène serait plus efficace, parce que l'expérience était faite sur une plus grande échelle. » Olszewski décrit les résultats de ces recherches ainsi qu'il suit : « Le phénomène de l'ébullition de l'hydrogène, qui fut alors observé, fut beaucoup plus net et de plus longue durée que lors de mes premières expériences dans la même voie. Mais je n'aperçus aucun ménisque d'hydrogène liquide. » Plus loin : « La raison pour laquelle il n'a pas été possible, jusqu'ici, de liquéfier l'hydrogène à l'état statique tient à ce qu'il n'existe aucun gaz ayant sa densité comprise entre celles de l'hydrogène et de l'azote et qui soit, par exemple, comprise entre 7 et 10 (H = 1). Un tel gaz pourrait être liquéfié au moyen de l'oxygène liquide ou de l'air comme agent réfrigérant, et être ainsi employé comme liquide frigorifique dans la liquéfaction de l'hydrogène.

Olszewski, en 1895, détermina la température produite dans l'expansion subite adiabatique de l'hydrogène à basse température.

Dans ce but, il employa une petite bouteille d'acier de 20 ou 30 centimètres cubes de capacité, contenant un thermomètre à résistance de platine. C'est ainsi que l'on a déterminé des températures qui furent regardées comme celles des points critique et d'ébullition de l'hydrogène liquide, substance qu'on *ne put voir* dans ces circonstances et qui fut supposée présente, pendant une ou deux minutes, tout au plus, au moment de l'expansion de l'hydrogène gazeux dans la bouteille d'acier.

La question fut discutée, à l'Institution Royale, dans une lecture du vendredi intitulée *Nouvelles recherches sur l'air liquide* (*Proc. roy. Instit.*, 1896). Le compte rendu de cette lecture contient un dessin de l'appareil employé pour la production d'un jet d'hydrogène renfermant une partie liquide, et au moyen duquel l'air liquide put être rapidement transformé en une matière absolument solide.

Il fut établi qu'un tel jet pouvait être employé pour refroidir des corps au-dessous de la température qui pouvait être obtenue par l'emploi d'air liquide, mais toutes les tentatives faites pour recueillir l'hydrogène liquide dans des vases vides échouèrent complètement. Aucun autre expérimentateur n'a poussé plus loin les résultats que j'ai décrits en 1895.

Le professeur H. Kamerlingh Onnes, de Leide, a fait, dans le n° 23 des *Communications from the Laboratory Physics*, un résumé très intéressant de l'état de la question en 1896.

Après nos expériences sur la liquéfaction de grandes quantités d'air et après ces essais dont nous venons de parler sur la liquéfaction de l'hydrogène, nous avons résolu de construire un appareil plus important et de prendre des dispositions nouvelles pour la réfrigération et l'établissement des serpentins. Ce dispositif sera décrit dans un Mémoire ultérieur.

La construction de cet appareil exigea toute une année, et de nombreux mois furent dépen-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sés en essais et expériences préliminaires. Les défaites et les insuccès n'ont pas besoin d'être détaillés.

Enfin, le 10 mai, en opérant avec de l'hydrogène, refroidi à — 205° C. et sous une pression de 180 atmosphères, s'échappant continuellement à l'extrémité d'un tube en serpentin, avec une très grande vitesse, dans un vase vide doublement argenté et de construction spéciale, entièrement entouré d'un espace vide maintenu au-dessous de — 200 C., l'hydrogène liquide commença à couler de ce vase vide dans un autre doublement isolé par un troisième vase vide En cinq minutes environ, 20 centimètres cubes d'hydrogène liquide furent recueillis; à ce moment, le jet d'hydrogène se solidifia par suite de l'accumulation, dans les tubes, de l'air mélangé à notre hydrogène impur.

Le rendement en liquide fut environ 1 p. 100 de gaz. L'hydrogène, à l'état liquide, est clair et incolore, ne montre aucun spectre d'absorption et le ménisque est aussi bien défini que dans le cas de l'air liquide. Le liquide doit avoir un indice de réfraction et une dispersion très élevés et la densité semble être aussi plus élevée que la densité théorique, c'est-à-dire de 0,18 à 0,12, que nous déduisons respectivement du volume atomique des composés organiques et de la densité limite, trouvée par M. Amagat pour le gaz hydrogène sous pression infinie.

Nous pouvons cependant nous trouver ici en présence d'une illusion due à la grande dispersion de ce liquide. Mes anciennes expériences sur la densité de l'hydrogène dans le palladium donnent une valeur de 0,62 pour l'hydrogène combiné, et il sera intéressant de déterminer la densité réelle du corps liquide à son point d'ébullition.

N'ayant pas actuellement les dispositifs nécessaires pour déterminer le point d'ébullition, nous avons fait plusieurs expériences pour montrer que le liquide bouillant est à une température extrêmement basse. D'abord, un long tube de verre scellé à une extrémité et ouvert à l'autre est refroidi en plongeant l'extrémité fermée dans l'hydrogène liquide; le tube se remplit immédiatement, au point refroidi, d'air solide. Un petit tube renfermant de l'oxygène liquide fournit de suite un solide bleu.

La seconde expérience fut faite avec un tube contenant de l'hélium.

Le *Cracow Academy Bulletin* de 1896 contient un Mémoire du professeur Olszewski intitulé : *Recherches sur la liquéfaction de l'hélium.* La méthode qu'il employait était identique à celle de ses expériences antérieures sur l'hydrogène, qui ne donna jamais ou ne put donner autre chose qu'une mousse d'un instant. Il dit : « Aussi loin que mes expériences peuvent être poussées, l'hélium reste un gaz permanent, et il est apparemment plus difficile à liquéfier que l'hydrogène. »

Dans un Mémoire que j'ai publié dans les *Proceedings of the chemical Society*, n° 183 (1896-1897), dans lequel la séparation de l'hélium du gaz de Bath fut effectuée par une méthode basée sur la liquéfaction, il était indiqué que la volatilité de l'hydrogène et celle de l'hélium seraient probablement voisines l'une de l'autre, comme celle du fluor et de l'oxygène. Ayant un échantillon de cet hélium purifié, extrait du gaz de Bath et scellé dans un petit ballon terminé par un tube étroit, ce dernier fut placé dans l'hydrogène liquide; on vit alors un liquide distinct se condenser. D'après ce résultat, il semble qu'il n'y a pas une grande différence entre les points d'ébullition de l'hélium et de l'hydrogène.

Cettte expérience a été répétée le 12 mai dans les mêmes conditions, et nous avons recueilli en quelques instants 50 centimètre cubes d'hydrogène liquide. Du coton trempé dans ce liquide puis enflammé a brûlé avec une grande flamme d'hydrogène.

Ce coton imbibé d'hydrogène liquide et placé entre les pôles d'un électro-aimant puissant se montre fortement magnétique, non à cause de l'hydrogène qu'il contient, mais parce qu'il se forme immédiatement à sa surface une couche d'air solide.

D'ailleurs, pendant tout le temps de l'évaporation de l'hydrogène liquide, on voit se produire, au milieu du vase, un nuage d'air solide qui s'accumule dans le fond sous forme d'un dépôt blanc. Lorsque tout l'hydrogène est évaporé, ce précipité blanc, cet air solide, devient liquide, puis disparaît à son tour. Comme dans l'expérience précédente, l'hydrogène, avant être exposé à l'air, était absolument transparent.

Il nous a été impossible d'obtenir la densité exacte de l'air liquide produit dans cette

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

deuxième expérience. Avant d'exécuter une détermination exacte, il y aura de grandes difficultés à vaincre. Il est vraisemblable cependant que nous arriverons à manipuler dans cet hydrogène liquide comme nous l'avons fait dans l'air liquéfié.

Tous les gaz connus ont donc été maintenant condensés en liquides susceptibles d'être manipulés à leur point d'ébullition, sous la pression atmosphérique, dans des vases à double paroi séparée par un espace vide.

Avec l'hydrogène employé comme agent réfrigérant, nous arriverons à 20° ou 30° du zéro absolu et son emploi ouvrira un champ entièrement nouveau aux recherches scientifiques. Un savant tel que James Clerk Maxwell avait des doutes sur la possibilité de la liquéfaction de l'hydrogène (voir *Scientific Papers*, vol. II; p. 412). Nul ne peut prédire les propriétés de la matière au voisinage du zéro absolu; Faraday liquéfia le chlore en 1823; soixante ans après, Wroblewski et Olszewski produisirent l'air liquide, et maintenant, après un intervalle de quinze ans, les gaz dits *permanents*, tels que l'hydrogène et l'hélium, se montrent à l'état de liquides statiques.

Lorsque l'on considère que la distance qui sépare la liquéfaction de l'air de celle de l'hydrogène est relativement aussi grande, au sens thermo-dynamique, que celle qui existe entre la liquéfaction du chlore et celle de l'air, le fait que le premier résultat a été obtenu en quatre fois moins de temps que le second prouve l'accroissement considérable de la rapidité du progrès scientifique dans notre temps.

ARTS CHIMIQUES

SUR LES LIMITES D'INFLAMMABILITÉ DE L'OXYDE DE CARBONE.

Note de **MM. H. Le Chatelier** et **Boudouard** (1).

Parmi les gaz combustibles, l'oxyde de carbone occupe une place à part. Sa limite élevée d'inflammabilité, la lenteur de la progagation de sa flamme indiquent une résistance à l'oxydation que sa chaleur élevée de combustion n'aurait pas fait prévoir. Il se comporte un peu parmi les gaz, comme l'aluminium parmi les métaux. Nous avons pensé qu'il pourrait être intéressant de préciser, un peu plus qu'on ne l'avait fait, ses conditions d'inflammation.

L'oxyde de carbone a été préparé, pour ces expériences, en décomposant le formiate de soude par l'acide sulfurique; recueilli dans un petit gazomètre à eau, il renfermait, au moment de l'emploi, 7 p. 100 d'air. Il en a été tenu compte, dans le calcul, de la composition exacte des divers mélanges étudiés.

Limites normales d'inflammabilité. — Ces limites ont été déterminées dans les conditions définies antérieurement, par l'un de nous, comme les plus favorables pour ces sortes de mesures, c'est-à-dire dans une éprouvette de 40 millimètres de diamètre, 250 millimètres de hauteur, avec inflammation par l'ouverture tenue en l'air, et au moyen d'une flamme de 1 centimètre cube.

Limite inférieure.			Limite supérieure.		
16	oui	15,9	76,5	oui	74,5
15,8	non		74,5	à moitié	
			72,5	non	

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 9 mai 1898.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Cette limite 15,9 est pratiquement identique à la limite 16, trouvée antérieurement en partant d'un gaz plus pur, ne renfermant que 3 p. 100 d'air.

Influence du diamètre des tubes. — Le diamètre de 40 millimètres, employé dans les expériences précédentes, est suffisant pour éviter toute influence appréciable de l'action refroidissante des parois; dans les tubes de diamètre plus faible, les deux limites extrêmes d'inflammabilité se rapprochent, et il n'y a plus aucun mélange d'oxyde de carbone et d'air combustible dans les tubes d'un diamètre inférieur à $2^{mm},3$. Voici les résultats numériques :

Proportion de CO :		16,1.	17.	19,1.	26,5.	38.	47,5.	57.	61,7.	71,3.
		mm	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
Diamètre des tubes	oui. . .	13,8	7,5	6,6	3,6	3,6	2,3	3,6	6,6	11
	non. . .	13	6,6	4,8	2,3	2,3	2,3	2,3	4,8	11

Lorsque le même diamètre est porté avec la mention *oui* et *non*, cela signifie que la combustion se produit sur une certaine longueur du tube, mais ne se propage pas jusqu'à l'extrémité.

Influence de la pression. — L'inflammabilité des mélanges d'oxyde de carbone et d'air diminue rapidement quand la pression décroît. Au-dessous de 80 millimètres de mercure, tous ces mélanges deviennent ininflammables.

Proportion de CO :		16,4.	18,6.	27,9.	46,5.
		mm.	mm.	mm.	mm.
Pression	oui.	454	144	89	94
	non.	411	112	79	79

Une expérience faite parallèlement avec un mélange de gaz d'éclairage et d'air à 15 p. 100 de gaz, proportion correspondant à la combustion complète, a montré que ce mélange était encore très inflammable sous la pression réduite de 64 millimètres.

Influence de la température. — Il semble évident, *a priori*, que, au fur et à mesure que la température s'élève, la proportion de gaz nécessaire pour constituer un mélange inflammable doit aller en diminuant. Cependant les recherches de M. Roszkowsky (1), poursuivies seulement, il est vrai, jusqu'à 300°, conduiraient, en ce qui concerne l'oxyde de carbone, à une conclusion contraire. Des expériences semblables comportent une cause d'erreur importante : si le chauffage est prolongé trop longtemps avant la mise de feu, il peut se produire des phénomènes de combustion lente, qui altèrent complètement la composition du mélange. Dans nos expériences, le gaz était allumé quelques secondes après son introduction dans un récipient préalablement chauffé à la température voulue. L'équilibre de température d'une masse gazeuse avec une enveloppe solide chaude s'établit presque instantanément.

Proportion de CO :		14,2.	9,3.	7,4.
Température	oui	400°	490°	600°
	non.	400	450	550

Ces résultats sont bien conformes aux suppositions que l'on pouvait faire *a priori*.

Mélanges d'oxyde de carbone avec l'acétylène et l'hydrogène. — D'après les recherches antérieures de l'un de nous, les limites d'inflammabilité des mélanges renfermant à la fois du méthane et du gaz d'éclairage correspondent à des proportions n et n' de chacun de ces gaz, reliées entre elles par la relation

$$\frac{n}{N} + \frac{n'}{N'} = 1,$$

dans laquelle N et N' sont les limites d'inflammabilité individuelle de chacun des deux gaz combustibles. On pouvait se demander si cette relation, rigoureusement exacte pour deux gaz

(1) *Zeits. f. phys. Chem.*, t. VII, p. 485; 1891.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ayant des compositions et des limites d'inflammabilité très voisines, le serait encore dans d'autres circonstances. Elle se vérifie avec la même rigueur pour les mélanges renfermant à la fois de l'acétylène et de l'oxyde de carbone, gaz dont les limites d'inflammabilité, 2,8 et 15,9, sont très différentes :

Gaz.	Non.	Oui.	Limite.
C^2H^2	1,45	1,45	1,45
CO	7,35	7,95	7,65

ce qui donne la relation

$$\frac{1,45}{2,8}+\frac{7,65}{15,9}=0,52+0,481=1,001$$

Mélanges d'oxyde de carbone et d'hydrogène. — La relation en question n'est plus rigoureusement satisfaite dans ce cas, comme le montrent les résultats ci-dessous, donnant la composition de divers mélanges à la limite d'inflammabilité :

CO.	15,9	12	7,75	4,3	0
H^2.	»	2,7	5,50	7,6	10
$\frac{n}{N}+\frac{n'}{N'}=$	1	1,025	1,04	1,02	1

La variation de 4 p. 100, observée dans ce cas, est bien réelle ; elle dépasse de beaucoup les erreurs expérimentales possibles.

Peut-être l'hydrogène joue-t-il, vis-à-vis de l'oxyde de carbone, un rôle spécial, se rattachant à l'influence connue de la vapeur d'eau sur la combustibilité de ce gaz. C'est là une question, dont nous nous proposons de poursuivre l'étude.

MÉTALLURGIE

Recherches sur l'état ou se trouvent le silicium et le chrome dans les produits sidérurgiques. Note de **MM. A. Carnot** et **Goutal** (1).

Nous avons exposé, dans un précédent travail (2), les résultats de nos recherches sur l'état des éléments qui se trouvent avec le fer et le carbone dans les produits de la sidérurgie, en prenant pour exemple les fontes et les aciers spéciaux, où ils entrent pour une proportion suffisante. Nous avons reconnu que plusieurs de ces éléments, le manganèse, le nickel, le cuivre, le titane, l'arsenic s'y trouvent à l'état libre, ou simplement dissous, tandis que d'autres y sont à l'état de combinaisons véritables, bien définies, et dont nous avons pu fixer la formule; c'est ce qui arrive notamment pour le soufre, le phosphore, le tungstène, le molybdène.

Nous avons aussi trouvé que le silicium et le chrome y sont combinés avec le fer, le man-

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 2 mai 1898.

(2) *Bulletin* d'août 1897, p. 1145.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ganèse et le carbone; mais la complexité de ces combinaisons nécessitait de nouvelles études, que nous avons poursuivies depuis cette époque.

1° Silicium. — Dans notre première communication, nous avons signalé que les *ferrosiliciums* très peu manganésés renferment un siliciure de fer dont la composition répond à la formule Si Fe (33,33 de silicium, 66,67 de fer), et qui possède des propriétés assez remarquables : il résiste à l'action des acides dilués, à l'abri du contact de l'air; mais il est, au contraire, vivement attaqué par les solutions alcalines, même fort étendues, en fournissant un dégagement d'hydrogène et une dissolution de silicate.

Nous avions aussi remarqué l'existence, à côté de ce siliciure de fer, d'autres combinaisons du silicium, que nous pouvons définir aujourd'hui avec plus de précision.

A. En opérant sur du *ferrosilicium* pauvre en manganèse, que l'on soumet pendant quinze jours, à froid, à l'action de l'acide sulfurique très étendu (5 p. 100 de SO^4H^2), on obtient un résidu complexe, formé principalement de carbone, de siliciures divers et d'hydroxyde de silicium (qui provient lui-même sans doute d'une décomposition de certains siliciures).

En reprenant ce résidu par une solution de potasse étendue et chaude, on fait disparaître l'hydroxyde de silicium et le protosiliciure de fer Si Fe; il reste des hydroxydes de fer et de manganèse, qu'on dissout par l'acide sulfurique étendu, seul ou avec quelques gouttes d'eau oxygénée. On lave, on sèche, et l'on calcine légèrement, enfin, on sépare du résidu une partie attirable à l'aimant. L'analyse de cette partie magnétique montre qu'elle possède la composition d'un siliciure bimétallique $Si Fe^2$ (20 de silicium, 80 de fer), car nous avons trouvé, dans deux expériences distinctes :

Silicium	19,75	19,86
Fer.	79,93	79,87

Le même composé avait été obtenu par M. Moissan au four électrique.

Ainsi, tandis que le siliciure monométallique Si Fe se produit dans les hauts fourneaux, mais ne paraît pas avoir été obtenu au four électrique, le siliciure bimétallique $Si Fe^2$ se produit dans l'un et l'autre cas.

Mais il est à remarquer que ses propriétés ne sont pas, des deux côtés, entièrement les mêmes; celui du four électrique est inattaquable aux acides; celui des hauts fourneaux, obtenu à moins haute température, au milieu d'une masse métallique, s'attaque, au contraire, assez facilement par les acides chauds, même dilués.

B. En procédant d'une manière analogue sur des produits riches en manganèse et en silicium (*silicospiegels* à 20 p. 100 de Mn), on isole, avec du carbone libre, un siliciure double de fer et de manganèse qui, dans une série d'effets différents, a présenté les compositions suivantes :

Fer.	68,25	68,60	68,80	69,15	71,22
Manganèse.	15,10	14,70	16,30	16,80	14,58
Silicium	15,40	15,80	14,10	14,04	14,00

La composition de ces divers composés est assez bien exprimée par la formule générale SiM^3, M représentant la somme des deux métaux : fer et manganèse.

La présence d'une proportion importante de manganèse semble donc entraîner une modification très marquée dans la composition du siliciure métallique.

C. La pulvérisation d'un certain nombre d'échantillons de *ferromanganèse*, dont la masse n'était pas sensiblement magnétique, nous a fait reconnaître qu'ils contenaient néanmoins des parties attirables à l'aimant. Ces parties étaient relativement pauvres en manganèse, mais beaucoup plus riches en silicium et en fer que l'ensemble du métal. Ainsi, trois échantillons de ferromanganèse avaient donné à l'analyse :

Fer	40,30	42,60	68,83
Manganèse.	51,60	51,15	27,10
Silicium.	0,55	1,04	0,95

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

En promenant le barreau aimanté dans la poudre du métal, nous avons pu en extraire près de 3 p. 100 de parcelles attirables, où nous avons trouvé :

Fer	88,20	84,02	89,80
Manganèse	7,20	9,45	2.90
Silicium	3,95	6,44	6,50

Ces parcelles, soumises successivement à l'action d'un acide très étendu puis à celle d'une lessive de potasse et à celle d'un acide très dilué, ont laissé un résidu qui n'est autre que le siliciure de fer bimétallique Si Fe^2, précédemment étudié dans les ferrosiliciums peu manganésés.

On peut donc conclure, de ces différents essais, que les produits sidérurgiques contiennent deux combinaisons du fer et du silicium correspondant aux deux formules Si Fe et Si Fe^2; ils peuvent aussi, lorsqu'ils sont assez riches en manganèse, renfermer un siliciure de la forme SiM^3, dans lequel entre une assez forte proportion de manganèse.

2° Chrome. — Nos premières recherches avaient porté spécialement sur les aciers chromés, à cause de la difficulté d'attaque des *ferrochromes* par les acides. Plus récemment, nous avons réussi à faire cette attaque.

A. Nous avons employé deux *ferrochromes*, où l'analyse nous avait donné :

	I.	II.
Fer	32,6	32,2
Chrome	57.6	59,1
Carbone	9,9	9,1

En les soumettant à l'action de l'acide chlorhydrique pur pendant deux jours, à la température de 60°, nous avons obtenu des résidus insolubles, qui ont été purifiés au moyen d'une liqueur lourde de borotungstate de cadmium, et ensuite attaqués par le bisulfate de potassium, suivant la méthode que nous avons exposée ailleurs (1).

La composition trouvée est la suivante :

	I	II	Composition calculée pour $Fe^3Cr^9C^7$.
Fer	23,6	23,1	23,2
Chrome	65,2	65,4	65,2
Carbone	11,3	11,4	11,6

Elle correspond, d'une manière à peu près parfaite, à la formule $Fe^3\ Cr^9\ C^7$, dont nous mettons la composition en regard de celle donnée par l'analyse directe .

Cette formule $Fe^3\ Cr^9\ C^7$ peut s'écrire $CFe^3\ 3C^2\ Cr^3$.

Or, il faut remarquer que CFe^3 représente la composition de la cémentite; $C^2\ Cr^3$ est la composition trouvée par M. Moissan au carbure de chrome qu'il a préparé au four électrique. Le composé existant dans les ferrochromes que nous avons examinés, produits dans les fourneaux métallurgiques, peut donc être considéré comme un mélange ou, beaucoup plus vraisemblablement, comme une combinaison de ces deux carbures.

B. Les *aciers chromés* à faible teneur sont, comme nous l'avons déjà fait observer dans nos premières notes (juillet 1897), attaqués facilement par les acides, même étendus et froids, lorsqu'ils sont très carburés, mais beaucoup plus lentement et plus difficilement lorsqu'ils contiennent une faible proportion de carbone. D'autre part, si l'on fait l'attaque par le chlorure double de cuivre et de potassium, tout le chrome reste dans le résidu insoluble lorsque l'on a affaire à des aciers très carburés; mais ceux qui renferment peu de carbone abandonnent facilement à la dissolution une partie du chrome contenu.

(1) A. Carnot, *Méthode d'analyse des fontes, fers et aciers*, p. 18; Dunod, 1895.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

De là, une difficulté très grande pour bien comparer les résidus laissés par des aciers chromés à faible et à forte teneur en carbone.

Nous avons cependant obtenu des résultats assez nets dans les conditions suivantes :

Deux échantillons d'aciers chromés contenant :

L'autre (II) :	Chrome.	2.01	Carbone.	0,57
L'un (I) :	Chrome.	2,35	Carbone.	2,00

ont été traités à froid par l'acide chlorhydrique très étendu (7 p. 100 de HCl); ils ont laissé des résidus où l'analyse a trouvé :

	I	II	Composition calculée pour $Fe^9Cr^3C^5$.
Fer.	70,10	71,05	69,9
Chrome.	21,60	21,15	21,8
Carbone	8,10	7,60	8,3
Silicium.	0,15	0,31	»

La composition du n° I répond presque exactement à la formule $F^3e^9\ Cr^3\ C^5$, qui peut s'écrire

$$3\,CFe^3.Cr^2C^3.$$

La composition du n° II diffère peu de cette formule, et l'écart observé s'explique bien en tenant compte de la présence du silicium, qui doit faire supposer celle d'un siliciure de fer dans les produits analysés; si l'on calcule ce siliciure d'après la formule Si Fe, il faut, pour 0,31 de silicium, retrancher 0,52 de fer; il faudrait retrancher 1,04 de fer d'après la formule $Si\ Fe^2$. On retrouve alors très sensiblement les nombres mêmes de la formule calculée. Un échantillon de ferromanganèse légèrement chromé, contenant p. 100, 18 de manganèse et 0,97 de chrome, a été attaqué par le chlorure de cuivre et de potassium ; 7 grammes de métal ont laissé $0^{gr},2982$ de résidu insoluble, dans lequel s'était concentrée la presque totalité du chrome de l'échantillon lui-même ($64^{mgr},4$, au lieu de $67^{mgr},9$).

Or l'analyse de ce résidu a donné :

Fer	70,18
Chrome.	21,63
Carbone.	8,33

résultats qui conduisent de même à la formule

$$Fe^9Cr^3C^5 \qquad \text{ou} \qquad 3\,CFe^3.C^2Cr^3.$$

Il est intéressant de constater qu'ici tout le chrome de l'échantillon se trouve à l'état de carbure uni au carbure de fer.

La composition des résidus insolubles après dissolution de la masse ferreuse, dans le cas des aciers chromés à faible teneur, montre donc l'existence des mêmes carbures que dans les ferrochromes :

$$CFe^3 \qquad \text{et} \qquad C^2Cr^3;$$

mais les carbures de fer et de chrome paraissent s'unir entre eux dans des proportions différentes, suivant que le métal contient une forte ou une faible proportion de chrome.

Dans le cas des ferrochromes, il y aurait 3 molécules de carbure de chrome, avec 1 molécule de carbure de fer; dans celui des aciers faiblement chromés, 1 molécule de carbure de chrome serait unie à 3 molécules de carbure de fer.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

SUR LA MICROSTRUCTURE DES ALLIAGES DE FER ET DE NICKEL. Note de **M. F. Osmond** (1).

Au point de vue de leur microstructure, les alliages forgés de fer et de nickel (de 0 à 50 p. 100 de nickel) peuvent se partager en trois groupes.

1° Jusqu'à une teneur en nickel de 8 p. 100 ou un peu plus, cette structure est semblable à celle des aciers ordinaires sans nickel. Seulement les grains de fer sont, toutes choses égales d'ailleurs, de dimensions plus petites, et ont une moindre tendance à grossir sous l'influence d'une température élevée, ce qui donne aux cassures leur aspect fibreux.

2° Le deuxième groupe comprend les alliages d'une teneur de 12 à 25 p. 100 environ de nickel (2). Quelle qu'ait été la vitesse du refroidissement, la coupe montre, après attaque, des faisceaux fibreux rectilinéaires qui s'orientent volontiers parallèlement à trois directions principales (cristallites pouvant se rattacher à l'octaèdre). Le carbone, du moins quand il est en proportions faibles ou moyenne, ne forme pas de carbures liquatés discernables. Ces caractères sont, d'une manière générale et sauf quelques différences secondaires, ceux des aciers au carbone *trempés*, et cette similitude accentue le rapprochement auquel avaient déjà conduit d'autres propriétés des alliages du même groupe (dureté et polarité magnétique).

3° Le troisième groupe réunit les alliages *non magnétiques*, à 25 p. 100 de nickel environ (3) et ceux qui retrouvent leurs propriétés magnétiques à la faveur d'un excès de nickel (30 à 50 p. 100). Les méthodes d'attaque (par la teinture d'iode ou l'acide azotique) appliquées d'habitude aux aciers ordinaires ne donnent plus ici de bons résultats. Il convient d'employer l'acide chlorhydrique étendu, en reliant le métal au pôle positif d'un élément de pile au bichromate. La structure est purement cristalline ; mais, comme les cristaux s'arrêtent mutuellement dans leur croissance, ces cristaux (peut-être des octaèdres maclés) ne se prêtent guère à une détermination certaine. Le facies général n'est pas moins caractéristique.

En outre, les alliages de ce groupe sont criblés, après attaque, de nombreuses piqûres qui peuvent être des porosités agrandies.

En résumé, l'étude de la microstructure des alliages de fer et de nickel confirme la classification fondée sur les propriétés mécaniques et le parallèle que l'on avait pu établir entre la série de ces alliages et les séries des aciers au carbone (trempés) et au manganèse (trempés ou non). Elle prouve, une fois de plus, que les propriétés dominantes des aciers sont une fonction de la position de leurs points de transformation sur l'échelle des températures. Suivant que ces transformations se font, pendant le refroidissement, au-dessus de 400° environ, entre 350° environ et la température ordinaire, ou au-dessous de cette dernière, on obtient trois types distincts.

Les alliages de fer et de nickel possèdent une autre particularité intéressante, celle de devenir facilement schisteux sous l'influence du forgeage. J'avais déjà signalé des faits analogues dans les aciers doux ordinaires ; mais, ces derniers n'étant pas homogènes, il était naturel que leurs éléments de structure, d'inégale dureté, s'étirassent inégalement. Dans les alliages de fer et de nickel, la schistosité se superpose aux structures ci-dessus décrites et, dans les métaux des deuxième et troisième groupes, en est complètement indépendante, recoupant de ses formes propres les cristallites et les cristaux.

Elle est d'abord mise en évidence par toutes les méthodes d'attaque, et se traduit par la formation de bandes alternativement plus et moins attaquées, s'enveloppant les unes les autres, et permettant de suivre la répartition des déformations dues au forgeage ou au laminage.

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 9 mai 1898.

(2) Je n'ai pas eu d'échantillons entre 8 et 12 p. 100.

(3) Avec une même teneur en nickel (24,80 p. 100), un alliage à 0,16 de carbone est magnétique, un alliage à 0,65 de carbone non magnétique à la température ordinaire, après refroidissement dans les mêmes conditions. Au point de vue de la structure, le premier de ces alliages appartient au deuxième groupe, le second au troisième.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS MÉCANIQUES

Étude sur les avaries de certaines chaudières dans la région des rivures circulaires, par **M. Ch. Frémont.**

J'ai indiqué récemment, dans un mémoire sur la chaudronnerie (1), la cause d'avaries constatées dans la région des rivures *longitudinales* de certaines chaudières.

L'attention des constructeurs ayant été appelée sur le procédé défectueux généralement employé pour le cintrage des tôles de chaudières, plusieurs faits ont été signalés depuis, confirmant l'explication que j'ai donnée.

Lorsque les ruptures se produisent dans les rivures circulaires, la cause n'en est pas la même que dans le premier cas, et l'on ne peut pas incriminer le procédé de cintrage de la tôle, la région fissurée n'ayant pas subi de martelage.

Grâce à l'obligeance de MM. Compère et Schmidt, ingénieurs en chef des associations des propriétaires d'appareils à vapeur de Paris et d'Amiens, qui ont mis à ma disposition des morceaux de chaudières avariées dans ces conditions, j'ai pu effectuer mes recherches et mes expériences.

La figure 1 est la photographie de la région fissurée d'une de ces rivures circulaires avariées; la vue est prise à l'intérieur de la chaudière.

La figure 2 est la photographie d'une coupe faite par le milieu du rivet inférieur de la figure 1.

Après avoir photographié cette coupe rivée, j'ai détaché le rivet pour pouvoir examiner la cassure, et j'ai constaté de suite l'existence d'une fissure préexistante, affectant en *a* (fig. 3) la tôle de la virole intérieure sur la moitié de son épaisseur; cette partie de la cassure étant revêtue, dans toute sa longueur, d'une couche épaisse et tenace de tartre, tandis que l'aspect du reste *b* de la cassure indiquait une rupture récente.

Cette ancienneté d'une fissure préexistante sur une chaudière n'ayant servi que dix-huit mois m'autorisait à conclure que le début de l'accident remontait à la fabrication des viroles, et que, par conséquent, c'était dans cette fabrication qu'il fallait chercher la cause de l'avarie.

Pour réunir deux viroles par la rivure, il faut faire (fig. 4) pénétrer la virole

(1) *Bulletin de la Société des Ingénieurs Civils de France.* Novembre 1897, pages 671 à 733.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

B la plus petite à l'intérieur de la virole A d'un diamètre plus grand; or, les surfaces qui vont être en contact, c'est-à-dire la surface extérieure de la virole B et la surface intérieure de la virole A, ne sont pas ajustées; elles sont brutes de laminage et de cintrage et simplement chanfreinées; et si les tôles n'ont pas été bien planées, si le cintrage n'est pas exactement conforme au calibre, les deux cylindres ne pourront s'emboîter que si la virole A est d'un diamètre sensiblement plus grand qu'il ne serait nécessaire pour réunir deux cylindres parfaits. En pratique, les ouvriers prévoient toujours une très légère augmentation de diamètre à la plus grande des deux viroles, pour éviter d'agrandir à chaud le bord de celle-ci quand, au moment du montage, on s'apercevra de cette nécessité.

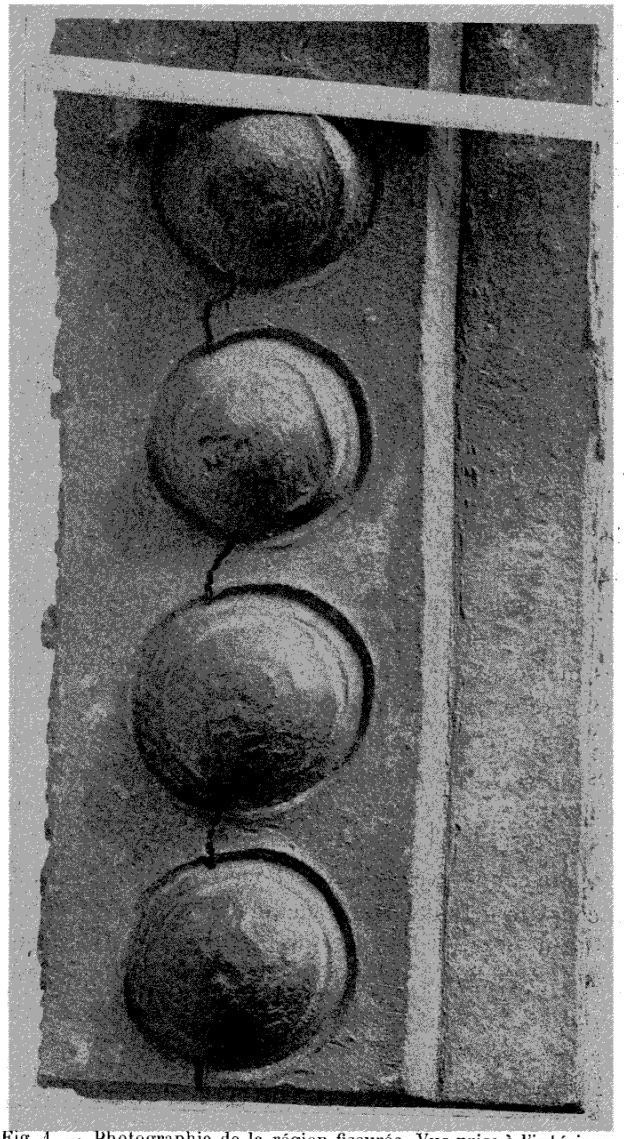


Fig. 1. — Photographie de la région fissurée. Vue prise à l'intérieur de la chaudière. (Échelle 3/4.)

Le rivetage circulaire oblige les deux tôles à céder en pliant, pour se rapprocher, pour *s'accoster*, c'est-à-dire pour mettre leurs deux surfaces en contact absolu.

Voyons comment ces deux tôles vont céder dans ce rapprochement. Supposons-les un instant planes et maintenues écartées comme le seraient deux solides encastrés (fig. 5); ces tôles planes, ayant même épaisseur et même qualité, auront même résistance, et, sous l'effort du rivet, céde-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ront également, toutes deux plieront aux extrémités A′ et B′ (fig. 6) d'une même quantité.

Mais si, au lieu d'être planes, ces tôles affectent la forme cylindrique, la résistance sera différente pour chacune d'elles, quoiqu'elles aient même épaisseur et même qualité, parce que, dans le pliage, la petite virole B subira un effort de *traction*, tandis que la virole A travaillera à la *compression*.

En effet ces deux viroles A et B (fig. 7) seront réunies par les premiers rivets sans opposer de résistance sensible; mais, quand le rivetage s'effectuera dans la région diamétralement opposée à celle qui a reçu les premiers rivets, la couronne rivée occupera un emplacement intermédiaire entre les deux cylindres

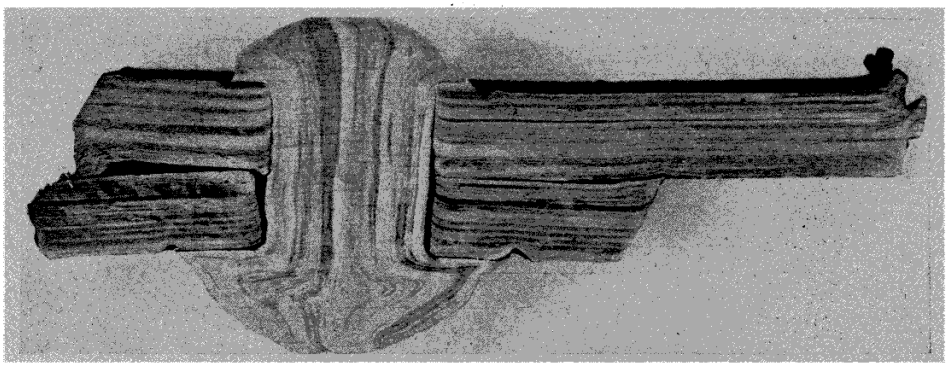


Fig. 2. — Photographie d'une coupe par le milieu du rivet inférieur de la figure 1 (Échelle 5/4).

primitifs; le cylindre primitif A aura alors une circonférence *plus petite* et le cylindre B une circonférence *plus grande*.

Si le métal a une ductilité suffisante, il prêtera dans sa longueur, et on peut admettre qu'il en sera généralement ainsi, car la tôle, ayant été roulée dans le sens du laminage, possède dans ce sens son maximum d'allongement; mais il prêtera inégalement dans chacun des deux cylindres, car le cylindre A est comprimé, *rétreint*, tandis que le cylindre B est dilaté, comme nous venons de le voir. Les deux tôles se rapprocheront donc comme le montre la fig. 8; la tôle A, cédant très peu, s'incurvera légèrement, la tôle B′, cédant beaucoup plus en forme d'entonnoir, la pince B′ formera une surface conique, *le bord extrême B″ touchant la tôle A′*.

Le rivetage obligeant les deux tôles à se rapprocher jusqu'au contact parfait, c'est toujours la tôle B qui cédera, et cela suivant la ligne de moindre résistance, à l'emplacement des trous de rivets, où la section est considérablement diminuée, où le métal travaille par le *travers* de la tôle, là où il y a *écrouissage* produit par le poinçonnage. Ces causes multiples d'affaiblissement localisent la flexion dans

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

la partie B' (fig. 8) suivant une ligne passant par l'axe des trous des rivets; cette flexion ainsi localisée est un *pliage*, tandis, qu'en B'' (fig. 9), la flexion, répartie sur une plus grande longueur, est un *cintrage*.

L'examen de la photographie (fig. 2) confirme l'exactitude de ces explications, la pince extrême de la virole intérieure est venue coller, dès le début du rapprochement, contre la tôle de la virole extérieure, et la pince de cette dernière

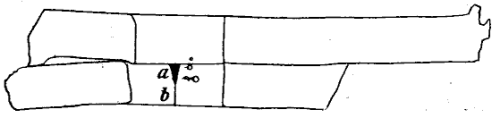


Fig. 3.

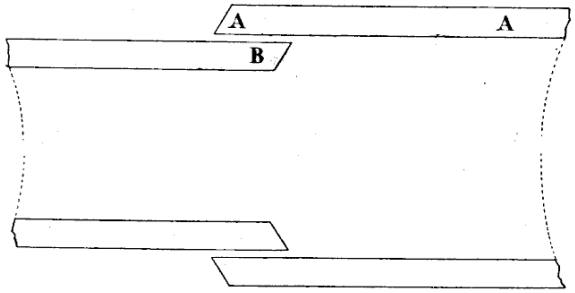


Fig. 4.

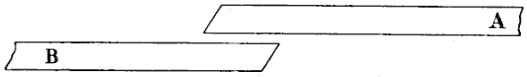


Fig. 5.

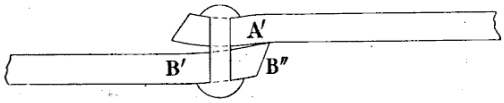


Fig. 6.

est restée écartée, ce qui a contraint l'ouvrier à mater et à produire un bec de matage à l'extérieur de la chaudière.

Or, dans le pliage par l'axe des trous, le métal ne résistera que s'il possède une ductilité suffisante, et, malheureusement, la plupart des tôles de chaudières sont de qualité inférieure; ainsi, pour l'échantillon expérimenté, il a été constaté que, dans un pliage à froid, la tôle se fissurait sous un angle de 22° dans le sens en long et de 12° dans le sens en travers. L'essai de traction a donné :

Résistance par millimètre carré	32k,60	en long et	27k,36 en travers
Allongement.	4,5 0/0	id. et	2 0/0 id

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Dans une autre chaudière, la tôle, pliée dans le sens *en long*, criquait avant d'avoir atteint un angle de 6°.

Il est à remarquer que, dans ce cas comme dans le précédent et dans d'autres cas que j'étudie actuellement, la cause *première* de la fissure est la *mauvaise qualité du métal*, que la seconde cause est la conséquence d'un *défaut de fabrication*, occasionnant la fissure préexistante, et qu'enfin une troisième cause, produite par le fonctionnement même de la chaudière (dilatations successives et contractions de tous les instants, vibrations, etc.) détermine la rupture définitive, généralement l'explosion.

Quand le métal est de bonne qualité, les dangers résultant de la fabrication

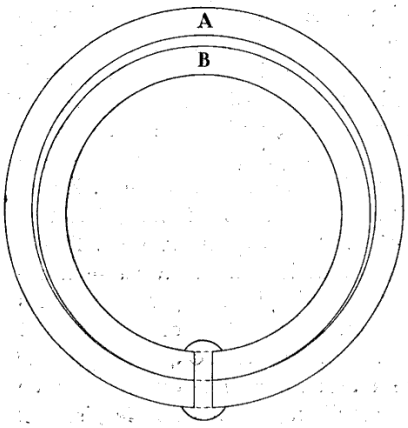


Fig. 7.

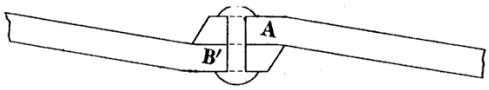


Fig. 8.

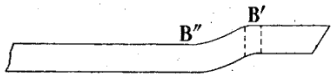


Fig. 9.

défectueuse sont atténués; on constate alors des accidents sous forme de déchirure, il n'y a plus d'explosion, les dégâts sont moindres, mais les ouvriers voisins de la chaudière sont brûlés par la vapeur.

Or, dans l'espèce, la fissure préexistante, étant amorcée sur la face externe de la tôle B, se trouve cachée par la virole extérieure et échappe à toute visite intérieure ou extérieure de la chaudière, l'essai à la pompe de compression ne la décèlera pas non plus, et tendra même à l'accentuer.

Dans tous ces cas, la conclusion qui se dégage de chacune de ces études est la même : pour éviter des accidents graves, il est *indispensable :* 1° d'*essayer individuellement* chaque feuille de tôle pour en vérifier la qualité, 2° de *surveiller attentivement la fabrication.*

Une fois la chaudière terminée, la visite la plus scrupuleuse, par l'ingénieur le plus compétent, ne permettra pas de découvrir l'existence de bien des fissures préexistantes.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

NOTES DE MÉCANIQUE

TRANSMETTEURS PNEUMATIQUES *Batcheller* POUR TUBES POSTAUX

Voici quelques détails complémentaires sur cet ingénieux système, empruntés à deux brochures de M. Batcheller.

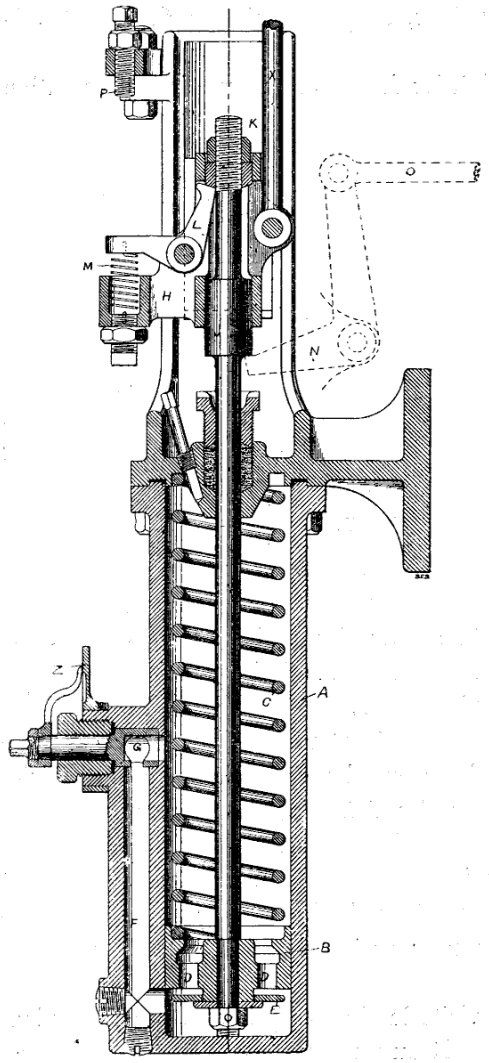


Fig. 1. — Interrupteur automatique *Batcheller*.

La figure 1 représente un interrupteur automatique remplaçant le block électrique décrit à la page 220 de notre *Bulletin* de mars 1898 et ayant, comme lui, pour effet d'empêcher que les porteurs ne se suivent à trop courte distance. Quand le châssis de l'appareil émitteur bascule de manière à envoyer un porteur, il soulève, par une tige X, la crosse H qui, par son loquet L, entraîne la tige J et son piston B, à garniture de dash-pot D E, malgré le ressort C. Pendant cette montée, l'huile qui emplit le cylindre A passe librement sous le piston B par D E; et, dès le commencement de cette montée, J lâche en N le verrou O qui, rappelé par un ressort, ferme le distributeur de l'appareil émitteur. Quand le piston B arrive au haut de sa course, le loquet L vient, en buttant sur P, déclencher en K sa tige, de sorte qu'elle redescend, repoussée par le ressort C, avec une vitesse réglée par l'étranglement G du retour F de l'huile au cylindre, vitesse qui détermine ainsi celle de l'enclenchement, car, revenu au bas de sa course. Je redéclenche O par N.

Quant à l'enclencheur électrique, son fonctionnement est, en détail, le suivant : Quand le porteur B (fig. 2) arrive à une centaine de mètres d'une station intermédiaire, il franchit un contact électrique constitué par une membrane E, ordinairement en équilibre sous les pressions égales qu'exerce sur ses deux faces, par C et D, l'air

(1) *The Pneumatic Dispeach Tube System* et *The Batcheller Pneumatic Tube System*. (Philadelphie.)

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

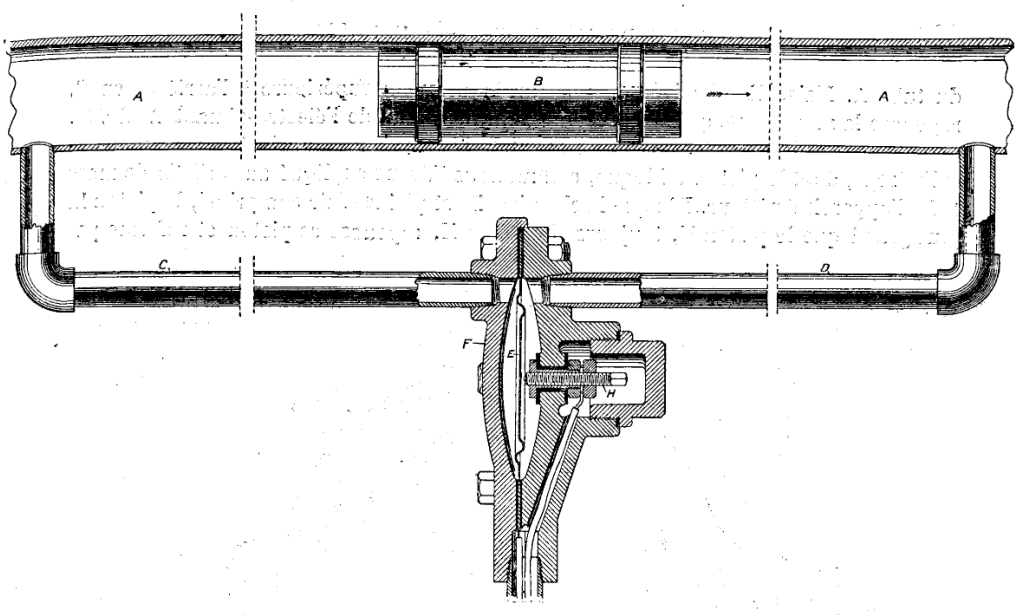


Fig. 2. — Contact électrique *Batcheller*.

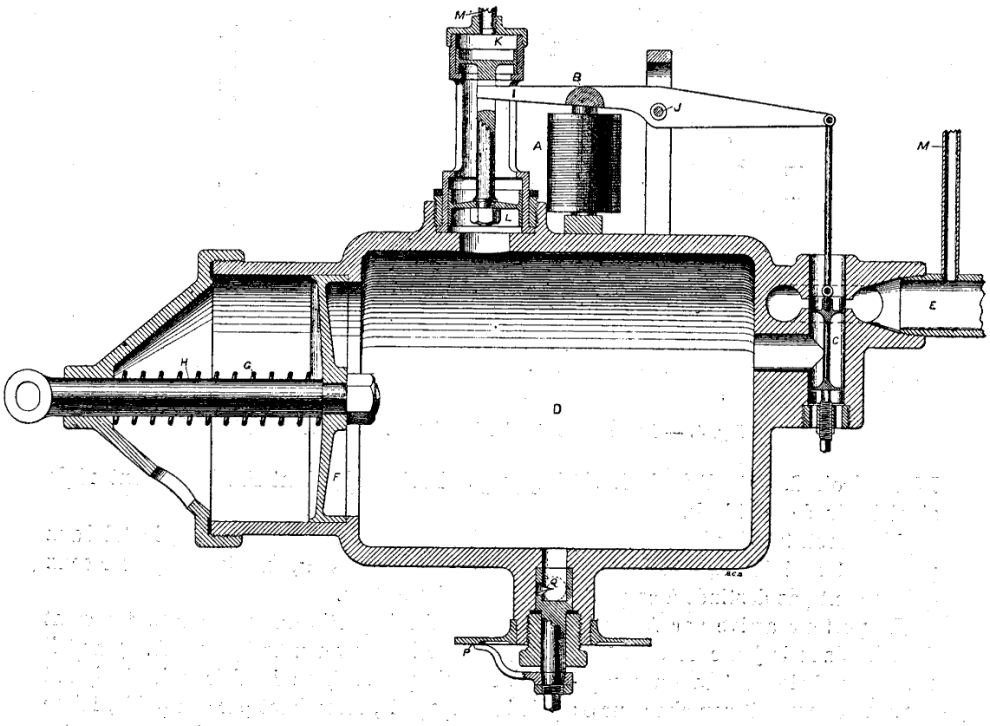


Fig. 3. — Enclencheur électrique *Batcheller*.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

du tube A. Mais, dès l'arrivée du porteur, la pression supérieure à l'arrière, en C, repousse la membrane, qui ferme alors, en H, le circuit de l'électro-aimant A (fig. 3). Cet électro, attirant son armature B, admet, par C, l'air comprimé de M E dans le cylindre D, dont le piston F bloque, comme nous l'avons expliqué au *Bulletin* de mars 1898, l'appareil émitteur. Dès que la chambre D est pleine d'air comprimé, le piston L, plus grand que le piston K, toujours chargé en M, repousse ce piston et referme par

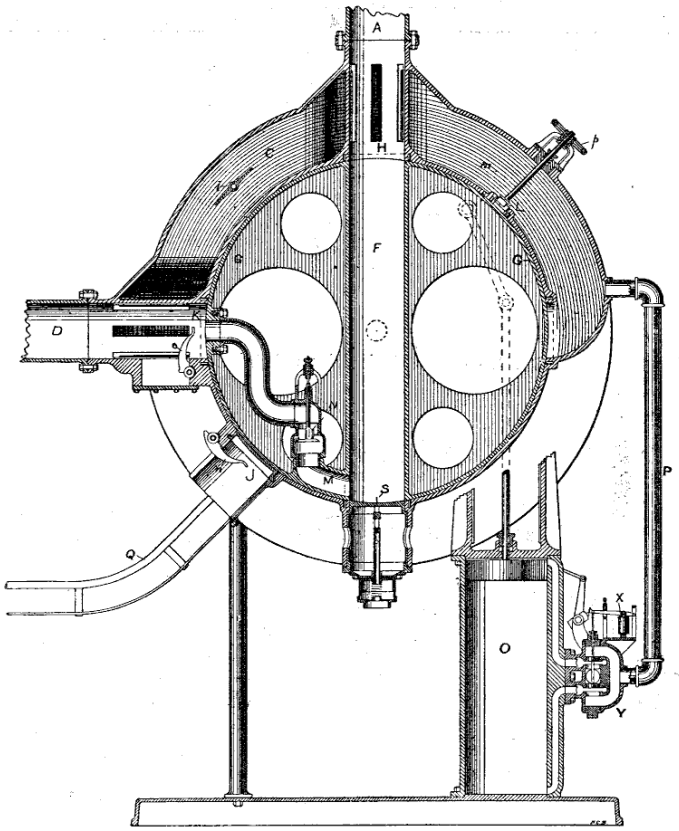


Fig. 4. — Poste intermédiaire *Batcheller*. Coupe verticale.

I J le tiroir C, puis l'air de D s'échappe par l'orifice Q, dont l'étranglement règle ainsi la durée du block.

L'appareil très ingénieux représenté par les figures 4 et 5 a pour objet, installé aux postes intermédiaires, de trier les porteurs qui s'y présentent, en laissant passer ceux qui ne sont pas destinés à ce poste et retenant les autres.

Le porteur arrive par A dans le tube F, qui fait partie du tambour G, tournant étanche dans la jante C, en communication par les ouvertures H avec A. Quand il arrive en F, le porteur en comprime et refoule par M N, en D, l'air qui, ainsi, fait matelas et amortit son choc sur S ; puis la soupape N, retombant par son poids, laisse H communiquer librement avec D. Ceci fait, le piston du cylindre O fait tourner auto-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

matiquement G de l'angle qu'il faut pour amener F soit en regard du déchargeur J, si le porteur est pour la station, soit en regard du tube D, prolongement de la canalisation, si le porteur doit être envoyé plus loin.

A cet effet, le distributeur Y du cylindre O est commandé par un électro-aimant X, dont le circuit *a b* (fig. 6 et 7) est relié à deux contacts R. et S, disposés au fond du

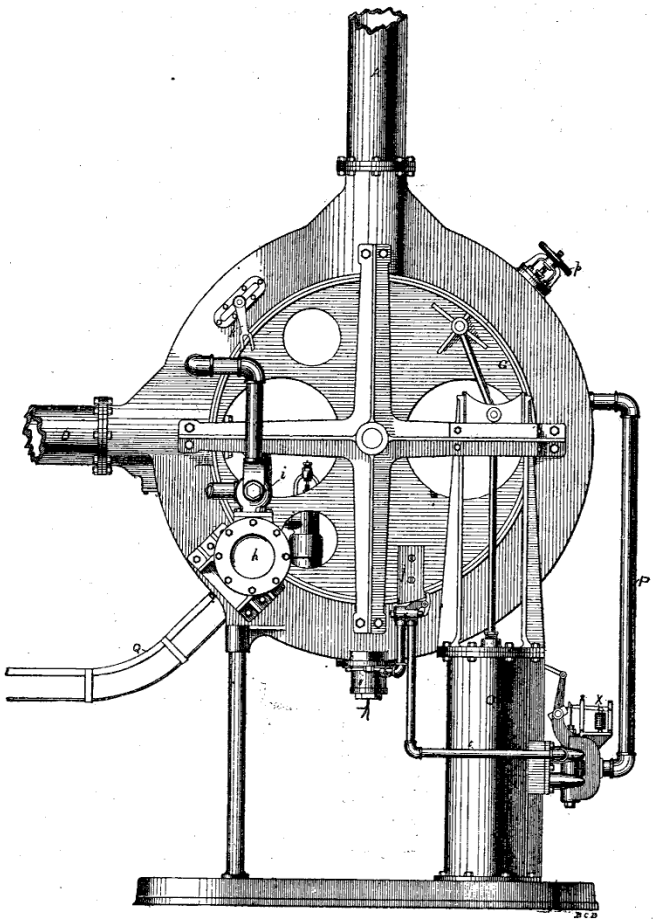


Fig. 5. — Poste intermédiaire *Batcheller*. Vue par bout.

tube F, et le bas du porteur est garni d'un disque métallique de diamètre *g f* différent, suivant la station où il doit s'arrêter. Pour que le cylindre O fasse tourner G, il faut que le diamètre de ce disque soit assez grand pour que, touchant à la fois les deux contacts R et S, il ferme par eux, en R W, le circuit de l'électro-aimant X : et, en R S *a b*, celui d'un second électro, qui commande le distributeur *i* (fig. 5) du cylindre à air comprimé *h*. Ce cylindre ouvre alors le tiroir J, et avance en même temps un taquet qui, par sa butée sur le taquet *j* de G, arrête F devant J. Au contraire, si le dia-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mètre du disque g ou f est trop petit pour fermer les contacts S et R, celui seul W de X se ferme, de sorte que le piston de O, arrivant sans arrêt au fond de sa course, arrête F devant D.

Vers la fin de cette rotation, un taquet de G fait, par la manivelle k (fig. 5), tourner

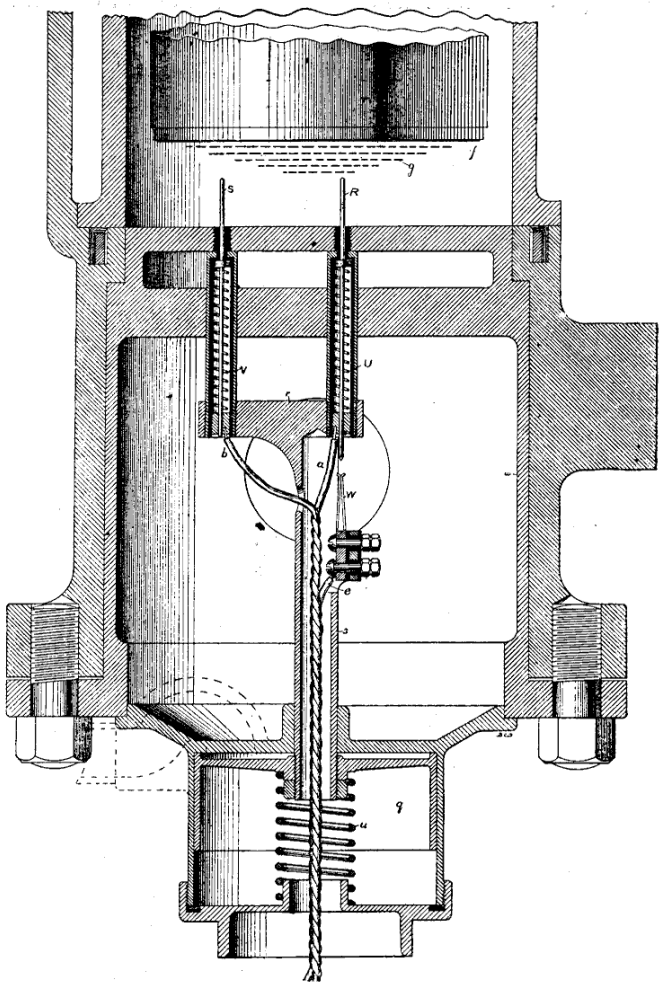


Fig. 6. — Contact de l'appareil fig. 5.

la vanne t (fig. 4) de manière à séparer D de A et à envoyer l'air comprimé de A en D par m I et F, qui se trouve alors entre I et D.

Quand, au contraire, le porteur passe en J, on l'y projette par une injection d'air comprimé, réglée par la manivelle p et la soupape L.

En passant en D ou en J, le porteur repousse un doigt o ou n, relié au distributeur Y, de manière que ce mouvement lui fasse admettre de l'air comprimé au-dessus du piston O et le ramène, ainsi que G, à sa position primitive.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Enfin, avant de faire tourner G pour amener F en J ou en D, il faut retirer les aiguilles S et R, pour ne pas les briser; à cet effet, en même temps que le distributeur Y admet l'air comprimé sur O, il l'admet aussi sur le piston q (fig. 6) qui abaisse le croisillon d'attache r de ces aiguilles, et très vite, en raison de la faible inertie de q; puis, dès que G commence à tourner, il renferme par le robinet v (fig. 5) cet air comprimé au-dessus du piston q, qui se trouve ainsi immobilisé au fond de sa course jusqu'au retour de G à sa position primitive.

EXPLOSIONS DES TUYAUX EN CUIVRE DE MACHINES A VAPEUR

Ces explosions, à bord des navires, sont assez fréquentes et parfois désastreuses. En juin 1897, l'explosion d'un des tuyaux de la machine du *Pedrano* tua quatre hommes.

Fig. 7. — Brasure de la partie intacte du tube du *Pedrano*. Grossissement : 41.

Fig. 8. — Jonction des brasures intacte et détériorée du tube du *Pedrano* essayé par *Kirkaldy*. Grossissement : 34.

Le tuyau qui fit explosion avait pourtant été inspecté en juin 1896, sans révéler extérieurement aucun défaut. L'examen des fragments démontra que la brasure, bien que saine à l'origine, en avait été considérablement détériorée, principalement par l'actior corrosive des acides gras.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

M. Arnold, chargé d'étudier les causes de cette explosion, présenta au Lloyd un intéressant rapport, dont voici les principales conclusions (1) :

Un examen micrographique de la soudure, sur une partie intacte du tuyau, démontra qu'elle se composait principalement de nodules de bronze sain, entourés d'un métal cuivreux, analogue d'aspect à du métal Muntz avarié; et, sur une épaisseur de

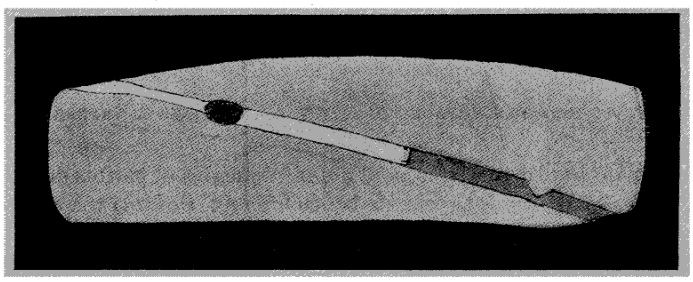


Fig. 8*bis*. — Section de la brasure du tube du *Pedrano* essayée par *Kirkaldy*. Grossissement : 4.

3 millim. à partir de l'intérieur et de l'extérieur du tuyau, la soudure était complètement détériorée, sans trace de bon bronze (fig. 7).

D'après un examen micrographique exécuté par M. Kirkaldy, la brasure, dans une partie intacte du tuyau, paraissait saine sur une longueur de 10 millim. à partir de l'extérieur, mais complètement détériorée sur une épaisseur de 8 millim. à partir de

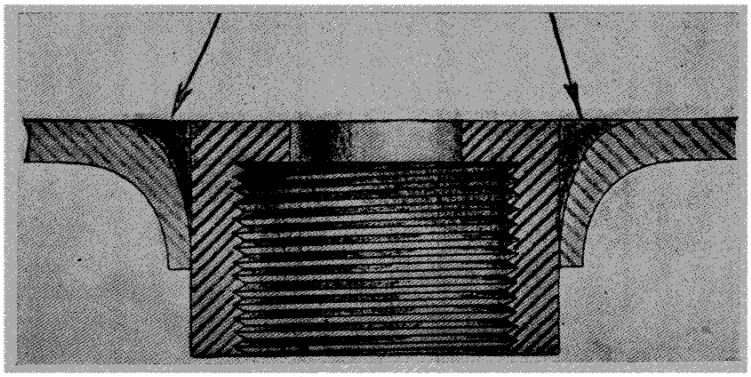


Fig. 9. — Brasure d'une bride en vraie grandeur.

l'intérieur. Sa jonction avec la partie intacte est représentée par la figure 8, on voit que cette jonction se fait non pas d'une façon brusque, mais par une dégradation graduelle, et le fait que la moitié de la soudure était encore intacte explique la résistance de cette partie du tube à une épreuve à la pression hydraulique de 60 atmosphères. Le grain noir de la figure 8 *bis*, provient probablement de l'occlusion d'une goutte du borax employé pour la soudure.

On préleva, sur une bride de la tuyauterie du *Pedrano*, aux points indiqués par les

(1) *The Engineer*, 15 avril 1898, p. 300.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

flèches fig. 9, de la soudure désagrégée et cassante, analogue à celle du tube éclaté. Cette soudure était composée, à l'origine, de parties égales de cuivre et de zinc. Pour s'assurer de sa composition probable au brasage, on fondit dans un creuset un mélange à poids égal de zinc et de cuivre : après fusion, il ne renfermait plus que 46 p. 100 de zinc. Chauffé à 400°, pulvérisé, mélangé à son volume de borax et fondu en un bouton, comme au brasage, il ne tenait plus que 38 p. 100 de zinc au lieu de 50 p. 100 : densité 8,24, aspect micrographique grenu, homogène (fig. 10), semblable à

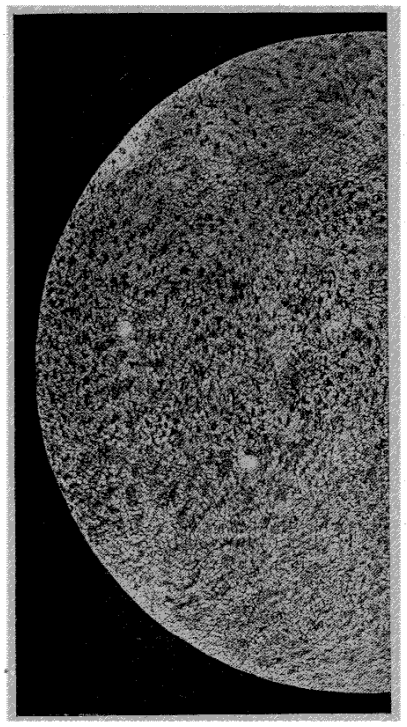


Fig. 10. — Structure de la brasure (fig. 9) intacte. Grossissement : 290.

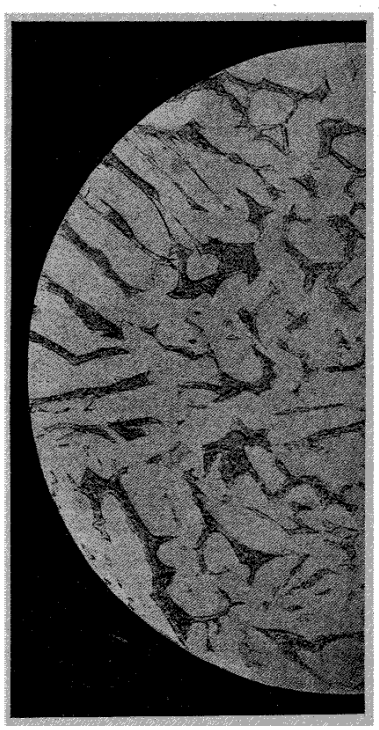


Fig. 11. — Structure de la soudure (fig. détériorée. Grossissement : 290.

celui du métal Muntz normal. La brasure détériorée de la bride fig. 9 avait une densité de 7,45 au lieu de 8,24, et renfermait 76,8 p. 100 de cuivre au lieu de 62 p. 100, et 18,06 de zinc sans plomb ni étain ; elle présentait une structure hétérogène (fig. 11) analogue à celle du métal Muntz détérioré. La diminution de sa densité indique sa nature spongieuse et par conséquent cassante.

D'autre part, l'examen microscopique d'un boulon du métal Muntz détérioré par un long séjour à la mer l'a montré constitué (fig. 12) par un noyau sain, de couleur jaune, en bronze Cu_2Zn, avec granules d'un alliage noir Zn_2Cu, entouré d'un métal rouge cuivreux sans Zn_2Cu, probablement décomposé en abandonnant son zinc. La figure 13 qui représente l'aspect microscopique du raccordement de ces deux zones, donne à penser

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

que la décomposition a été électolytique, par la différence de potentiel entre le vrai bronze, à 66 p. 100, de cuivre et ses enveloppes à 33 p. 100 de cuivre.

Ces faits paraissent démontrer que près de la moitié du zinc présent à l'origine dans la soudure a été enlevé par une action électrolytique, provoquée, à l'origine, par la différence de potentiel entre l'anode en bronze et la cathode plus riche en zinc : puis la masse spongieuse, devenue ainsi plus riche en cuivre, forme à son tour l'anode, qui fait dissoudre le zinc du bronze. Le résultat final de ces décompositions successives est une masse spongieuse ne tenant que 18 p. 100 de zinc à l'état, non de métal, mais d'oxyde. En outre de ces réactions, il est probable que le bronze agit en masse comme anode par rapport au cuivre du tube dans lequel il est enfermé. Pour le vérifier, il fallait trouver le dissolvant du zinc disparu de la brasure : or, il ne pouvait s'en présenter que deux : de l'eau salée (Nacl) ou de l'eau renfermant des acides organiques gras, provenant de la décomposition d'huiles minérales impures.

Or, on trouva, dans le tuyau éclaté, un enduit de 3 millimètres d'épaisseur, brun comme de la poix. A l'ébullition dans de l'eau, ce dépôt ne donne trace d'acide ni de chlorure, de sorte qu'il ne saurait être attribué à la présence d'eau salée. Son analyse donne les résultats suivants :

		P. 100.
Carbone fixé ou libre	C	34,21
Hydrocarbures et eau combinée		29,52
Acides gras. (Acide oléique)	$C_{18}H_{34}O_2$	10,12
Oxyde de fer	Fe_2O_3	16,10
— de zinc	ZnO	1.83
— de cuivre	CuO	1,37
Chaux	CaO	0,26
Magnésie	MgO	6,28
Oxyde de manganèse	MnO_2	0,33
Acide sulfurique combiné à la magnésie	SO_3	0,22
Silice	SiO_2	0,75

Cette analyse démontre la présence de zinc dissous par un acide gras ; mais rien ne prouve que ce zinc provenait de la brasure, car on employait des plaques de zinc comme désincrustant dans la chaudière, en même temps qu'un composé appelé « zynkara » et formé d'une dissolution d'hydroxyde de zinc dans de la soude caustique.

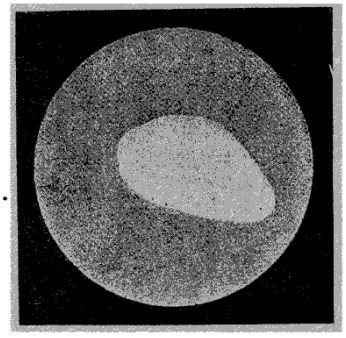
Quant à la brasure détériorée de la bride figure 9, son examen physique, aussi bien que son analyse, ont démontré qu'elle se composait en réalité d'une éponge de cuivre, avec ses interstices plus ou moins remplis d'un mélange d'oxyde de zinc et d'acides gras. Sa composition était la suivante :

	P. 100.
Cuivre métallique	76,8
Oxyde de zinc	22,5
Acides gras (oléique)	1,4

L'explosion du tuyau du *Pedrano* — ou la détérioration de sa soudure — a donc été occasionnée par la dissolution — dans la majeure partie de la brasure — d'environ la moitié de son zinc, et la conversion du reste en oxyde de zinc et en une masse de cuivre spongieux sans cohésion. Cette désagrégation a été produite par une électrolyse due

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

à la présence, dans le tuyau, d'eau renfermant de petites quantités d'acides gras pro-



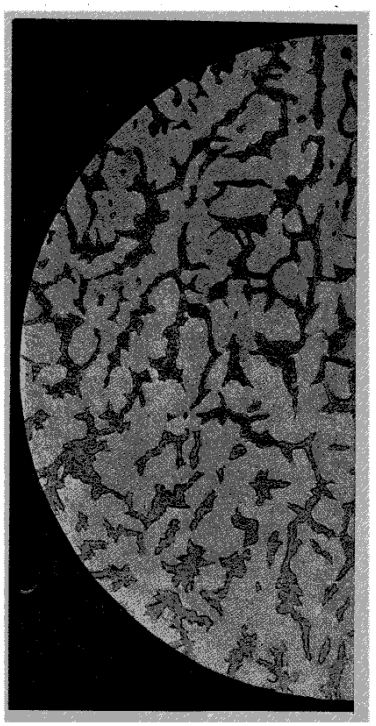


Fig. 12 et 13.

Fig. 12. — Coupe d'un boulon en métal *Muntz* détérioré par l'eau de mer. — Fig. 13. — Coupe dans le commencement de la partie détériorée du boulon en métal *Muntz* (fig. 12). Grossissement : 290.

venant de la décomposition des huiles impures de la machine, formant des sels organiques de zinc solubles dans cette eau chaude.

QUELQUES APPLICATIONS DES ROULEMENTS SUR BILLES ET GALETS

Les applications des roulements sur billes et galets se multiplient de plus en plus; en voici quelques exemples à ajouter à ceux déjà mentionnés dans nos Bulletins.

Dans l'appareil de *Scofield* représenté par la figure 14, il s'agit de transmettre, au moyen du tambour 7, sur lequel est enroulée une corde à poids, un mouvement rapide à la poulie 28. Pour cela, ce tambour entraîne, par les cliquets 9 et le rochet 10, un planétaire 16-18 autour du pignon fixe 20, de sorte que ce planétaire entraîne le suivant, 22, également fou sur l'axe fixe 1, avec une vitesse double de celle de 20... et ainsi de suite, jusqu'à la poulie 28. Un frein 30 règle la vitesse du tambour, que l'on remonte par la poulie 2, à rochet 3. Les roulements sur billes représentés sur la figure 14 diminuent notablement les frottements du système.

La butée de l'arbre d'hélice A (fig. 16) de *M. Heath* est retenue par un collier de galets coniques I, roulant entre un collet E, fixé sur le manchon C, que des boutons D calent sur le filetage B de A, et un collet fixe H, relié au bâti F. Les galets I sont montés sur billes (fig. 18) avec réglage en U et L, dans un plateau J K *j* (fig. 17), roulant lui-même sur des billes *w* (fig. 16). Une seconde butée, symétrique de la première, permet

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de supporter la poussée également bien quel que soit le sens de la rotation de l'hélice.

Les figures 19 et 20 représentent l'application de roulement sur galets *a'* des cages de laminoirs finisseurs pour fers ronds. Les 24 galets, de 150 millimètres de long et de

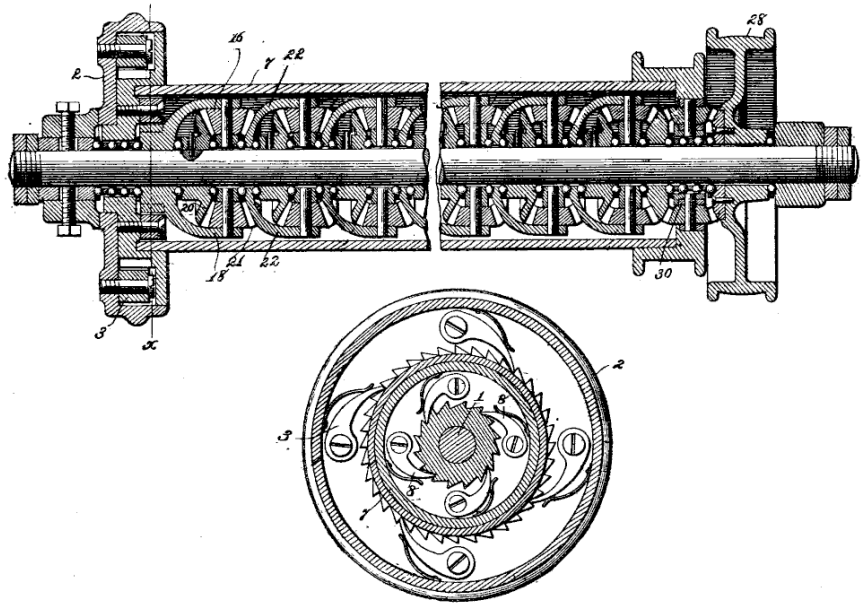


Fig. 14 et 15. — Multiplicateur de vitesse *Scofield*. Coupes longitudinale, et (*x-x*).

15 millimètres de diamètre, groupés dans une cage, doivent être exactement calibrés, montés et maintenus parallèlement à leur portée. Ces roulements, construits par la *Mossberg and Granville C°*, de Providence, permettent d'augmenter de 30 à 40 p. 100 le

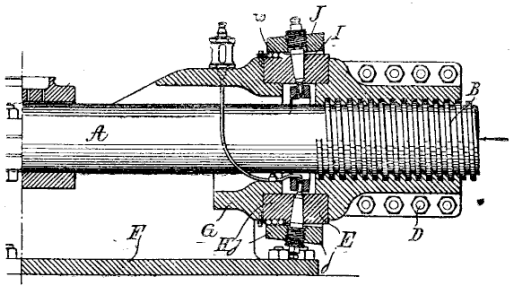


Fig. 16. — Butée sur galets *Heat*.

rendement organique de ces laminoirs et leur vitesse. Celui de l'usine de la Waclark Wire C°, par exemple, composé de 6 cages à trios, marche à 350 tours.

On commence aussi à employer les roulements sur billes pour les colliers d'excentriques ; comme exemple, je citerai le type figure 21, construit par *Hanner*, à Duisbourg,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

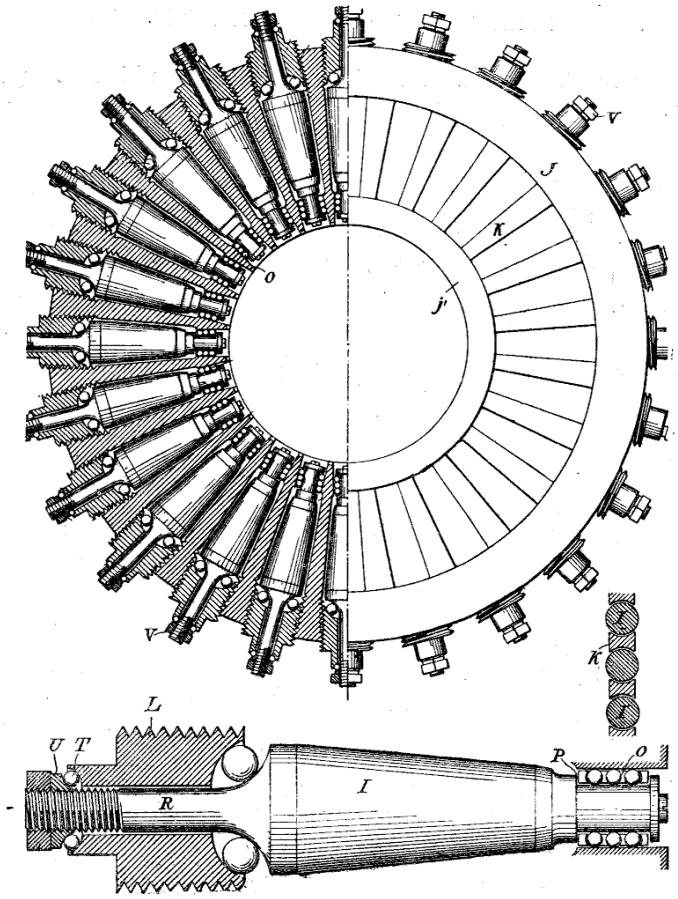


Fig. 17 et 18. — Butée sur galets *Heath*. Élévation coupe et détail d'un galet.

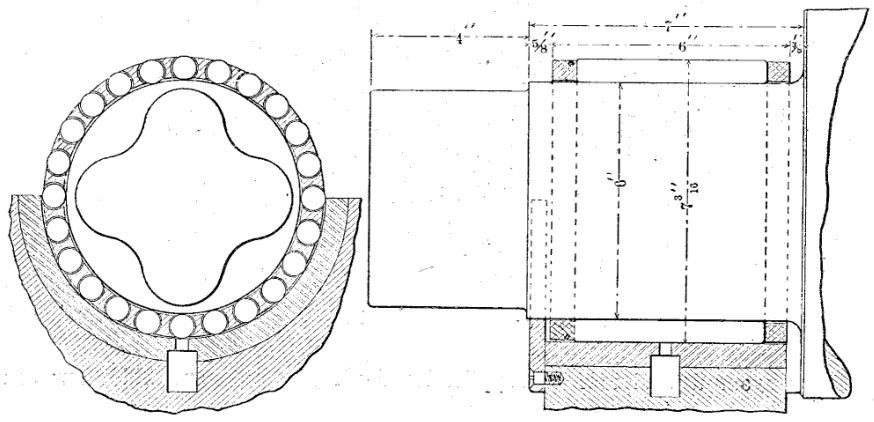


Fig. 19 et 20. — Roulements sur galets *Mossberg* pour laminoirs.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

qui, d'après son constructeur, diminuerait de 30 p. 100 la résistance organique des distributions.

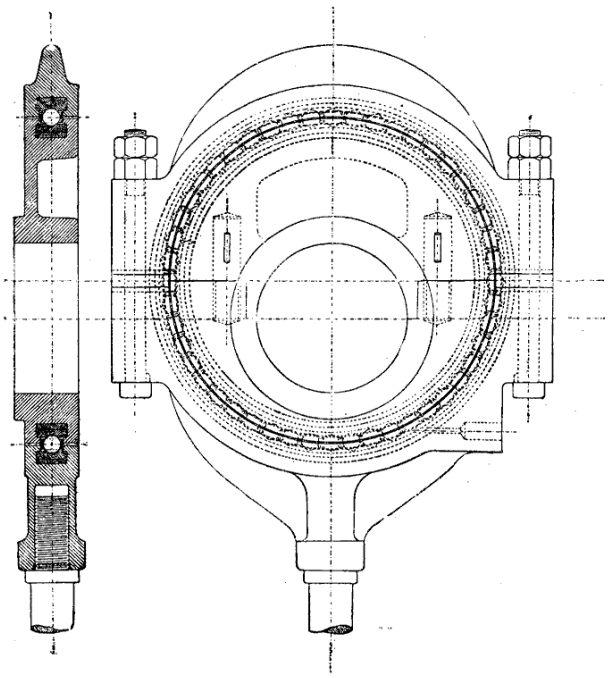


Fig. 21 et 22. — Excentrique à billes *Hanner*.

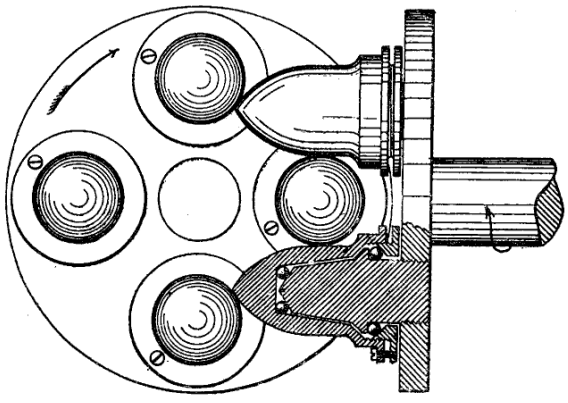


Fig. 23. — Engrenage à billes *Jamieson*.

Nous avons déjà signalé (1) l'application des roulements sur billes aux engre-

(1) *Bulletin* de Mars 1897, p. 432.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

nages, la figure 23, qui s'explique d'elle-même, en donne un exemple intéressant.

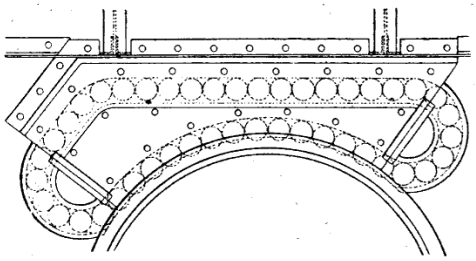


Fig. 24. — Roulement sur billes *Bennett*.

Je citerai encore l'emploi, par le *Bennett Amalgamator C°*, de Denver, de chemins à billes pour supporter (fig. 24) les trummels de leurs amalgamateurs.

LAMINOIR AUTOMATIQUE *Norton* POUR FEUILLARDS

Ce laminoir, très ingénieux, est à deux cylindres B et B′ (fig. 25-30), B′ étant le cylindre moteur. L'écartement de ces deux cylindres est réglé automatiquement par les vis

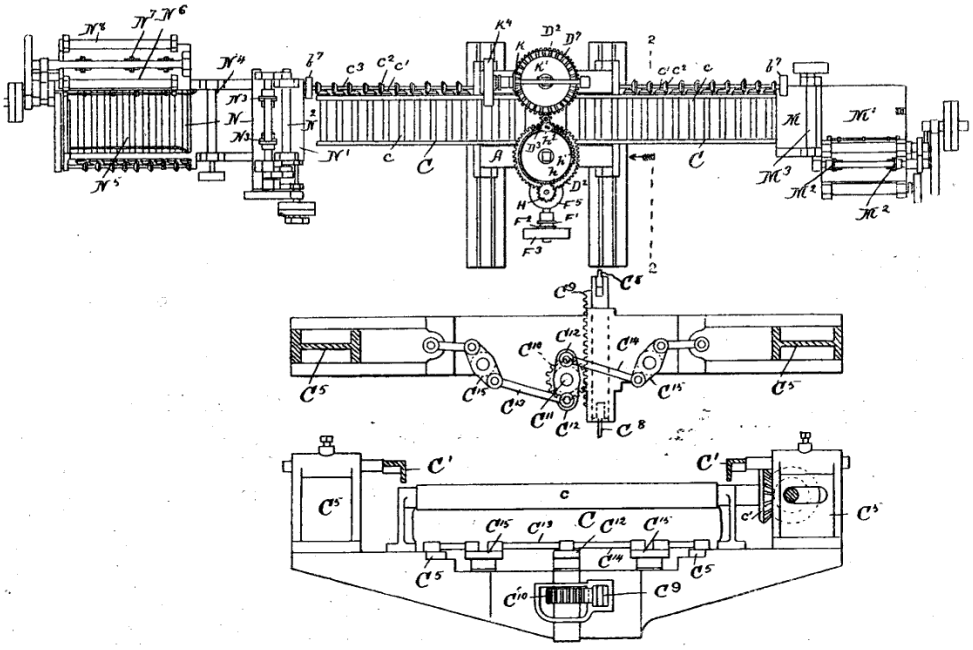


Fig. 25 à 27. — Laminoir *Norton*. Ensemble et détail.

DD, conjuguées par $D_3 D_2 D_3$ (fig. 29) et commandées, de la poulie F_3, par le train à secteurs $h\,h_1\,h_2$ et embrayage F_1. Les segments $h\,h_1\,h_2$, étagés comme leurs pignons

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

$H H H_2$, se suivent en projection d'une façon continue, et leurs amplitudes déterminent celles des serrages successifs de B′ par Hh, $H_1 h_1$ puis $H_2 h_2$: il suffit de changer ces segments pour faire varier à volonté les serrages. Les pignons $D_2 D_2$ ne sont pas calés sur les carrelets des vis D : il les entraînent par l'intermédiaire des vis sans fin D_6 et des pignons D_4, ce qui permet de régler les vis D indépendamment par D_6. Enfin, le pignon D_2 de droite (fig. 30) porte une roue dentée D_7, embrayable avec l'arbre K′ de K et de la poulie K_4 (fig. 28) par l'embrayage $K_2 K_3$ qui, après le laminage, est mis en jeu par la came K_5 (fig. 29) de D_2 et le renvoi $K_7 K_8 K_9$, de manière à relever rapidement B′, puis à se débrayer automatiquement.

Quant à la commande automatique de l'embrayage F′, elle se fait de la manière

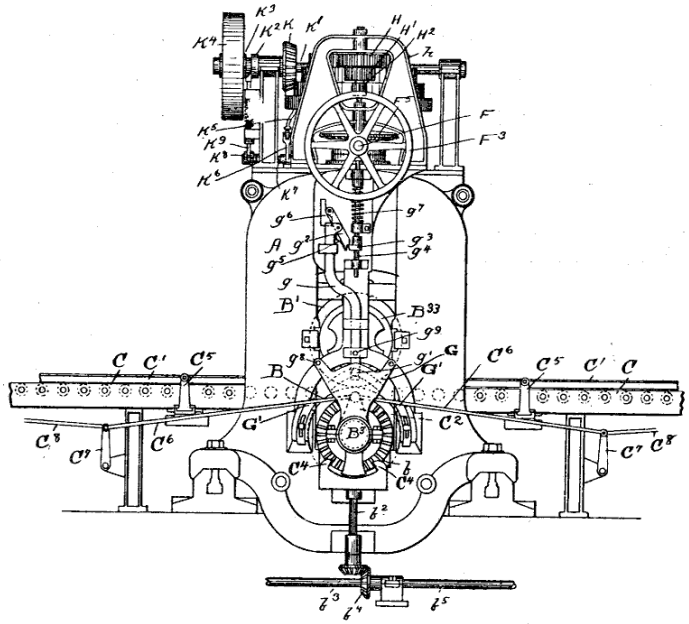


Fig. 28. — Laminoir *Norton*. Ensemble de la cage. Vue latérale.

suivante par la came G, montée à frottement sur l'axe B_3 du cylindre B, que l'on peut d'ailleurs immobiliser par $g_8 g_9$ et qui, à la fin de chacune de ses opérations, s'arrête sur les butées B′B′ sans empêcher B de continuer sa rotation. Cette came commande par g' la barre g, à cliquet g_2 et rappel g_5, qui, à la descente de g, abaisse par g_3 la tige g_4 de l'embrayage F′ et le ferme, puis, repoussé par la came fixe g_6, lâche g_3, de sorte que g_4, rappelé par son ressort g_7, débraye de nouveau F.

Les tables d'alimentation CC sont pourvues chacune de deux guides C′C′ (fig. 27) actionnés aussi, de l'axe B_3 de B, par une came C_2 (fig. 28) montée à frottement, comme G, entre deux taquets C_4 C_4, et reliée à c' c par les bielles $C^6 C^6$, pivotées en $C_7 C_7$, la tige C_8, la crémaillère C_9 (fig. 26) le pignon C_1 et le renvoi C_{12} $C_{15} C_5$. Il en résulte, qu'à chaque oscillation de B, les deux guides C′ C′ se rapprochent pour saisir et bien centrer la tôle sur sa table C, puis s'écartent pour laisser les rouleaux c de cette table l'engager librement et droite au laminoir.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

A la fin du laminage, les tôles passent sur la table M′ de la cisaille rotative M_2 (fig. 25) à galets avanceurs M_3.

L'ajustage du serrage final des cylindres B et B′ s'opère en les amenant au contac

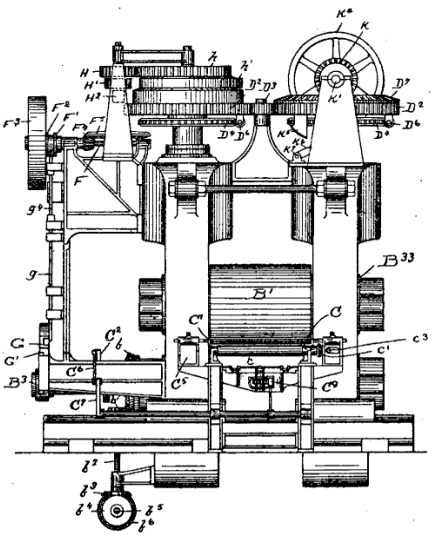


Fig. 29. — Laminoir *Norton*. Ensemble de la cage. Vue par bout.

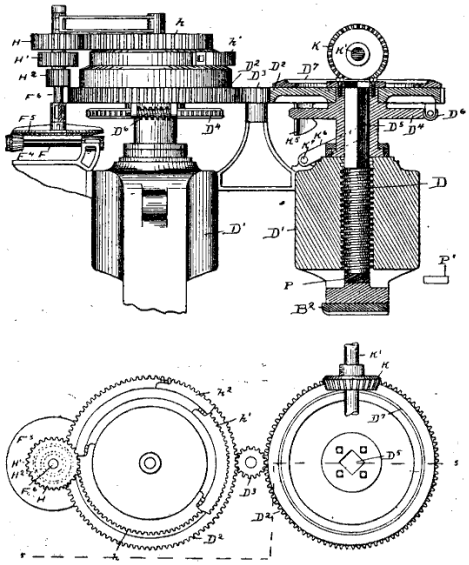


Fig. 30 et 31. — Laminoir *Norton*. Détail du mécanisme du serrage.

après intercalation, entre D et B_2, des cales P (fig. 30) puis en remplaçant ces cales par des cales P′, d'une hauteur inférieure à celle de P de l'épaisseur finale de la tôle.

Quant aux galets *c* des tables CC, ils sont commandés, de B′, par les trains $b\,b'\,b_2\,b^6\,b_4\,b_5\,b_6\,b_7\,c_3\,c_2$ (fig. 25).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

PROCÈS-VERBAUX

Séance du 22 avril 1898.

Présidence de *M. Carnot*, président.

M. le Président fait part de la perte particulièrement douloureuse que la Société vient d'éprouver en la personne de son éminent et dévoué secrétaire *M. Aimé Girard*, qui ne laisse parmi nous que d'unanimes et très vifs regrets. Il rappelle en quelques mots son dévouement absolu aux intérêts de notre Société, sa bonté, son infatigable obligeance, la sympathie universelle qu'il s'était attirée et qui se manifesta, le jour de ses obsèques, par tant de témoignages. Il donne la parole à *M. Troost*, pour la lecture du discours qu'il prononça sur la tombe de M. Aimé Girard, au nom de la Société d'Encouragement. (*Bulletin* d'avril, p. 377.)

Correspondance. — *M. Collignon*, secrétaire, dépouille la correspondance.

MM. Gruet et Lévêque remercient la Société de leur avoir accordé une annuité de brevet.

M. Nouvelle remercie le Conseil de sa nomination comme membre de la Société.

M. Cagniard, à Tiaret, Algérie, présente un appareil pour *régler le tir des fusils*. (Arts mécaniques.)

Le Patronage des enfants de l'ébénisterie demande le concours de la Société d'Encouragement pour compléter les ressources qui lui permettent de récompenser ses lauréats. (Beaux-Arts.)

M. Blot, à Bresle (Haute-Marne), demande une annuité de brevet pour un *coupe-fleurs*. (Agriculture.)

M. D. Tommasi, 6, rue des Immeubles-Industriels, invite la Société à visiter son installation pour le *traitement électrique des plombs argentifères*.

M. Chauvière, député, recommande un candidat pour le prix Fourcade.

M. Roland, 33, rue Montcalm, demande une annuité de brevet pour un *gouvernail*. (Arts mécaniques.)

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

M. Delaurier, 77, rue Daguerre, présente un modèle d'*oiseau volant*. (Arts mécaniques.)

M. A. Loreau, président de la Société des Ingénieurs civils de France, prie la Société de se faire représenter aux fêtes de son cinquantenaire, qui auront lieu du 10 au 13 juin 1898.

CORRESPONDANCE IMPRIMÉE. — *M. Collignon* présente, au Conseil, avec remerciements aux donateurs, les ouvrages mentionnés à la page 531 du *Bulletin* d'avril.

NOMINATIONS DE MEMBRES DE LA SOCIÉTÉ. — Sont nommés membres de la Société :

MM. Paul Bouvard, directeur général de la Société des aciéries de Makuvka (Russie), présenté par *M. Jordan;*

J.-L. Simon, à Paris, présenté par *MM. Hinstin* et *G. Richard.*

Barbier et *Bénard*, constructeurs à Paris, présentés par *M. Jordan;*

De Nervo, Administrateur de la Société des hauts fourneaux, forges et aciéries de Denain, présenté par *M. Jordan.*

Foerster (*F.*), manufacturier au Havre, présenté par *M. Aimé Girard.*

RAPPORTS DES COMITÉS. — Sont lus et présentés les rapports suivants, par :

MM. Levasseur, au nom du *Comité du Commerce : Sur les cartes en relief* de *MM. Stragliati et Nobili* (*Bulletin* d'avril, p. 391) :

Brüll, au nom du *Comité des Arts mécaniques : Sur les foyers fumivores* de *M. Hinstin* (*Bulletin* d'avril, p. 379);

Raffard, au nom du *Comité des Arts mécaniques : Sur la Serrure* de *M. Bergevin* (*Bulletin* d'avril, p. 389);

Fontaine, au nom du *Comité des Arts économiques : Sur le Balancier galvanomètre* de *M. Ducot* (*Bulletin* d'avril, p. 393);

Rossigneux, au nom du *Comité des Constructions et Beaux-Arts*, sur l'ouvrage de *M. Lefèvre*, intitulé : *la Céramique du bâtiment* (*Bulletin* d'avril, p. 396).

COMMUNICATION. — En raison de l'heure tardive, la communication de *M. Sauvage*, sur la *Bibliographie décimale*, est remise au *vendredi 27 mai.*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Séance du 13 mai 1898.

Présidence de *M. Carnot,* président.

M. Collignon, secrétaire, dépouille la correspondance.

MM. L. Simon et *F. Foerster* remercient le Conseil de leurs nominations comme membres de la Société.

M. Paul Chabaud, 1, place Boïeldieu, demande une annuité de brevet pour une *Dynamo* (Arts économiques.)

M. A. Jannsens présente une *règle* graduée de manière à déterminer facilement les diamètres, pas, largeurs d'écrous... du filetage français. (Arts mécaniques.)

M. O. Lelm, 12, boulevard Poissonnière, présente un système de bouchon dit *bouchon parisien*. (Arts économiques.)

M. C. Paris, au Bourget, présente un système de *porte-fleurs*. (Beaux-Arts.)

M. Bordier, 60, rue de la Tour, présente un *générateur d'acétylène*, système Guy. (Arts économiques.)

M. Laurand, 44, rue de Fleurus, présente une *règle à calcul pour l'estimation rapide des arbres*. (Comité d'agriculture.)

M. C. P. Rivière, 165, rue de l'Église-Saint-Seurin à Bordeaux, dépose un pli cacheté intitulé : *Type de fosse étanche et inodore*.

Correspondance imprimée. — *M. Collignon* présente au Conseil, avec remerciements aux donateurs, les ouvrages mentionnés à la page 651 du présent *Bulletin*.

Nomination de membre de la Société. — Est nommé membre de la Société :

M. A. Granger, professeur à l'École d'application de la manufacture de Sèvres, présenté par *M. Troost*.

Communications. — *M. Hinstin* fait une communication sur l'*emploi, dans le chauffage domestique, des foyers fumivores de son système*. (Renvoyé à l'examen du Comité des Arts économiques.)

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Présentation, par *MM. Auguste* et *Louis Lumière*, *d'épreuves stéréoscopiques en couleurs, obtenues par la méthode indirecte.*

M. Davanne fait cette présentation dans les termes suivants :

MESSIEURS,

Je désire d'abord établir bien nettement la différence qui existe entre la *photographie des couleurs* et la *photographie en couleurs*.

La photographie des couleurs par la méthode directe est celle qui consiste à obtenir immédiatement, sur une surface sensible, la reproduction des couleurs du sujet qu'on lui présente, sans faire intervenir aucune trace de matière colorante.

Nous savons, depuis longtemps, que cette reproduction des couleurs est possible; que, dès 1849, Edmond Becquerel avait résolu le problème, sauf la stabilité de l'image obtenue; que ce problème fut étudié de nouveau par Niepce de Saint-Victor, par Poitevin, par Chardon, par M. de Saint-Florent et par d'autres chercheurs; mais toujours l'image disparaissait, soit par l'action de la lumière, soit par l'action des fixateurs essayés; il était réservé à M. Lippmann, le savant professeur de physique de la Sorbonne, de nous donner la reproduction parfaitement stable et fixée des couleurs de la nature, en appliquant à la photographie la loi des interférences, dont elle devenait ainsi la plus élégante démonstration; toutefois, cette méthode très délicate n'est pas encore entrée dans la pratique courante.

La photographie en couleurs par méthode indirecte est tout autre chose; il faut, tout d'abord, la séparer de l'enluminure et du coloriage, trop souvent présentés comme étant la solution du grand problème, non sans une habileté regrettable, à un public qui n'y connaît rien. L'enluminure et le coloriage se font simplement à la main, avec des couleurs et des pinceaux, soit sur la face, soit sur le dos de l'épreuve, qui, dans ce dernier cas, est rendue très transparente; nous n'avons rien à dire de cette méthode, sinon qu'il serait à désirer qu'elle fût toujours employée par des mains habiles.

La méthode dite *indirecte* diffère complètement de ces coloriages; ce n'est plus la main qui applique les couleurs, ce sont des réactions provoquées par la lumière qui rendent la surface photographique apte à fixer en proportion convenable la substance colorante qu'on lui présente.

Si nous acceptons, qu'avec les trois couleurs simples : le rouge, le jaune et le bleu, on peut obtenir, par un mélange convenable, toutes les couleurs vues par nos yeux, il nous suffira de faire, d'un sujet coloré, trois photographies, l'une pour le rouge, l'autre pour le jaune, la troisième pour le bleu, de les superposer avec un repérage exact, et le mélange reproduira le sujet coloré sans que la main ait ajouté le moindre coloriage.

Plusieurs fois déjà nous avons entretenu la Société d'Encouragement de cette méthode, inventée, il y a bien des années, par M. Ch. Cros et par M. Ducos du Hauron. MM. Lumière frères, avec leur très grande habileté technique, l'ont de nouveau modifiée et mise en pratique et ils ont obtenu les résultats que j'ai désiré montrer à la Société. Je crois que quelques explications sont encore nécessaires pour faire bien comprendre cette méthode indirecte, qui consiste en deux opérations bien distinctes : l'*analyse* qui permet d'opérer la séparation, le triage, le tamisage (disent quelques personnes) des diverses couleurs du modèle, puis la *synthèse*, c'est-à-dire la réunion, sur la copie, de ces couleurs qui ont été triées ou tamisées.

Le triage se fait en interposant successivement, entre le modèle et les surfaces sensibles qui reçoivent les impressions, trois écrans, dont chacun a la couleur complémentaire de la couleur qu'il est destiné à éteindre. Ainsi, un écran vert annulera les rayons rouges, et nous obtiendrons par la photographie une épreuve qui sera le négatif du rouge; mais les autres couleurs qui traversent l'écran vert ont leur action sur la plaque sensible, elles y forment l'image à laquelle seuls les rayons rouges, simples ou combinés, n'auront pas contribué.

Il en sera de même en interposant l'écran violet; seulement, ce seront les rayons jaunes qui seront éteints, et nous aurons le négatif du jaune, et, de même, l'écran jaune orangé nous

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

donnera le négatif du bleu; l'emploi de plaques dites orthochromatiques permet d'obtenir assez facilement les couleurs jaune et rouge, ce qui était au début une difficulté presque insurmontable.

L'analyse étant ainsi faite, l'opérateur est en possession des trois clichés au moyen desquels, avec un repérage parfait, il obtiendra la synthèse des couleurs qu'il a séparées, et par conséquent la reproduction coloriée de son modèle.

Ici, je passe la parole à MM. Lumière, en lisant la note qu'ils ont communiquée sur ce sujet :

« Pour le triage des couleurs, nous avons fait usage des écrans recommandés jusqu'ici : écrans orangé, vert et violet; puis nous avons préparé trois séries de plaques photographiques présentant respectivement un maximum de sensibilité pour les rayons que les écrans laissaient passer.

« Le tirage et la superposition des monochromes ont été réalisés grâce à l'emploi d'un procédé photographique aux mucilages bichromatés, sans transfert, basé sur la remarque suivante : la colle forte bichromatée, soluble à froid, qui ne donne pas d'images avec leurs demi-teintes lorsqu'elle est employée seule, acquiert cette propriété lorsqu'on l'additionne de substances insolubles dans de certaines conditions.

« Si l'on ajoute, par exemple, à une solution de colle forte à 10 p. 100, 5 p. 100 de bichromate d'ammoniaque et de 5 à 10 p. 100 de bromure d'argent émulsionné, et que l'on étende cette préparation en couche mince sur une lame de verre, on obtient une surface sensible, que l'on expose à la lumière sous le négatif à reproduire. Lorsque l'exposition est suffisante, on lave la plaque à l'eau froide, et l'on a ainsi une image à peine visible, formée par le mucilage insolubilisé, image que l'on peut colorer avec des teintures convenables.

« On se débarrasse ensuite du bromure d'argent par un dissolvant approprié, l'hyposulfite, par exemple.

« Ce procédé donne, avec la plus grande facilité, des épreuves de toutes couleurs, avec toutes les gradations de teintes du négatif.

« Le bromure d'argent peut être remplacé par d'autres précipités insolubles.

« Avec un tel procédé, il est facile d'obtenir des épreuves polychromes en utilisant le principe de la méthode de MM. Cros et Ducos du Hauron. On procède à l'obtention successive, sur une même plaque, de trois images monochromes rouge, jaune et bleue, provenant des trois négatifs correspondants, en ayant soin d'isoler chaque image de la précédente par une couche imperméable, de collodion par exemple.

« Cette méthode permet, par l'emploi de teintures plus ou moins concentrées, ou par simple décoloration à l'eau, de varier l'intensité relative des monochromes, de modifier au besoin l'effet des trois premières couches par l'addition d'une quatrième, d'une cinquième et même davantage. Elle rend, en outre, le repérage très facile, et assure la possibilité de reporter sur papier l'ensemble de ces impressions.

« Les premiers spécimens de photographie en couleurs ainsi obtenus montrent tout le parti pratique que l'on pourra maintenant tirer d'une méthode depuis si longtemps négligée. »

TRAVAUX DE LA COMMISSION DES ALLIAGES. — *M. Linder* dépose sur le bureau un mémoire de *M. G. Charpy* sur les ALLIAGES BLANCS DITS ANTIFRICTION, dont il demande en ces termes au nom de *Commission des alliages*, l'insertion au prochain *Bulletin* de la Société.

« Dans son étude, M. Charpy, après avoir rappelé les opinions ayant cours parmi les ingénieurs sur l'emploi des alliages antifriction et le classement des formules que les ouvrages techniques ont adopté à leur sujet, indique les principes sur lesquels on peut s'appuyer pour arriver à connaître les propriétés des alliages à frottements et les qualités que ceux-ci doivent présenter.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

« Passant à l'étude des alliages binaires de plomb et d'antimoine, dont il se sert pour indiquer les méthodes expérimentales qu'il a cru devoir adopter, il montre l'influence que la constitution des alliages exerce sur leurs propriétés.

« Prenant ensuite une série d'alliages ternaires de plomb, de bismuth et d'étain, qu'il soumet à un examen minutieux à l'aide du microscope, il met en évidence la constitution de ces composés et en déduit la constitution des alliages ternaires en général.

« La suite du mémoire est consacrée à l'étude des alliages ternaires : cuivre, étain, antimoine; — plomb, étain, antimoine; — plomb, cuivre, antimoine; — zinc, étain, antimoine; tant au point de vue de leur résistance à la compression qu'à celui de leur constitution; — puis il passe à l'étude des bronzes employés pour pièces frottantes.

« M. Charpy termine son travail en indiquant les conclusions qui s'en dégagent. La plus nette est que les alliages antifriction présentent tous la même constitution; ils sont formés par des grains durs (métal simple ou composé défini), noyés dans un ciment plastique, et sur lesquels se fait le frottement; le ciment permet au coussinet de se mouler sur l'arbre et de répartir également la pression. Cette condition met en évidence les alliages qui peuvent être employés à la confection des coussinets. Les conditions relatives à la résistance à la compression, aux facilités de travail et au prix de revient permettent une seconde élimination, en même temps qu'elles définissent, pour chaque groupe de métaux, les limites entre lesquelles on peut faire varier sans inconvénient la composition centésimale. »

M. Charpy présente ensuite le Résumé de son important travail, qui sera reproduit *in extenso* au *Bulletin*.

M. Saglio fait la communication suivante sur *les émaux à haute dilatation :*

Dans le but d'écouler directement l'un de ses produits, le borate de chaux naturel (pandermite), la Société du Biborax a demandé à M. Damour une étude d'émaux à hautes dilatations à base de ce corps. M. Damour a bien voulu l'accepter, à condition de pouvoir en communiquer les résultats à la Société d'Encouragement, et il nous en a confié l'exécution.

Si l'acide borique et la chaux de la pandermite contribuent à élever la dilatation, ils augmentent également la solubilité dans les acides. La difficulté du problème réside donc dans la réunion de deux qualités qui semblent, d'après cela, contradictoires : haute dilatation et insolubilité; difficulté d'autant plus grande que la pandermite seule, avec sa teneur de 60 p. 100 d'acide borique, après fusion, n'a qu'une dilatation de 650×10^{-8}. Les essais ont cependant prouvé que la réalisation d'émaux à hautes dilatations sans sels de plomb d'une insolubilité très satisfaisante n'est pas impossible.

Sans entrer dans le détail de ces recherches, nous dirons simplement que nous avons fait, à la pandermite, des additions d'abord d'un seul corps, mais en proportions variées, et que nous avons pris, parmi ces mélanges, celui qui nous donnait la plus haute dilatation; que, partant ensuite de ce mélange binaire, nous lui avons fait d'autres additions, pour élever encore la dilatation, et ainsi de suite.

Cette méthode, dont la légitimité est contestable, nous a donné pourtant de bons résultats.

Pour obtenir l'insolubilité, nous avons introduit dans nos mélanges de la silice; nous avons combattu l'infusibilité et l'abaissement de dilatation qu'elle communique à l'émail par du carbonate de soude.

En résumé, ces essais nous ont montré : 1° que la silice, le kaolin, la pétalite, le zircon, donnent à l'émail de l'infusibilité et de l'insolubilité, mais abaissent la dilatation; — 2° que le phosphate de chaux augmente la dilatation, donne de la viscosité à l'émail en fusion et

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

lui communique une certaine insolubilité; — 3° que la cryolite, le spath-fluor et surtout le rutile (qui semble bien fixer l'acide borique) augmentent la dilatation et la fluidité de l'émail.

L'acide phosphorique semblerait donc particulièrement intéressant, puisqu'il paraît réunir en partie la haute dilatation et l'insolubilité.

Voici en terminant (voir le tableau ci-contre) quelques compositions d'émaux dont la haute dilatation ou l'insolubilité nous ont paru intéressantes.

COMPOSITION du MÉLANGE.		DILATATION.	SOLUBILITÉ.
A	Sable (de Fontainebleau)	50	1 012 (1)	0,54 (2)
	Pandermite	18		
	Carbonate de chaux	23		
	— de soude	35		
B	Sable	50	901	0,51
	Pandermite	18		
	Carbonate de chaux	41		
	— de soude	17		
A		90	1 058	0,55
Phosphate tricalc		10		
A		90	954	0,49
Kaolin		10		
A		90	940	0,46
Zircon		10		
A		90	1 016	0,70
Rutile		10		
A		90	936	0,47
Pétalite (3)		10		
A		90	976	0,58
Rutile		5,8		
Magnésie		4,2		
A		90	1 019	0,71
Cryolite		5		
Magnésie		5		
Pandermite		30	1 055	0,77
Cryolite		20		
Feldspath		50		
Sable		40	896	0,50
Pandermite		20		
Kaolin		20		
Carbonate de soude		26		
Cryolite		5,5		

(1) Ce chiffre de dilatation doit être multiplié par 10^{-8}.

(2) Voici comment nous avons procédé pour obtenir ce chiffre de solubilité : l'émail porphyrisé en poudre impalpable est traité par l'acide chlorhydrique normal, c'est-à-dire faible, et porté à une ébullition de deux minutes, puis dans une étuve à 100°, où la solution reste plusieurs heures. Cette méthode est très sensible, puisque, ainsi, le verre à glace de Saint-Gobain, réputé à peu près insoluble, nous a donné une solubilité de 0,13 et qu'un émail plombifère, couramment employé pour fonte, une solubilité de 0,61.

(3) Feldspath lithinifère.

M. le Président remercie les auteurs de ces très intéressantes communications, qui seront reproduites au *Bulletin*.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

LIVRES ET OUVRAGES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE

EN MAI 1898

De la Bibliothèque du conducteur des travaux publics. **L'Éclairage,** par MM. Galine et B. Saint-Paul. **Comptabilité des travaux publics,** par M. E. Herbert. **Topographie et instruments,** par M. E. Prévot et O. Roux. 1re partie. *Instruments.* 3 vol. in-8, 422 p. Paris, Dunod.

A travers l'Angleterre industrielle et commerciale, par M. E. Deiss, 1 vol. in-8, 396 p. Paris, Guillaumin.

Séance de la Société française de Physique. Année 1892, 3e fascicule.

Compte rendu des travaux de la Section de la propriété industrielle du Congrès de Bruxelles (1897), par M. A. D. Cassalonga. 1 broch. in-8, 16 pages.

Rupture du barrage de Bouzey, par M. L. Langlois. Extrait du *Bulletin technologique des Arts et Métiers.* 1 broch. in-8, 188 p. Paris, Dunod.

Loi concernant les responsabilités des accidents du travail. *Notes explicatives.* Comité central des houillères de France. 1 broch. in-18, 50 pages.

Technique et applications des Rayons X, par M. C. H. Niewenglovski. 1 vol. in-8, 161 p. Paris, Société d'Éditions scientifiques, 4, rue Antoine-Dubois.

Comité central des houillères de France, annuaire 1898. 1 vol. in-18, 359 p. Paris, 55, rue de Châteaudun.

The Metallic Alloys. *A practical Guide,* par W. T. Brandt. 1 vol. in-8, 527 p. Londres. Sampson Low.

Journal of the Iron and Steel Institute. *Tables des volumes de* 1869 *à* 1896. 1 vol. in-8, 564 p. Londres, Spon.

Institution of Civil Engineers London. *Proceedings. Vol. CXXXI.* Principaux mémoires : *Le Canal maritime de Manchester* (par sir E. L. Williams). *Exploitation des houillères par l'électricité en Pennsylvanie* (W. S. Gresley). *Condensation de la vapeur dans les cylindres des machines* (Callandar). *Chemin de fer du gouvernement de Ceylan* (J. Waring). *L'Arc élastique, théorie de Rankine* (E. Young). *Vitesse maxima des crosses de pistons* (Burls). *Pression des grains dans les silos* (Airy).

Bureau of the Statistics of Labor of the State of New-York, 14e *Rapport annuel* (1896). 1 vol. in-8, 1046 p. Chez Wynkoof, New-York.

Collections de dessins distribués aux élèves de l'École nationale des Ponts et Chaussées. 5e *série, Navigation intérieure.*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Remarques sur le problème de la Navigation aérienne, par M. De Bruignac. 1 broch. (Extrait des *Mémoires de la Société des ingénieurs de France*, mars 1898.)

Associations des propriétaires d'appareils à vapeur. 21e *Congrès des Ingénieurs en chef* (1897). *Compte rendu des séances.* 1 vol. in-8, 334 p. Paris, Imprimerie Capiomont.

L'Incendie. *Ce que l'on doit savoir, ce que l'on doit faire*, par M. F. Michotte. 1 vol. in-18, 280 p. Paris, Mailhat.

Mémoires originaux des créateurs de la photographie, par M. R. Colson. 1 vol. in-8, 186 p. Paris, Carré et Naud.

De M. Georges Duclou. **Épandage ou écimage de la vigne. Rafle, aération et réfrigération des moûts. Influences latentes des traitements cupriques de la vigne sur les vins en cuve pendant la fermentation.** 3 brochures. Paris, les Libraires associés, 13, rue de Buci.

Loi sur les accidents, du 10 avril 1898, par M. G. Payen. 1 broch. in-8, 40 p. Paris, May, 9, rue Saint-Benoît.

Manuel de l'Inventeur, par M. G. Blétry. 1 broch. in-18, 170 p. Paris, Gauthier-Villars.

Traité d'analyse des substances minérales, par M. A. Carnot, membre de l'Institut. Tome premier : *Méthodes générales d'analyse qualitative et quantitative.* 1 vol. in-8, 992 p. Paris, Dunod.

Comité de conservation des monuments de l'art arabe. *Exercice 1896.* 1 vol. in-8, 206 p. Le Caire, Imprimerie nationale.

De la Bibliothèque pratique de l'électricien. **La Télégraphie**, par M. L. Montillot, inspecteur des postes et télégraphes. 1 vol. in-8, 624 p. 355 fig. Paris, Dunod.

Dictionnaire de l'industrie, par M. J. Lefèvre, 1er fascicule. Paris, J.-B. Baillière et fils.

Jahresbericht der Chemischen Technology, 1897. 1 vol. in-8, 1222 p., 250 fig. Leipsick, Otto Wigand.

De M. E. Collignon. **Recherches sur certaines transformations des courbes planes. Détermination des moments d'inertie de points matériels situés dans un plan.** (Extrait des comptes rendus de l'*Association française pour l'avancement des sciences*, 1897.) **Détermination de l'heure du passage du soleil dans un plan vertical.** (Extrait du *Journal de l'École Polytechnique.*)

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

LITTÉRATURE

DES

PÉRIODIQUES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE DE LA SOCIÉTÉ

Du 15 Avril au 15 Mai 1898

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.
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).
La . . . . La Locomotion automobile.
Ln. . . . . La Nature.
Ms. . . . . Moniteur scientifique.
Mc . . . . Revue générale des matières colorantes.
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.).
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 reservés au Cnam et à ses partenaires

AGRICULTURE

Araucarias. Culture dans les colonies françaises. *Rgds.* 15 *Mai*, 354.

Avoines (Les). *Ag.* 16 *Avril*, 611.

Betterave (Culture de). *Ag.* 16 *Avril*, 615.

Blés (Binage des). *Ap.* 5 *Mai*, 647. Commerce en 1891 et 1898. *Ag.* 14 *Mai*, 773.

Cantal (Agriculture du) (Pagès). *Ap.* 28 *Avril*, 604.

Châtaigniers (Maladie des). *BMA. Mars*, 148.

Élevage au Chili (Wiener). *BMA. Mars*, 207.

Engrais. Nitrate de soude et sulfate d'ammoniaque. *Ap.* 28 *Avril*, 397.

— Fumures de chaux en poudre. *E.* 30 *Avril*, 704.

Pertes d'ammoniaque dans la fabrication du fumier (Dehérain) *CR.* 9 *Mai*, 1305.

Forêts. Reboisement (Bouquet de la Grye). *SNA. Janvier*, 52.

Gironde. Monographie agricole (Vassilière). *BMA. Mars*, 73.

Irrigations dans le midi de la Russie. *Ag.* 23, 30 *Avril*, 650, 692, 7 *Mai* 739.

— Dans l'Inde Centrale (Palmer). *EM. Mai*, 289.

Luzerne (La). *Ap.* 28 *Avril*, 601.

Machines agricoles. Pulvérisateurs nouveaux. *Ag.* 23, 28, 30 *Avril*, 659, 607, 697.

— Appareils américains à décharger les foins. *Ap.* 12 *Mai*, 682.

— Au Concours de Paris. *Ap.* 21 *Avril*, 573.

— Le matériel agricole de France (Ringelmann). *RM. Avril*, 365.

— Moulins agricoles. *Ag.* 14 *Mai*, 779.

Maïs, ensilage en Sologne. *Ap.* 21 *Avril*, 581.

Plantes légumineifères de grande culture. *Ap.* 21 *Avril*, 564.

Pommes de terre (Pourriture des). *SNA. Janvier*, 22.

Production agricole et valeur de la propriété rurale en France. *Ef.* 23 *Avril*, 545.

Statistiques agricoles (Les) (Brandin). *SNA. Février*, 70 (Levasseur), *Id. Janvier*, 39.

Truffe (Fécondation de la). *SNA. Janvier*, 33.

Vigne. Black-Rot (Prilleux). *SNA. février*, 105. *Ap.* 28 *Avril*, 613. *Ag.* 30 *Avril*, 689, 7 *Mai*, 746.

— Gelées printanières dans les *Ag.* 23 *Avril*, 655.

Vigne. Produits antiphylloxériques en Loir-et-Cher. *Ap.* 12 *Mai*, 673.

CHEMINS DE FER

Chemins de fer d'Orléans. — Quai d'Orsay. *Gc.* 16 *Avril*, 389.

— Anglais. — Statistique en 1896. *Rgc. Avril*, 256.

— Central. Londres. *E.* 22 *Avril*, 485.

— Du Wingernalp (Crémaillères). *VDI.* 23 *Avril*, 457.

— De Courcelles — Champ-de-Mars. *Gc.* 7 *Mai*, 1.

Électrique de Berlin. *SuE.* 1, 15 *Mai*, 416, 472.

Frein Chapsal. Rt. 10 *Mai*, 194.

Locomotive. (Diverses). *Dp.* 14 *Mai*, 121. Construction de la (Hughes). *Rgc. Avril*, 238.

— Compound Vauclain. Essai. *RM. Avril*, 430.

— A 4 cylindres Webb. *E'.* 6 *Mai*, 420.

— A crémaillères. *Apt.* 201. 13 *Mai*, 297.

— Express du Southern. Ry. *RM. Avril*, 429.

— Pare-étincelles. Bell. *RM. Avril*, 430.

— Sablière Gresham. *RM. Avril*, 430.

Matériel roulant. Éclairage électrique des voitures. Chemin de fer du Nord. *Pm. Mai*, 70.

Trains (Vitesse des). Anglais et Américains. *Rgc. Avril*, 275.

Voie. Block System du chemin de fer du Nord (Moutier). *Rgc. Avril*, 205.

— Signaux électriques. *Dp.* 16, 23 *Avril*, 40, 69.

TRANSPORTS DIVERS

Automobiles (Histoire des), 201. 20 *Avril*, 6 *Mai*, 265, 281.

— (Puissance des) *Ln.* 12 *Mai*, 290,

A pétrole Benz. *La.* 14 *Avril*, 234. Ball. *RM. Avril*, 436.

— Cie générale des automobiles. *Ln.* 5 *Mai*, 280.

A vapeur (Les). *Ri.* 30 *Avril*, 175. *E'.* 22 *Avril*, 382.

— Roulottes. *Ln.* 16 *Avril*, 305.

— Freakley. *E'.* 22 *Avril*, 382,

— Scotte. *Rt.* 10 *Mai*, 209.

— Baldwin. *RM. Avril*, 431.

Électriques à accumulateurs. *La.* 5 *Mai*, 276.

Changement de vitesse Diligeon. *RM. Avril*, 431.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Automobiles. Mise en train Ball. *RM. Avril,* 431.
— Transmission hydraulique Philippe et Hugot. *RM. Avril,* 432.
Tramways de Paris. Situation actuelle. *Rgc. Avril,* 270.
— électriques à caniveaux fermés (Pellisier). *EE.* 23, 30 *Avril,* 140, 187.
— De Neufchâtel. *Élé.* 23 *Avril,* 257.
— Reglage des moteurs (Blondel). *EE.* 30 *Avril,* 192.
— Retour par les rails. *E.* 6 *Mai,* 568, 581.
— Application du système Booster. *Fi. Mai,* 374.
— Voie transportable Koppel. *EE.* 7 *Mai,* 244.
Vélocipèdes à pétrole Werner. *La.* 21 *Avril,* 249.
— Frein Philips. *Ln.* 30 *Avril.* 352.
— Chaîne Renold. *E.* 29 *Avril,* 542.
— Akatène Évans et Harry. *RM. Avril,* 433.

CHIMIE ET PHYSIQUE

Acides Chromique. Séparation d'avec l'aluminium (Brearley). *CN.* 22 *Avril,* 179.
— Azotique, préparation simple (Gohlich). *CN.* 22 *Avril,* 181.
— Succinique, dosage. *Pc.* 1er *Mai,* 417.
— Carbonique liquéfié (transport de l'). *Cs.* 30 *Avril,* 333.
Ammoniac liquide. Chaleur spécifique. *Fi. Avril,* 280.
Analyse spectrale des composés non conducteurs par des sels fondus (de Gramont). *CR.* 18 *Avril,* 1155.
Brasserie. Divers. *Cs.* 30 *Avril,* 364 (Morris).
— Analyse des sucres de. *IoB. Mars,* 162.
— Malt (Notes sur le). Ling. *IoB. Mars,* 185.
— Huiles essentielles des houblons (Chapman). *IoB. Mars,* 233.
— Fermentation alcoolique et le houblon (R. Green). *N.* 21 *Avril,* 591.
Briques. Four Wardle. *E.* 6 *Mai,* 584.
— de scories en Allemagne (Luermann). *Cs.* 30 *Avril,* 354.
Bromures d'argent ammoniacaux (les) (Jary). *CR.* 18 *Avril,* 1138.
Caoutchouc. Vulcanisation. *Dp.* 16 *Avril,* 45.
Camphre et ses dérivés (Blanc). *SeP.* 20 *Avril,* 350.
Carbure de sodium et acétylène monosodé (Matignon). *Aep. Mai,* 90.
Chaux et ciments. Influence de l'eau de mer sur les mortiers hydrauliques (*Le Ciment*). *Avril,* 61.
— Chaux hydrauliques. Théorie de la prise. (Zulkocoski). *Cs.* 30 *Avril,* 353.
Céramique. Lustres et glaces à base d'argent (Zsigmondy). *Ms. Mai,* 355, 358.
Céruse. Fabrication électrolytique. *Pc.* 15 *Mai,* 484.
Colles (essais de). *Cs.* 30 *Avril,* 384.
Désinfectants (Divers). *Cs.* 30 *Avril,* 367.
Égout. Traitement bactérial (Dibbin et Thudichum) *Cs.* 30 *Avril,* 315.
Distillation fractionnée. Tension de vapeur des mélanges liquides (Rosemberg). *Actualités chimiques.* 30 *Avril,* 111.
Essences. Diverses. *Cs.* 30 *Avril,* 368.
— de Portugal (Plateau et Labbé). *SeP.* 20 *Avril,* 361. — et *parfums.* Divers *Ms. Mai,* 359. Scophantine. *Cs.* 30 *Avril,* 369. de rose (Erdman). *Ms. Mai,* 339, 346, 349. Rhodinol, *id.* 345. Préparation par l'ozone (Trillot). *Ms. Mai,* 351.
Explosifs pour la marine. *E.* 29 *Avril,* 536.
— Divers. *Cs.* 30 *Avril,* 374.
Fer. Vaporisation à la température ordinaire. Pellat. *CR.* 9 *Mai* 1338.
Gaz à l'eau et ses applications (Lewes). *SA.* 13 *Mai,* 583.
Gaz d'éclairage. Divers. *Cs.* 30 *Avril,* 336.
— Analyse des capuchons des becs incandescents. *Cs.* 30 *Avril,* 378.
Acétylène (l'). *VDI.* 30 *Avril,* 491, 7 *Mai,* 528. Lampe pour voitures. *La.* 12 *Mai.* 299.
— Divers. *Cs.* 30 *Avril,* 337, 339.
Glucose. (Analyse du). *Cs.* 30 *Avril,* 384.
Graisses. Divers. *Cs.* 30 *Avril,* 354, 380, 383.
Glucinium Borocarbure de (Lebeau). *CR.* 9 *Mai,* 1347.
Guaiacol. Nouvelle synthèse du (W. Smith). *Cs.* 30 *Avril,* 314.
Huile de bois japonaise. Cs. 30 *Avril,* 304.
Laboratoire. Divers. *Cs.* 30 *Avril,* 376, 380, 382.
— Détermination de l'étain dans les fers-blancs (Job). *Cs.* 30 *Avril,* 325.
— Analyses agricoles, méthodes officielles (Hendrick). *Cs.* 30 *Azril,* 326.
— Dosage de la glycérine. *Cs.* 30 *Avril,* 330.
— — des gaz, méthode nouvelle (Bleir). *Cs.* 30 *Avril,* 375.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Laboratoire. Dosage de l'oxyde de carbone dans l'air (Gautier). *CR.* 9 *Mai*, 1229.

Optique. Étalons photométriques. *EE.* 14 *Mai*, 301. Nouvel étalon lumineux (Fery). *CR.* 23 *Avril* 1192.

— Globes holophanes. *Fi. Avril*, 262.

— Modification des spectres du fer dans un champ magnétique (Preston et Fitz-Gerald). *RSL.* 20 *Avril*, 26.

— Phénomène de Zeeman et rotation faradique du plan de polarisation (Fitz-Gerald). *RSL.* 20 *Avril*, 31.

— Théorie du Daltonisme (Burch et Gotch). *Rso.* 20 *Avril*, 35.

— — électromagnétique de la lumière (Edser et Abney). *RSL.* 28 *Avril*, 91 (Barus). *American Journal of Science. Mai*, 343.

Production d'une croix noire par un champ électro-magnétique (Bosc). *RSL.* 9 *Mai*, 152.

Rayons X. EE. 16 *Avril*, 124. 7 *Mai*, 255, 259.

— *CR.* 25 *Avril*, 1899. 9 *Mai*, 1323, 1339.

— *Rgds.* 30 *Avril*, 314.

— *Gc.* 7 *Mai*, 6.

Oxyde nitrique. Absorption par les sels ferreux (Thomas). *ScP.* 20 *Avril*, 343.

Papier. Fabrication du *Dp.* 7, 14 *Mai.* 105, 129.

Pétrole. Composition des *Rt.* 25 *Avril*, 177. Utilisation des sous-produits. *Cs.* 30 *Avril*, 341.

Phosphures métalliques (les). Granger. *APC. Mai*, 5. *MS. Mai*, 363.

Plomb. Sels halogénés (Thomas). *CR.* 9 *Mai*, 1349.

Réactions chimiques. Influence de la température (Colson). *CR.* 18 *Avril*, 1136.

— limitées, vitesse des (Muller). *ScP.* 20 *Avril*, 337.

Résines et vernis. Divers. *Cs.* 30 *Avril*, 359.

Silicium (Spectre du). *CN.* 7 *Mai*, 206.

Sulfure de carbone. Influence de l'oxygène (Berthelot). *CR.* 12 *Avril*, 1060.

Soude à l'ammoniaque. Liqueurs perdues (Jurisch). *Cs.* 30 *Avril*, 349.

Sucrerie. Divers. *Cs.* 30 *Avril*, 362, de canne. *Cs.* 30 *Avril*, 363.

— Moulin à canne. Alliott et Paton. *E.* 13 *Mai*, 615.

Tannerie. Divers. *Cs.* 30 *Avril*, 361.

Teinturerie. Divers. *Cs.* 30 *Avril*, 341, 345.

Teinturerie. Couleurs d'aniline en Allemagne. *USR. Avril*, 564.

— Progrès de la (Gassmann). *Ms. Mai*, 327 (Bruntrock). *MC. Mai*, 177.

— Rongeage du rouge turc par la méthode alcaline. *MC. Mai*, 180.

— Essai de résistance des matières colorantes fixées sur le coton en écheveaux (Blondel). *MC. Mai*, 189.

— Nouvelles couleurs. *MC. Mai*, 192.

— Production des laques de tannates métalliques sur coton (Flintoff). *Cs.* 30 *Azril*, 321.

— *Thorium* le (Brauner). *Cs. Avril*, 372.

Verre. Pour laboratoires. *Cs.* 30 *Avril*, 351.

— Propriétés électriques et composition chimique. (Gray et Dobbie). *Rso.* 20 *Avril*, 38.

— Formation des produits dans les cheminées de verreries. *Ms. Mai*, 360.

— Analyse des matières premières. *Ms. Mai*, 359.

Ytrium. Fractionnement des terres ytriques (Urbain). *ScP.* 5 *Mai*, 376.

COMMERCE ET ÉCONOMIE POLITIQUE

Accidents du travail et garantie de l'indemnité (Cheysson). *Rso.* 1er *Mai*, 725.

Allemagne. Essor économique et social. *Rso.* (16 *Avril*, 671. (Commerce de l'). *E.* 22 *Avril*, 503. Industrie *Ef.* 14 *Mai*, 655. Crise agraire. *Ef.* 30 *Avril*, 582.

Apprentissage et petite industrie en Allemagne (Branto). *Rso.* 16 *Avril*, 647.

Banques coloniales (les). *Ef.* 7 *Mai*, 619.

Caisses d'épargne en Suisse. Ef. 14 *Mai*, 661.

Chine. (Monnaie et prix en). *Ef.* 15 *Avril*, 500.

Démocratie. (Lois de la) (C. Alix). *Rso.* 1er *Mai.* 684.

Droit d'association. (Enquête sur les législations du) (*Musée Social*). *B.* 17.

Épargne chez les ouvriers. Ef. 7 *Mai*, 615.

Japon. Situation financière. *Ef.* 23 *Avril*, 541. Commerciale. *Id.* 14 *Mai*, 656.

Madagascar et la colonisation. *Ef.* 23 *Avril*, 547.

Mexique. Finance et industrie. *USR. Avril*, 469.

Risque professionnel dans le code civil. Rso. 16 *Avril*, 634.

Salaires et durée du travail dans l'industrie française. Ef. 14 *Mai*, 659.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Sociétés ouvrières de production (Berlay). *Rso.* 1er *Mai*, 707, 43 *de secours mutuels* (les). *Ef.* 7 Mai, 621. *Anonymes*, régime en Russie. *SL. Avril*, 468.

Sucrerie. Industrie allemande. *USR. Avril*, 494.

Uruguay. Situation économique. *Ef.* 16 *Avril*, 502.

CONSTRUCTIONS ET TRAVAUX PUBLICS

Ascenseurs, plans inclinés et écluses. Canal de la Marne à la Saône. *Ac. Mai*, 66.

Barrages en maçonnerie. Règle du trapèze (M. Levy). *CR*, 2 *Mai*, 1235.

Bibliothèque du Congrès Washington. *Gc.* 23, 30 *Avril*, 405, 421.

Colonnes (Résistance des essais) à New-York. *Gc.* 16 *Avril*, 396.

Constructions en acier anglaises et américaines. (Childs). *EM. Mai*, 233.

Magasins de Hambourg. E. 29 *Avril*, 519.

ÉLECTRICITÉ

Accumulateurs à électrodes de plomb. Variations de la décharge suivant le régime (Reynal). *EE.* 23 *Avril*, 143.

— Werner. *Ie.* 25 *Avril*, 160. *EE.* 7 *Mai*, 242.

Conductibilité des solutions de permanganate de potasse (Bredig). *CR.* 2 *Mai*, 1269.

Courants alternatifs. (Calcul des) (Pellat). *EE.* 6 *Mai*, 221.

Dynamos Les. (Guilbert). *EE.* 16 *Avril*, 93. (Parschall). *E*, 13 *Mai*, 605.

— Continues. Commutation des (Girault). *Ie.* 25 *Avril*, 10 *Mai*, 153, 180.

— Non isolation des boulons traversant les induits (Boucherot). *Ie*, 11 *Mai*, 177.

— Moteurs Asynchrones polyphasés Boucherot. *Elé*, 14 *Mai*, 305.

Éclairage. *Incandescence.* Lampes diverses. *Dp.* 30 *Avril*, 85. Howard. *Elé.* 30 *Avril*, 280.

— Filaments Auer. *EE.* 30 *Avril*, 190.

Écrans électromagnétiques. EE, 30 *Avril*, 177.

Électricité de contact (l') (Murray) *RSL.* 30 *Avril.* 113.

Électrochimie, Divers. *Dp.* 16 *Avril*, 42. *Cs*, 30 *Avril*, 357.

— Théories de l'électrolyse (Hollard). *Rgds.* 15 *Mai*, 358.

Électrochimie. Céruse. (Cowper Coles). *EE.* 16 *Avril*, 115.

— Composés insolubles du plomb et du cuivre (Lukow). *EE.* 16 *Avril*, 117.

— Conductibilité des électrolytes dans les dissolvants organiques (Dutoit et Friederich). *ScP.* 20 *Avril*, 321.

— Traitement industriel de l'émeraude au four électrique (Lebeau). *CR.* 25 *Avril*, 1202.

— Électrosynthèse des composés organiques (Lob). *Ms. Mai*, 313.

— Fours électriques (G. Richard). *EE.* 7 *Mai*, 228. (Haussermann). *VDI.* 16 *Avril*, 441.

— Électrométallurgie de l'aluminium à foyers (Wallace). *Cs.* 30 *Avril*, 308.

Étincelle explosive dans un diélectrique liquide. (Decourbe). *CR.* 25 *Avril*, 1197.

Magnétisme. Relations entre les aiguilles aimantées et leur longueur (Morin). *EE.* 23 *Avril*, 154.

— Déformation magnétique du nickel (Jones). *Rso.* 20 *Avril*, 44.

— Aimants en acier saisonné (Pierre). *American Journal of Science. Mai*, 334.

Mesures. Intensité des champs magnétiques (Bouty). *EE.* 16 *Avril*, 89, de la différence de phases entre deux courants sinusoïdaux (Rossi). *EE.* 23 *Avril*, 133.

— Wattmètre électrostatique Guye. *EE.* 16 *Avril*, 114.

— Contrôle des appareils électriques industriels (Camichel). *EE.* 23 *Avril*, 168.

— Puissance électrique dans une distribution triphasée : mesure par un seul wattmètre. *Elé.* 16 *Avril*, 242.

— Résistances en platinoïde et en maillechort. *EE.* 14 *Mai*, 294.

Parafoudre Alioth. Ie. 25 *Avril*, 158.

Phénomène de Hall dans les liquides (Bagard). *EE.* 16 *Avril*, 98.

Résistance électrique du Bismuth. EE. 30 *Avril*, 203.

Rhéostats liquides (Les). *Elé.* 30 *Avril*, 273.

Stations centrales (Loi sur les). *EE.* 16 *Avril*, 107.

— En Allemagne (Lafargue). *Sic. Avril*, 137,

— du quai de Jemmapes. *EE.* 14 *Mai*, 270.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Stations centrales. Prix de l'énergie électrique. *E.* 29 *Avril*, 535.
— (Contrôle des). *Ic.* 10 *Mai*, 185.
Téléphonie. Extension rationnelle des réseaux urbains (Heyna). *EE.* 16 *Avril*, 103.
Tableau indicateur d'appel Tournaire. *Elé.* 14 *Mai*, 309.
Télégraphie. Le synchronographe. *Fi.* *Avril*, 294. *Mai*, 361.
Transformateurs tournants (Les). (Woodbridge et Child). *EE.* 7 *Mai*, 246.
Transports de force (Les). *Elé.* 30 *Avril*, 277.

HYDRAULIQUE

Aménagement industriel du Rhône (Souleyre). *Rs.* 16-23-30 *Avril*, 487-517-554.
Barrage de Big. Sandy. Gc. 14 *Mai*, 21.
Belier Hârris. RM. Avril, 444.
Desséchement du Delta du Niemen. Rt. 25 *Avril*, 170.
Forces hydrauliques (les). (E. Peny). *Ru. Avril* 111.
Moteur marin Wright. *EE.* 30 *Avril*, 189.
Pompes Trouvé. *Ri.* 16 *Avril*, 156. Henschell. *RM. Avril* 433.
— Rotatives. *Dp.* 23 *Avril*, 59.
— à action directe (Masse). *RM. Avril*, 403. Delaunay-Belleville. *Id.* 414. Worthington. *Id.* Robinson. *Ri.* 14 *Mai*, 195.
— des eaux de Vauxhall. *E'.* 29 *Avril*, 400.
— de puits Thomson. *Eam.* 30 *Avril*, 525.
— à sable spiraloïde. *Eam.* 7 *Mai*, 549.

MARINE, NAVIGATION

Canaux du Nord de l'Amérique. *ZOI.* 22 *Avril*, 245.
Constructions navales. En Angleterre sous le règne de Victoria. *E'.* 29 *Avril*, 395. Anciennes aux États-Unis (Haswell). *E.* 22 *Avril*, 515.
— Résistance superficielle de l'eau (Hele Shaw). *E.* 22 *Avril*, 511, dans un fluide (Schieldrop). *E.* 6 *Mai*, 577, de frottement latéral et des vagues (Hamilton). *E.* 13 *Mai*, 610.
— Développement de la navigation à vapeur, *Société d'Encouragement de Berlin. Avril*, 195.
— Applications de l'électricité. *EM. Mai*, 280.
— Cargo Boat Bredsdorf. *E.* 13 *Mai*, 615.
Gouvernail Croom et Arthur. *E'.* 29 *Avril*, 409.
Machines marines. Auxiliaires du Kaiser Wilhelm. *E.* 22 *Avril*, 493, 13 *Mai*, 593.
— Arbres des (Berling). *VDI.* 30 *Avril*, 495.
— Équilibrages des (Haas). *RM. Avril*, 351.
Marine de guerre Anglaise. *Rmc. Avril*, 133-147. Croiseur Hermes. *E.* 22 *Avril*, 497.
— Espagnole. Cuirassé Pelajo. *E.* 22 *Avril*, 504, et Américaine. *E'.* 22-29 *Avril*, 354-397. 6 *Mai*, 422. *Ln.* 7 *Mai*, 363.
— Française, le Brennus. *E'.* 22 *Avril*, 382.
— Allemande. *Rmc. Avril*, 129-154.
— Contre-torpilleurs, évolution des (Platt *EM. Mai*, 189).
— Destruction du Maine. *E.* 22 *Avril*, 501. *Gc.* 23 *Avril*, 415.
— Bataille de Manille. *E'.* 6 *Mai*, 429.
— Sous-marin Holland. *Gc.* 30 *Avril*, 430. *Ri.* 7 *Mai*, 181.
— Blindages Krupp. *E'.* 22 *Avril*, 371-387.
— Canon-torpille et éperon. *Rmc. Avril*, 77.
— Torpilleurs (Les). *E'.* 29 *Avril*, 410, sous-marins (Jacques). *E.* 29 *Avril*, 543.
— Filet pare-torpilles. *Rmc. Avril*, 153.
Navigation transatlantique. Nouveaux progrès. *Ef.* 16 *Avril*, 502.
Pêches maritimes diverses. *Rmc. Avril*, 161-179.
Phares Eckmuhl. *E.* 6 *Mai*, 551.
Port d'Anvers. E'. 29 *Avril*, 394.
Transmetteur électrique Weber. *Gc.* 14 *Mai*, 29.

MÉCANIQUE GÉNÉRALE

Aérostation. La navigation aérienne (de Bruignac et Soreau). *IC. Mars*, 313.
Air comprimé. Trompe Taylor. *E.* 6 *Mai*, 562.
Bascule automatique Simons. *E'.* 6 *Mai*, 423.
Chaudières *à tubes d'eau* (Classification des). (Sauguin). *Rmc. Avril*, 47.
— Niclausse. *Rgds.* 30 *Avril*, 325. Weir. Stewart. *RM. Avril*, 425.
— (Règlements saxons pour les). *Rt.* 10 *Mai*, 215.
— Alimentateur Scott. *RM. Avril*, 427.
— Autoclave Hewen. *E.* 29 *Avril*, 530.
— Économiseur Pimbley. *Ci.* 7 *Mai*, 210.
— *Foyers fumivores.* Concours de la ville de Paris. *RM. Avril*, 337. Brothers. *RM. Avril*, 426.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Chaudières. Pompe alimentaire Delaunay Belleville. *RM. Avril*, 414.
— Surchauffeur Chatwood. *RM. Avril*, 427.
Dragues maritimes (Les). (Corlhell). *EM. Mai*, 220.
Engrenages montés (Les). *E.* 29 *Avril*, 525.
Excavateur Scott. *E.* 22 *Avril*, 486.
Froid. Machines frigorifiques diverses. *Dp.* 23 *Avril*, 49. Reid. *RM. Avril*, 422.
Graissage Lumb. *E.* 22 *Avril*, 509.
— Huiles végétales (Analyse des), pour le graissage. *VDI.* 14 *Mai*, 553.
Levage Derrick de 100 tonnes. *VDI.* 16 *Avril*, 437.
— Scènes de théâtres (Sachs). *SA.* 22 *Avril*, 512.
— Pont roulant électrique Craven. *EE.* 30 *Avril*, 181.
— Grue hydraulique de 25 tonnes Cowan. *E.* 29 *Avril*, 531. Électrique de 1 500 kilos Scholten. *Ri.* 14 *Mai*, 194.
— Ascenseurs électriques Idler. Westinghouse. *EE.* 30 *Avril*, 180.
— Transbordeur de la Brown Hoisting C°. *E.* 6 *Mai*, 566. Hallidie, pour la passe Chilcott. *Eam.* 30 *Avril*, 523.
Machines-outils. Diverses. *Dp.* 16-30 *Avril*, 28, 81.
— actionnées par l'électricité. *EE.* 30 *Avril*, 184.
— à tordre les fers profilés. Shann. *Ri.* 16 *Avril*, 154.
— Cisaille hydraulique Wood. *E.* 13 *Mai*, 596.
— Dressage. *Dp.* 23 *Avril*, 53.
— Emboutisseuse pour tubes Neumeister Sobotka. *RM. Avril*, 417.
— *Fraiseuses* double Niles. *E'.* 22 *Avril*, 378. Britannia C°. *E.* 6 *Mai*, 563. Burlingame. *RM. Avril*, 416.
— à meuler les aiguilles Schoeneweiss. *RM. Avril*, 419.
— à tailler les limes. Meyer. (*Id.*), 418.
— à river les boîtes en carton. Leffler. (*Id.*) 420.
— à tailler les pignons. *VDI.* 30 *Avril*, 503.
— Riveuses hydrauliques Wood. *E.* 13 *Mai*, 597.
— Raboteuses, mécanismes de *VDI.* 7 *Mai*, 517.
— Meule Armstrong. *RM. Avril*, 435.
Machines-outils. Machines à vis. *Dp.* 7-14 *Mai*, 97, 126.
— à fabriquer les patins. *SuE.* 1er *Mai*, 412.
— *Perceuses* électrique. *E.* 22 *Avril*, 387. à air comprimé Haesler. *RM. Avril*, 435.
— *Tubes* soudés (Fabrication des) Vinsonneau. *RM. Avril*, 370.
— — Ban à étirer Robertson. *RM. Avril*, 434.
— — Mandrineuse Hills el Young. *RM. Avril*, 436.
— Tournage conique Cleaves. *RM. Avril*, 435.
— *à Bois*. Raboteuse Westmann. *Ri.* 23 *Avril*, 163.
Moteurs à vapeur (Équilibrage des). *E'.* 29 *Avril*, 407.
— sans condensation. (Économie des) (Stanwood). *EM. Mai*, 213.
— Compound simple effet. Brown et Mertz. *Ri.* 7 *Mai*. 182.
— Régulateur direct Proel. *VDI.* 14 *Mai*, 545.
— Condenseur Bohler. *Ri.* 23 *Avril*, 161.
— Segment de pistons (Calcul des). *VDI.* 7 mai, 534.
— Diagramme de Zeumer (W. Fox.) *Fi. Mai*, 387.
— Distributions Dobson. *Pm. Mai*, 66. Allen. *RM. Avril*, 440.
— Turbine Larson. *RM. Avril*, 439.
— Stuffing box Swan. *RM. Avril*, 439.
— **à gaz**. Diverses. *Dp.* 16 *Avril*, 25.
— — à l'exposition de Zurich. *VDI.* 23 *Avril*, 466. Fritscher et Houdry. *RM. Avril*, 421. Olliver. Hargreaves. Southall. Sandberg. Dougill. de Von (*Id.*), 441.
— — Démarrage dans les stations électriques. *Ie.* 10 *Mai*, 183.
— Diesel, *ZOI*, 11 *Mai*, 141.
— — (Théorie des). (Roots) *E'.* 29 *Avril*, 393.
— *à Pétrole*. Diesel Pinkney, Peugeot, Grivel, Barnes, Urquhart, White. *RM. Avril*, 442.
— *à ammoniaque*, et éther. *Dp.* 23-30 *Avril*, 50, 63.
Poulies en fer Corscaden. *Fi. Avril*, 272.
Régulateur de pression Maquaire. *E.* 29 *Avril*, 527.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Résistance des matériaux. Fatigue du fer et de l'acier (Porter). *Fi. Avril*, 241.
— Mesure des efforts développés dans le fer et l'acier par la méthode thermo-électrique. *Gc.* 23 *Avril*, 413.
— fer et acier pour constructions. *Gm. Avril*, 302.
— Fatigue des pièces forgées (Porter). *Fi. Mai* 322.
— Perte d'énergie dans les phénomènes de torsion. *ACP. Mai*, 266.
Ressorts (Théorie des) (Kirsel). *VDI.* 16 *Avril*, 430.

MÉTALLURGIE

Aluminium (Corrosion de l'). *CN.* 7 *Mai*, 207.
— Propriétés réductrices. *SuE.* 1*Mai*, 410.
Bronze. Coulée et laminage (Sperry). *E.* 22 *Avril*, 490.
Concentration (Plan de) pour petite mine. *Eam.* 7 *Mai*, 548.
Cuivre. Élimination des impuretés (Keller). *E.* 22 *Avril*, 491.
Fer et acier. État de l'industrie en France (de Billy). *Rgds.* 15 *Avril*, 287.
— Ateliers du Creusot. *E.* 22-29 *Avril*, 486, 523; 6-13 *Mai*, 557, 587.
— Acier au nickel : équilibre chimique des. *Rgds.* 15 *Avril* (Guillaume), 282.
— Propriétés physiques du fer et sa composition chimique. *Société d'Encouragement* de Berlin. *Avril*, 95.
— Four à creusets. Dawson. *E. Avril*, 549.
Haut fourneau, équilibre calorifique du (Rocour). *Ru. Avril*, 1.
Fonderies. Divers. *Dp.* 16 *Avril.* 31; *SuE.* 15 *Mai*, 461.
— Laminoir trio Brandywine. *RM. Avril*, 439.
Plomb. Métallurgie au Laurium (Georgiades). *Im. IX.* 525.

MINES

Électricité. Dangers dans les houillères. *Eam.* 9 *Avril*, 435. (Couriot et Meunier). *CR.* 18 *Avril*, 1134.
Fer. Gisements de Leeds (Alabama). *Eam.* 23 *Avril.* 489, et Charbon de l'Est de la Chine. *Eam.* 23 *Avril*, 491.
— Ressources de L'Inde. *E.* 6 *Mai*, 567.
Fonçage à grandes profondeurs. Procédé Poetsh. (Sailier). *Im. XI*, 647.
Grisou. Explosions en Belgique. *Gc.* 23 *Avril*, 410, et explosifs' (Schmerber). *Gc.* 30 *Avril*, 427.
Houille (Premières notions sur les). (C.-E. Bertrand). *Im. IX*, 551. Bassin Belge. (Smeyton). *Im.* XI, 621.
— En Allemagne. *E.* 13 *Mai*, 601.
Lampe électrique Richter. *Elé.* 30 *Avril*, 275.
Pompe électrique de la fosse Lambrecht. Im. X, 599.
Perforatrices. Eureka. *Eam.* 23 *Avril*, 493 (les) dans les mines (Kersten). *Ru. Avril*, 98.
— à bras Jackson. *Eam.* 9 *Avril*, 435.
Russie du sud. Industries minérales (Aumard). *Ic. Mars.* 350.
Or. Placer Oregon (Colombie). *Eam.* 9-30 *Avril*, 437, 520.
— Rapports entre les minéraux du gîte et la richesse des filons (Rickard). *Eam.* 23 *Avril*, 494.
— du Rand. *EM. Mai*, 261.
— Guyane française (Levat). *AM, Avril*, 443.
Ventilation. Théorie des orifices équivalents (Lafitte). *Im. XI.* 637.

Le Gérant : Gustave Richard.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

97e ANNÉE. Cinquième Série, Tome III. JUIN 1898

BULLETIN
DE
LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT
POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

ARTS MÉCANIQUES

RAPPORT fait par **M. Barbet**, au nom du *Comité des Arts mécaniques*, sur la *Scie diamantée pour pierres de construction* de **M. Fromholt**, 3, rue Simart, à Paris.

M. Félix Fromholt, ingénieur-mécanicien à Paris, a soumis à la Société d'encouragement deux scies diamantées, destinées au travail des pierres de construction.

M. Fromholt avait déjà présenté à la Société son outillage au diamant, et le *Bulletin* d'août 1894 renferme un rapport complet sur ce sujet, fait par M. A. Tresca, au nom du Comité des Arts mécaniques. Le présent rapport n'est donc que la continuation de celui de M. Tresca.

Les diamants employés pour le travail des pierres sont de deux sortes. La première est le diamant cristallisé, appelé boort, que ses nombreux défauts ou sa structure ne permettent pas d'utiliser dans la joaillerie. La seconde sorte de diamant, appelée carbone dans le commerce, a été découverte au Brésil vers 1843. C'est un diamant amorphe ayant l'aspect à grain d'un calcaire noir; plus dur que le diamant cristallisé, il n'éclate pas sous la pression et tient mieux dans la monture, à cause de sa surface grenue. Pour ces raisons le carbone est presque uniquement employé dans les forages et dans les mines, et sa valeur, absolument nulle autrefois, atteint aujourd'hui 175 francs le carat.

Dans le travail des pierres de construction M. Fromholt emploie le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

diamant cristallisé, dont la valeur n'est que de 10 à 15 francs le carat. Pour obtenir une monture solide de ce diamant à surface lisse, M. Fromholt a imaginé un mode de sertissure qui a été complètement décrit dans le *Bulletin*. Comme ce procédé expose momentanément le diamant à la température rouge, M. Fromholt a étudié l'action des hautes températures sur le boort et sur le carbone, et nous pensons qu'il est intéressant pour l'industrie de donner le résultat de ces recherches.

Le boort doit ses défauts à la présence dans sa masse d'un nombre plus ou moins grand de taches ou crapauds. Si l'on chauffe au rouge ce diamant pendant une demi-minute, il se couvre d'une couche de noir de fumée provenant d'une combustion superficielle. L'aspect du diamant, après un passage au lapidaire, n'est, du reste, pas altéré. M. Moissan a poussé plus loin l'expérience : il a pulvérisé un diamant noir cristallisé; chacun des grains de poussière, examiné au microscope, était plus ou moins gris et renfermait des taches. M. Moissan chauffa cette poussière et observa, à une température de 200° environ, un très court dégagement d'acide carbonique, après lequel la poussière devint blanche. Les taches avaient disparu, ce qui indique que la matière qui les formait, mise en contact avec l'air par la pulvérisation, brûle à une température beaucoup plus basse que celle de la combustion du diamant.

M. Fromholt a complété l'expérience précédente par un essai sur le carbone. Il a détaché d'un diamant amorphe trois morceaux d'égale grosseur. Gardant l'un des morceaux comme témoin, M. Fromholt chauffa les deux autres au rouge vif, l'un un instant seulement, le dernier pendant une minute. Le morceau sur lequel l'action du feu avait été prolongée présenta des granulations superficielles qui se détachèrent au contact du doigt, et la meule à émeri l'usait rapidement; le morceau sur lequel l'action de la chaleur rouge n'avait été que momentanée ne se désagrégeait pas, mais présentait, au contact de la meule, beaucoup moins de résistance à l'usure que celui qui n'avait pas été chauffé. M. Fromholt en conclut que l'impureté qui forme les défauts du diamant cristallisé se trouve plus abondante dans le carbone, enveloppe les molécules qui le composent, empêche sa cristallisation. Une chaleur peu élevée volatisant ces impuretés amène la désagrégation du carbone. Le mode de sertissure de M. Fromholt est donc sans danger pour le boort et, pour s'appliquer au carbone, il devrait être effectué rapidement et avec certaines précautions.

Le rapport fait par M. A. Tresca, au nom du Comité, décrit complète-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ment la façon dont M. Fromholt prépare les petits blocs d'acier, dans lesquels le diamant est serti, ainsi que l'outillage employé pour monter ces porte-diamants dans les lames des scies. Ces procédés n'ont subi, de la part de M. Fromholt, aucune modification depuis cette époque.

Comme application de ces scies diamantées, M. A. Tresca décrivit une scie circulaire et une scie droite, construites par M. Fromholt pour le sciage des pierres de construction. Les dispositions de ces deux machines ont été améliorées par l'inventeur dans les installations qu'il en a faites sur les chantiers des Champs-Élysées pour le sciage des blocs destinés à la construction du grand palais des Beaux-Arts.

Nous ne donnerons la description que de la première de ces deux machines, la seconde n'ayant pas encore fonctionné.

Machine à scie circulaire. — La nouvelle scie circulaire diffère de celle précédemment présentée par les points suivants :

1° Le nombre des diamants de flanc disposés sur les faces latérales de la scie est doublé, et leur disposition nouvelle permet de dresser les faces des pierres et d'effectuer ainsi mécaniquement l'appareillage ;

2° La scie est placée en porte-à-faux, ce qui permet une approche plus commode des pierres à travailler.

La machine est montée pour scier les roches demi-dures d'Euville, destinées au soubassement du palais des Beaux-Arts, et les roches tendres de la vallée de l'Oise, employées en élévation. A cet effet, il suffit de changer la scie circulaire et de modifier sa vitesse de rotation.

La lame de scie diamantée employée pour les pierres dures a 2^m20 de diamètre; elle porte (fig. 1) 200 diamants disposés à raison de 40 de champ, 80 sur les arêtes et 80 sur les faces.

Le diamant travaillant par érosion, la scie est animée d'une grande vitesse pour augmenter le nombre des contacts des diamants usant la surface. La vitesse tangentielle est de 35 mètres par seconde.

La lame de scie à dents, employée pour les pierres tendres, a le même diamètre que la précédente. Elle est composée (fig. 5) de dents en acier montées sur la lame dans des encoches comme les porte-diamants des lames diamantées et maintenues par des vis pressant la lame et la dent. De cinq en cinq dents, une dent est remplacée par une pièce d'acier fixée de la même façon sur la lame et un peu plus courte que les dents. Cette pièce porte, sur les flancs, un diamant de chaque côté. Ces diamants sont sertis dans des tiges filetées et soudées, et servent à maintenir la voie de la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

lame, malgré l'usure que pourraient prendre les dents. Cette lame, armée de dents, travaille par passes dans la pierre tendre, enlève des parcelles d'une certaine grosseur et travaille lentement. La vitesse circonférencielle ne doit pas dépasser 1^{m}40 par seconde.

La machine se compose (fig. 2 à 5) de deux parties. La première comprend l'appareil de sciage avec ses transmissions et changements de vitesse; la seconde comprend le châssis présentant la pierre à l'outil.

L'appareil de sciage est formé d'un bâti horizontal A en fonte, reposant en porte-à-faux sur un massif en maçonnerie. La lame montée sur le bâti est ainsi en saillie de 1^{m}10. L'arbre B de la lame porte la poulie D, qui est

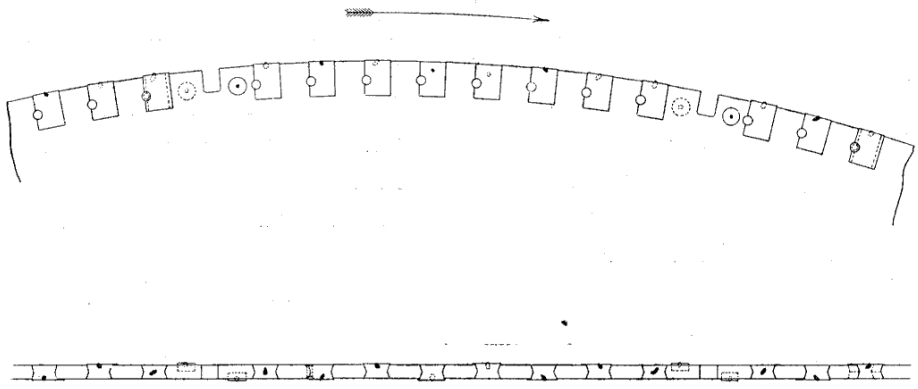


Fig. 1. — Scie *Fromholt* pour pierres dures.

actionnée, pour la marche rapide, par le volant E, qui reçoit le mouvement d'une machine à vapeur. A côté de la poulie motrice D est montée la poulie folle C, sur laquelle on fait passer la courroie, au cas où l'on veut arrêter la scie.

Pour le mouvement lent, la poulie montée sur l'arbre de la scie est mue par l'intermédiaire d'un train d'engrenages qui ralentissent la marche de la machine.

Pour assurer la rigidité de la lame, celle-ci est guidée en trois points a, b, c, au moyen de vis garnies de bois. Les douilles de ces vis sont calées sur trois arbres e, f, g, montés dans des supports h, k, l, fixés sur le bâti.

Le bloc à scier est monté sur des wagonnets G roulant sur les voies du chantier et venant sur le chariot H de la machine. Ce dernier roule au

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

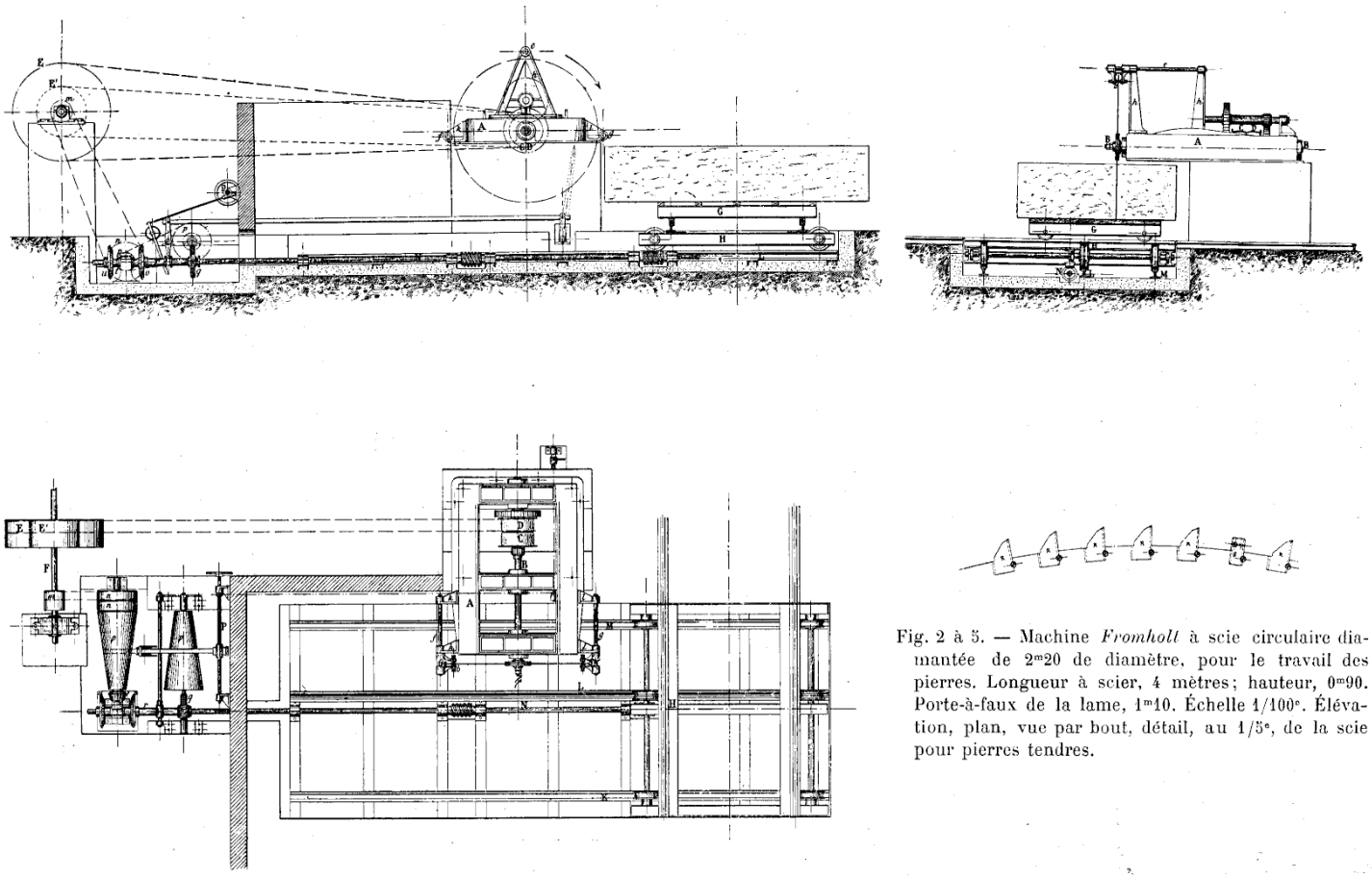


Fig. 2 à 5. — Machine *Fromholt* à scie circulaire diamantée de 2m20 de diamètre, pour le travail des pierres. Longueur à scier, 4 mètres; hauteur, 0m90. Porte-à-faux de la lame, 1m10. Échelle 1/100e. Élévation, plan, vue par bout, détail, au 1/5e, de la scie pour pierres tendres.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

moyen de galets sur trois rails K, L, M, dont celui du milieu, L, est profilé en V pour le guidage. Ce chariot porte une crémaillère, commandée par des vis sans fin montées sur un arbre N.

Cet arbre est commandé pour l'avancement pendant le travail par le tambour m, les poulies n, les cônes p, la roue à vis sans fin q, montée sur sur une douille r à débrayage. Pour la marche rapide, lors de la mise au point ou le recul, l'arbre N est commandé par le tambour m, les poulies n, le pignon t et l'une ou l'autre des roues u et v, montées sur la douille r. La vis P, munie d'un volant, commande la courroie des cônes p et permet de faire varier l'avancement.

Dans la marche rapide pour la pierre dure, la lame tourne à 300 tours à la minute et son avancement moyen dans la roche d'Euville est de 0^m30 par minute.

Dans la marche lente pour la pierre tendre, la lame tourne à 12 tours à la minute, et son avancement moyen, dans la pierre de la vallée de l'Oise, atteint 1 mètre par minute.

La machine, installée par M. Fromholt aux Champs-Élysées, a terminé le sciage des pierres d'Euville, destinées aux soubassements du palais des Beaux-Arts, et on s'apprête à commencer à débiter les pierres tendres. M. Nanquette, l'un des entrepreneurs du Palais, consulté au sujet de la machine a déclaré en être absolument satisfait. La machine, non seulement scie la pierre, mais dresse également les parements et donne des arêtes vives ; on peut n'enlever sur les faces qu'un centimètre ou deux, ce qui permet de l'employer pour appareiller les faces des pierres venant de la carrière aux dimensions à peu près voulues. Ce résultat est obtenu grâce à la disposition spéciale des diamants de flanc; les pierres sortant de la machine peuvent être mises immédiatement en place, où elles n'ont plus qu'à subir le travail de ravalement.

Dans la pierre d'Euville, l'avancement du bloc est de 0^m30 à 0^m35 par minute. Quand il s'agit de faire des parements, on réduit la vitesse à 0^m25 environ par minute, afin d'éviter toute déviation de la lame. En dix heures on arrive à scier 40 mètres carrés de trait. M. Nanquette fait remarquer que ce chiffre pourrait être considérablement augmenté, si la disposition d'amenée des pierres permettait d'économiser le temps d'arrêt de la machine pendant les manœuvres.

Le prix de revient d'un mètre carré de trait est de 1 fr. 25. Quand le travail de la pierre d'Euville s'effectue à la main, le mètre carré de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

trait est payé 10 francs et le mètre carré d'appareillage revient à 3 francs.

La machine absorbe pour sa marche 10 à 12 chevaux.

Nous n'avons pas de renseignements sur le travail de la pierre tendre autre que celui de la vitesse d'avancement donnée plus haut.

La scie à mouvement alternatif, soumise également par M. Fromholt, vient d'être installée aux Champs-Élysées pour le sciage des pierres de construction. La lame est composée de la même façon que la lame circulaire décrite plus haut. La machine doit scier des pierres pouvant atteindre $1^{m}75$ de hauteur, que le diamètre de la scie circulaire ne permet pas de débiter. M. Fromholt, après un essai, a cru devoir apporter à sa disposition des modifications dont il étudie les détails.

Les inventions et applications de M. Fromholt soumises aujourd'hui au Comité portent sur le mode de sertissure du diamant, sur leur répartition sur la lame des scies et enfin sur les dispositions des machines, qui permettent de scier, économiquement la pierre de construction et d'en dresser les faces, ce qui n'avait pas été réalisé avant les recherches de cet inventeur; nous en avons donné les résultats économiques.

A ces divers points de vue, le Comité des arts mécaniques vous propose de remercier M. Fromholt de sa très intéressante communication et d'insérer le présent rapport dans le *Bulletin*, avec les gravures et planches nécessaires pour faire comprendre le fonctionnement de la machine.

Signé : le rapporteur, BARBET.

Lu et approuvé en séance, le 10 juin 1898.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ANNEXE

Nous terminerons ce rapport par une note rapide sur les différents appareils mécaniques destinés à scier la pierre, de façon à faire ressortir les progrès réalisés par M. Fromholt.

Le sciage des pierres de construction s'effectue depuis la plus haute antiquité à l'aide du sable et de la scie manœuvrée par un ou deux ouvriers. Le mouvement de va-et-vient de la scie est facile à reproduire mécaniquement. Ausone, poète du IVe siècle de notre ère, parle dans son « Ode à la Moselle » des scies mues mécaniquement par une roue hydraulique et employées au sciage des marbres.

Mais eu égard au bas prix de la main-d'œuvre, il n'y a généralement pas intérêt à employer la scie mécanique dans les chantiers de construction. Cependant, quand il s'agit de prendre dans un même bloc des tablettes de faible épaisseur, l'emploi d'un châssis à un grand nombre de lames oblige à actionner la scie mécaniquement.

En dehors de la scie alternative on a employé, pour le sciage des pierres, les machines suivantes :

Le *fil hélicoïdal* inventé par M. Gay et dont les brevets appartiennent à la maison Thonar Dejaiffe, de Namur. C'est une cordelette sans fin, montée sur deux poulies et formée de deux ou trois fils d'acier tordus ensemble suivant un pas d'hélice allongé; outre son mouvement de translation, la cordelette est encore animée d'un mouvement giratoire dont l'effet est de dégager le fond de l'entaille. Un sablier disposé au-dessus de la masse à découper fournit le sable et l'eau nécessaires à l'opération. Ce procédé de sciage rend de très grands services dans les carrières pour trancher, détacher et diviser les blocs, mais il donne des faces ondulées et ne peut pas être employé pour préparer aux dimensions exactes les pierres de construction ;

La *scie à ruban horizontal*, imaginée vers 1885 par M. Armand Auguste, était formée d'une lame de scie sans fin enroulée sur deux poulies à arbre vertical. Cette machine présente les inconvénients suivants : difficulté de tendre le ruban sans que les axes des poulies s'échauffent; le brin conduit est généralement flottant, ce qui donne des sciages ondulés.

M. Debauve a donné dans les « Annales des Ponts et Chaussées » quelques notes sur des scies circulaires employées en Amérique et en Angleterre, mais je n'ai pas pu avoir de renseignements pratiques à leur sujet. Les lames seraient avec dents mobiles, en acier, sans diamants.

Des essais faits pour remplacer les lames en fer par des lames en cuivre, zinc, plomb, soit restés infructueux. Les inventeurs avaient eu l'espoir que le sable s'incrus terait dans le métal et aiderait l'usure de la pierre.

Les lames en acier doux sont aujourd'hui très employées notamment pour le sciage du granite. Dans ce cas, on remplace le sable par des globules de fonte blanche, pulvérisée par un procédé spécial.

Nous arrivons à l'emploi du diamant. Flinders Petrie, dans son ouvrage intitulé : « Dix ans en Égypte », parle d'outils au diamant et notamment de forets diamantés employés par les Égyptiens de l'ancien empire pour le travail des pierres de granite et de diorite. Ces antiques procédés ont du être transmis aux Romains, car Pline l'Ancien, dans son « Histoire naturelle », dit que les morceaux de diamant « sont recherchés par les ouvriers qui les enchâssent dans du fer, et par ce moyen entament aisément les substances les plus dures ».

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ce mode de travailler paraît avoir été plus tard négligé, car il faut arriver à la fin de notre siècle pour retrouver le diamant employé dans l'outillage destiné au travail des pierres.

En mai 1854 un lapidaire de Paris, Bigot-Dumaine, imagina et brevet a le montage des diamants sur burins pour tourner et raboter la pierre.

En juin de la même année, M. Georges Hermann, mécanicien à Paris, eut une idée identique et la breveta également, puis il étendit son invention au sciage et ou perçage des pierres. Il imagina, pour le perçage des meules en granit destinées au broyage des couleurs, d'employer un tube en cuivre à l'extrémité duquel étaient sertis des diamants.

M. Hermann prit au sujet de ces dernières inventions un brevet d'addition à son brevet principal.

L'année suivante, les deux brevets firent l'objet d'un procès qui se termina en faveur de M. Bigot-Dumaine dont le brevet était de quinze jours antérieur. Ce procès fit perdre à M. Hermann les avantages de son brevet d'addition relatif au sciage et au perçage, puisque le brevet principal était annulé. Mais il n'en est pas moins vrai que l'inventeur de la scie alternative à diamants et de la couronne perforatrice est bien M. G. Hermann.

En juillet 1862, un bijoutier de Genève, M. Georges Leschot, songea à appliquer cette couronne de perforation à une machine horizontale placée sur wagonnet et destinée à percer des trous de mine en galerie. Son fils, Rodolphe Leschot, sorti en 1859 de l'École centrale de Paris, perfectionna cet appareil. La perforatrice actionnée d'abord à la main fut bientôt transformée par les ingénieurs anglais et américains de façon à recevoir les mouvements d'un moteur. L'appareil de M. Brand fut appliqué en 1878 au percement du Saint-Gothard et en 1881 au tunnel de l'Arlberg.

Depuis, la perforatrice à diamants a reçu, en Allemagne notamment, de nombreux perfectionnements : elle a été appliquée aux sondages, et a permis, dans une mine de Silésie, d'atteindre une profondeur de 2000 mètres.

C'est aux États-Unis de l'Amérique du Nord qu'on appliqua pour la première fois la scie circulaire diamantée en 1863. Ces essais sont dus à James Gilmor, de Painesville (Ohio). Les diamants étaient sertis directement dans la lame par un mattage à froid.

A l'exposition de Philadelphie, en 1876, la maison Branck Cookes et Cie, de Saint-Louis, avait exposé une scie circulaire de $1^{m}67$ de diamètre armée de 48 diamants noirs. Dans certaines de ces scies, le diamant, au lieu d'être introduit dans une entaille faite dans le fer doux puis matté, fut saisi dans une fente formant mâchoire.

Ces scies furent abandonnées.

Des essais de perforation et de sciage ont été faits en France, de 1878 à 1884, par M. Taverdon. Le diamant était monté dans les pièces de fer rapportées. Le diamant, préalablement recouvert d'une couche de cuivre par la galvanoplastie, était ensuite brasé dans la pièce de fer. Ces essais n'eurent pas de succès.

Ce qui surtout a retardé l'application pratique de ce genre de machines-outils est le prix des diamants et la difficulté de la sertissure.

M. Fromholt a imaginé un mode de sertissure solide qui permet d'employer le boort, lequel est quinze fois meilleur marché que le carbone. Ce procédé a été décrit complètement dans le *Bulletin* de 1894 *de la Société d'Encouragement*.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TRAVAUX DE LA COMMISSION DES ALLIAGES

RECHERCHES EXPÉRIMENTALES SUR LES ALLIAGES MÉTALLIQUES

ÉTUDE SUR LES ALLIAGES BLANCS DITS ANTIFRICTION

PAR **M. G. Charpy.**

Parmi les nombreux problèmes que présente encore la question des alliages métalliques, l'étude des alliages spéciaux pour pièces frottantes ou *antifriction* présente un intérêt particulier; intérêt pratique, d'une part, parce que ces alliages sont employés en quantités considérables par certaines industries et que la multiplicité des formules employées montre que l'on n'est pas encore fixé sur celles qu'il convient d'adopter; intérêt théorique, d'autre part, car le problème à résoudre peut être posé avec plus de netteté que n'en comportent d'ordinaire les questions technologiques, et se trouve notablement éclairci par la considération des théories qui s'édifient actuellement sur la constitution des alliages métalliques.

Les recherches qui font l'objet de ce mémoire ont eu principalement pour but d'appliquer aux alliages pour pièces frottantes les idées théoriques qui se déduisent des expériences sur la fusibilité et les autres propriétés des alliages, ainsi que de leur étude microscopique. On a cherché ainsi à obtenir un classement méthodique qui permît, non pas de décider d'une façon ferme quel est l'alliage à employer dans chaque cas particulier, mais tout au moins de simplifier cette recherche et de faire une première élimination au moyen de considérations générales.

I

D'après Thurston (1), c'est M. Hopkins qui eut le premier l'idée de garnir les coussinets, avec un métal mou comme le plomb, qui se moule et s'adapte parfaitement à la forme de l'arbre qu'il supporte. On remplaça bientôt ce plomb par des alliages à base d'étain, ou de plomb, ou de zinc, moins facilement défor-

(1) Thurston : « Études sur le frottement, le graissage et les lubrifiants. » Traduction française. Bernard Tignol, éditeur.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mables, tout en conservant une certaine plasticité. Les premiers essais effectués sur ces métaux ne leur furent pas tous favorables. C'est ainsi que M. Nozo (1), à la suite d'expériences effectuées en 1852 pour la Compagnie des chemins de fer du Nord, conclut de la façon suivante :

« Les métaux blancs, soit pour coussinets complets, soit pour doublage, peuvent être utilisés avantageusement dans les frottements à très petites vitesses de certaines machines, ou dans le cas de faibles charges et de moyennes vitesses, mais ils ne conviennent pas aux appareils roulants des chemins de fer, dans lesquels la charge et la vitesse atteignent des conditions qui poussent à une usure rapide tout métal n'étant pas doué d'une résistance assez grande pour résister à des frottements énergiques. »

Peut-être les alliages utilisés à cette époque étaient-ils notablement inférieurs à ceux que l'on a obtenus plus tard; quoi qu'il en soit, l'opinion inverse à prévalu et les Compagnies de chemins de fer emploient aujourd'hui les alliages blancs d'une façon très générale. Nous extrayons à ce sujet les renseignements suivants d'un important travail de M. Salomon, ingénieur en chef du matériel et de la traction des Chemins de fer de l'Est, travail intitulé : « Note sur le graissage des véhicules de la Compagnie de l'Est », et publié en 1896, dans le *Bulletin de la Commission internationale du Congrès des chemins de fer*.

« Les coussinets pour voitures de la Compagnie de l'Est sont en métal blanc composé de 83,33 parties d'étain, 11,11 parties d'antimoine et 5,55 parties de cuivre.

« L'usure des coussinets en métal blanc est extrêmement lente. Depuis 1885, origine de l'application de ces coussinets à la Compagnie de l'Est, la réforme de ces organes n'a jamais eu lieu par suite de leur usure en épaisseur. Elle n'a encore été provoquée que par l'accroissement du jeu longitudinal ou par des causes accidentelles.

« D'après des essais effectués sur des voitures de 1re classe, des coussinets en métal blanc, pesant $7^{kil}560$, présentant une surface de portée de $184^{cm}92$ et chargés à raison de 15 à 18 kilogrammes par centimètre carré perdent, en moyenne, par usure, $26^{gr}198$ pour un parcours de 100 000 kilomètres.

« En 1885, on a adopté à la Compagnie de l'Est : 1° l'huile minérale russe pour les coussinets; 2° le métal blanc pour la confection de ces coussinets. Pendant les années 1886, 1887, 1888, période que l'on peut considérer comme transitoire, il y a eu des chauffages relativement nombreux, probablement à cause de l'inexpérience des agents dans l'emploi de l'huile minérale et dans le travail du métal blanc; mais surtout parce que le graissage à l'huile minérale exige, pour donner des résultats satisfaisants, l'emploi simultané du métal blanc.

(1) Nozo : *Bulletin de la Société des Ingénieurs civils*, année 1852; cité par Knab : *Traité des alliages et dépôts métalliques*.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

« On constate, en effet, que des boîtes d'un même type (sans tampon graisseur et dans lesquelles la fusée est baignée dans l'huile) ont chauffé, en 1893, trente-sept fois moins avec des coussinets en métal blanc qu'avec des coussinets en bronze, et les boîtes à tampon graisseur environ deux fois moins. Ces réductions du nombre des chauffages, pour un même type de boîtes, résultant de la substitution du métal blanc au bronze, sont assez variables d'une année à l'autre, mais les statistiques ont toujours accusé un avantage considérable pour le métal blanc. »

La Compagnie des chemins de fer P.-L.-M. a également effectué sur ce sujet des expériences relatées dans un travail de M. Chabal, ingénieur en chef adjoint du matériel et de la traction, publié en 1894 dans la *Revue générale des chemins de fer*, sous le titre : « Note sur l'influence de la nature de l'huile de graissage et du métal des coussinets sur la résistance au roulement des wagons. »

Les essais portaient comparativement sur des coussinets en bronze à 82 p. 100 de cuivre, 16 p. 100 d'étain et 2 p. 100 de zinc, et des coussinets en métal blanc à 83,33 p. 100 d'étain, 11,11 p. 100 d'antimoine et 5,55 p. 100 de cuivre, graissés à l'huile minérale, soit à l'huile de colza.

Parmi les remarques faites par M. Chabal, nous citerons les suivantes :

« Les coussinets en métal blanc chauffent beaucoup moins que les coussinets en bronze.

« Aux vitesses de 30 à 40 kilomètres, les coussinets en métal blanc donnent une résistance moindre que les coussinets en bronze. La substition du métal blanc au bronze donne une diminution de 20 p. 100 sur la résistance pour des wagons houillers à pleine charge formant des trains de 300 tonnes et roulant à des vitesses de 27 à 42 kilomètres à l'heure. D'après les essais faits sur véhicules isolés, on trouve que le gain que donne cette substitution diminue quand la vitesse croît, surtout si ces véhicules sont chargés pour la petite vitesse, et peut même, dans ce dernier cas, devenir une perte aux grandes vitesses, mais que, pour ces véhicules chargés pour la grande vitesse, le gain reste toujours d'au moins 5 p. 100, ce qui implique un gain plus marqué pour le cas de véhicules roulant dans un train.

« L'usure des coussinets régulés est beaucoup moindre que celle des coussinets en bronze (0,4 en moyenne). »

Les avantages des alliages blancs pour la confection des coussinets ont été reconnus également dans des cas autres que ceux des wagons de chemins de fer, et l'emploi de ces métaux est devenu très général. Mais l'accord est loin d'être fait sur les formules qu'il convient d'adopter, comme le montrent les tableaux suivants dans lesquels nous avons rassemblé les diverses formules données dans les principaux ouvrages relatifs aux alliages métalliques.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Alliages d'étain, de cuivre et d'antimoine.

ÉTAIN.	CUIVRE.	ANTIMOINE.	RÉFÉRENCES.
96	4	8	Cité par Thurston. Coussinets ordinaires.
90	2	8	Cité par Thurston. Cité par Hiorns, pour coussinets fortement chargés ; employé dans les chemins de fer russes pour coussinets de wagons.
88,8	3,7	7,4	Cité par Thurston et Bolley comme métal de Karmarsch. Employé en France par les constructions navales.
87,5	12,5	»	Cité par Thurston. Métal de Karmarsch.
87	6	7	Cités par Hiorns, pour coussinets fortement chargés.
85	5	10	Cité par Ledebur et Hiorns, comme métal de Jacoby pour faibles pressions.
83,33	5,55	11,11	Employé pour coussinets de wagons, Compagnies de l'Est, P.-L.-M., Ouest, etc.
83	6	11	Cité par Ledebur. Employé par les chemins de fer de Berlin.
82	6	12	Cité par Ledebur. Employé par les Chemins de fer d'Orléans et de l'Ouest autrichien.
82	8	10	Coussinets de têtes de bielles et colliers d'excentriques. Compagnie du Nord.
81,25	6,25	12,5	Cité par Thurston et Bolley.
81	5	14	Cité par Hiorns, pour coussinets très durs.
80	10	10	Cité par Thurston. Employé par les chemins de fer suisses.
79	»	21	Cité par Iorns.
78,5	10	11,5	Employé par les chemins de fer russes. Cité par Thurston.
76,7	7,8	15,5	Cité par Ledebur et Thurston, comme alliage anglais.
76	7	17	Cité par Hiorns, pour coussinets faiblement chargés.
75	»	25	Métal de Karmasch, cité par Thurston et Bolley.
73	9	18	Cité par Thurston et Hiorns, pour faibles pressions.
72,8	9	18,2	Cité par Ledebur.
72	2	26	Cité par Thurston et Bolley.
71,4	21,4	7,2	Cité par Thurston. Métal de Karmasch.
71	5	24	Standard White Metal de Thurston. Employé par la Compagnie P.-L.-M. pour garnitures de colliers d'excentriques et de tiroirs.
70,73	9,75	19,5	Cité par Thurston.
67	22	11	Cité par Thurston. Employé par le Great Western Railway (Angleterre).
67	11	22	Paliers de crosse de piston. Chemins de fer de l'État français.
33,3	22,2	44,5	Cité par Hiorns. Métal de Dewrance pour locomotives.
12	4	82	Cité par Hiorns, pour coussinets très durs.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Alliages de cuivre, d'étain et de zinc.

CUIVRE.	ÉTAIN.	ZINC.	RÉFÉRENCES.
97,2	»	2,5	Cité par Bolley.
89	8	3	Cité par Thurston, pour coussinets de locomotives.
89	9	2	Cité par Thurston. Chemins de fer italiens.
87	8	5	Cité par Bolley. Alliage dur.
86	14	»	Cité par Thurston, pour coussinets de locomotives.
86	12	2	Cité par Ledebur. Alliage pour coussinets.
85,25	12,75	2	Cité par Thurston.
84	14	2	Employé par les Chemins de fer de l'Etat français, pour pièces à frottement alternatif.
83	15	3	Alliage de Lafond, pour coussinets fortement chargés.
82	18	»	Cité par Ledebur et Thurston. Coussinets de wagons de la Compagnie du Nord.
82	10	8	Cité par Bolley.
82	15	3	Chemins de fer d'Orléans. Coussinets de têtes de bielles.
82	16	2	Cité par Ledebur, pour coussinets de locomotives. Employé par les Chemins de fer de l'État français, pour pièces à frottement circulaire.
80	18	2	Cité par Thurston et Bolley. Alliage de Lafond.
78,7	6,3	15	Cité par Bolley, pour frottement sur fonte.
78	20	2	Cité par Bolley et Thurston, pour coussinets de wagons.
77,4	15,6	7	Bronze dur pour coussinets. Cité par Haswell.
58	28	14	Alliage de Margraff. Cité par Thurston.
57	14	29	Cité par Hiorns, pour arbres d'hélices.
56	28	16	Alliage de Fenton. Cité par Thurston.
6	14	80	Alliage de Fenton. Cité par Hiorns et Thurston, pour coussinets de locomotives et de wagons.
5,5	17,5	77	Cité par Ledebur, pour arbres de couche à rotation rapide.
1,60	98,23	»	Métal antifriction. Analysé par Dudley.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Alliages divers.

Cuivre.	Étain.	Plomb.	Zinc.	Fer.	Antimoine.	Phosphore.	RÉFÉRENCES.
10	»	65	»	»	25	»	Coussinets de locomotives et tenders. Compagnie de l'Est.
74	9,5	7	9,5	»	»	»	Cité par Thurston et Ledebur. Coussinets de locomotives.
79	8	8	5	»	»	»	Cité par Bolley et Ledebur, pour coussinets de machines.
5	»	»	85	»	10	»	Cité par Ledebur.
8,3	7,6	3	83,3	»	3,8	»	Bronze blanc de Beugnot, employé en France dans les constructions navales. Cité par Ledebur, comme métal de Pierrot.
5,6	17,5	0,7	76,2	»	»	»	Bronze blanc, employé pour machines marines.
1,6	46	»	52	»	0,4	»	Métal de Dunnlevic et Jones.
4	19	5	60	»	3	»	Métal de Babbitt. Cité par Ledebur.
»	15	25	50	»	»	»	Métal de Kniess. Cité par Ledebur.
5	32	60	»	»	3	»	Employé par les chemins de fer de l'Ouest, pour garnitures de tiges de pistons et d'excentriques.
4	73	7	»	»	12	Cuivre phosphoré. 4	Garnitures de coussinets et colliers d'excentriques. Compagnie de l'Ouest.
70,20	4,25	14,75	10,20	0,55	»	»	Métal Camélia. Analysé par Dudley.
4,01	9,91	1,15	85,57	»	»	»	Métal antifriction de Salge. Analysé par Dudley.
75,47	9,72	14,57	»	»	»	»	Carbone-bronze. Analysé par Dudley.
77,83	9,60	12,40	»	»	»	»	Bronze de Cornouailles. Analysé par Dudley.
92,39	2,37	5,10	»	0,10	»	»	Métal Delta. Analysé par Dudley.
»	»	83,55	»	»	16,45	»	Métal magnolia. Analysé par Dudley.
»	»	78,44	0,98	0,65	19,60	»	Bronze antifriction américain. Analysé par Dudley.
59	2,16	0,31	38,40	0,11	»	»	Bronze Tobin. Analysé par Dudley.
78,50	9,20	15,06	»	»	»	»	Bronze Graney. Analysé par Dudley.
76,41	10,60	12,52	»	»	»	»	Bronze Damar. Analysé par Dudley.
90,52	9,58	»	»	»	»	»	Bronze manganèse. Analysé par Dudley.
81,24	10,98	7,27	»	»	»	0,37	Bronze Ajax. Analysé par Dudley.
55,73	0,97	»	42,67	0,68	»	»	Bronze Harrington. Analysé par Dudley.
»	»	84,33	»	0,61	14,38	»	Métal pour coussinets de wagons. Dudley.
79,17	10,22	9,61	»	»	»	0,94	Phosphore-bronze. Analysé par Dudley.
76,80	8	15	»	»	»	0,20	B. métal. Coussinets de wagons du Pensylvania Railroad.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Alliages de plomb, d'étain et d'antimoine.

PLOMB.	ÉTAIN.	ANTIMOINE.	RÉFÉRENCES.
94	»	6	Alliage analysé par Dudley.
88	»	12	Alliage analysé par Dudley.
85	»	15	Cité par Hiorns, comme alliage doux. Cité par Dudley.
84	»	16	Cité par Ledebur, pour poulies à rotation lente.
80	12	8	Employé aux chemins de fer de l'Est, pour garnitures métalliques.
77,7	5,9	16,8	Cité par Thurston, comme composition du Magnolia et du Tandem.
76	14	10	Employé pour garnitures métalliques. Compagnies d'Orléans et P.-L.-M.
73	12	15	Garnitures métalliques de tiges de piston. Compagnie du Nord.
70	20	10	Garnitures de colliers d'excentrique. Chemins de fer de l'État.
68	15	17	Métal graphite (?), analysé par Dudley.
60	20	20	Cité par Ledebur, pour coussinets de chemins de fer.
42	46	12	Cité par Hiorns. Métal de Hoyles.
42	42	16	Cité par Ledebur. Coussinets de boîtes d'essieu. Chemins de fer de l'État français.
40	45	15	Cité par Ledebur.
37	38	25	Cité par Thurston. Compagnies de chemins de fer italiens.

L'examen des tableaux qui précèdent montre quelle incertitude règne encore sur la nature du métal à coussinets qu'il convient d'adopter et suffit à justifier une étude sur ce sujet.

II

Pour déterminer les qualités qu'il convient de rechercher dans un alliage anti-friction, il est bon de revenir un peu sur les données connues relativement au frottement.

Il semble généralement admis que lorsqu'un tourillon est bien ajusté et bien graissé, le frottement est sensiblement le même quels que soient les métaux en contact, et dépend uniquement de la nature du lubrifiant. Cela tient à ce qu'il se produit une couche d'huile continue entre le tourillon et le coussinet, et que le frottement se fait alors entre solide et liquide; diverses expériences ont mis ce résultat en évidence, notamment celles de M. Beauchamp-Tower, que le professeur Osborne Reynolds a pu interpréter d'une façon complète en appliquant à la couche d'huile les équations de l'hydrodynamique. Si donc l'on avait des tourillons exactement ajustés et toujours parfaitement graissés, il y aurait peu d'intérêt à employer pour les coussinets un métal ou un autre. C'est dans le cas

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

d'un fonctionnement anormal que la nature du métal intervient, et il semble établi que les accidents connus sous le nom de chauffage et de grippement sont beaucoup moins fréquents, toutes choses égales d'ailleurs, quand le coussinet est constitué par un alliage convenablement choisi.

Les expériences effectuées par G. Rennie dès 1820, et publiées dans les *Philosophical transactions*, ont notablement éclairci ce phénomène. Rennie étudiait le frottement qui se produit entre deux corps, appliqués l'un sur l'autre par des pressions graduellement croissantes. Il a trouvé qu'au début, pour les faibles charges, le coefficient de frottement est sensiblement constant; le frottement croît donc à peu près proportionnellement à la pression, suivant la loi de Coulomb. Puis, à partir d'une certaine charge, le coefficient de frottement augmente assez rapidement; les surfaces en contact se rodent, s'échauffent alors considérablement et finissent par gripper, ce qui correspond à une augmentation brusque et très grande du coefficient de frottement.

La charge pour laquelle le rodage commence est d'autant plus grande, en général, que les corps sont plus durs; le coefficient de frottement, d'autre part, est en général d'autant plus petit que les corps sont plus durs. Ce résultat, obtenu expérimentalement par G. Rennie, a été retrouvé, dans une ingénieuse théorie par M. Mallard, qui l'a appliqué notamment à expliquer les relations des faces de clivage dans les cristaux avec les variations de la dureté. Donc, pour diminuer le frottement, comme pour éviter le grippement, il faut employer des corps durs pour les surfaces frottantes; c'est en partant de là que l'on a utilisé pour les coussinets de machines des bronzes phosphoreux et très riches en étain, et que, depuis quelque temps, on a même essayé des coussinets en verre.

Mais l'emploi des corps durs permettra seulement de remédier à un défaut de graissage et suppose que les surfaces en contact sont régulières de façon que la charge soit également répartie et non concentrée en certains points. En pratique, il n'en sera pas ainsi; si on place un axe dans un coussinet neuf, le contact entre ces deux pièces n'aura lieu que sur un petit nombre de points. Si ce métal est dur et ne cède pas, la pression par centimètre carré deviendra considérable en ces points et pourra amener le chauffage et le grippement, quelle que soit la nature du métal; pour éviter cet inconvénient, il faut donc que le métal du coussinet ait une certaine plasticité et se moule sur l'arbre de façon à augmenter la surface de contact. Cela n'est d'ailleurs pas seulement nécessaire au début de l'emploi d'un coussinet, car ce coussinet s'use constamment et irrégulièrement, même s'il est bien graissé, probablement sous l'action des poussières en suspension dans l'huile, et il faut qu'à chaque instant, la plasticité du métal puisse rétablir le contact avec l'arbre. Dans un coussinet de voiture par exemple, l'usure se fait d'une façon dissymétrique, et un coussinet parfaitement rodé pour

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

une certaine direction de roulement doit subir une déformation si on change le sens du roulement.

La plasticité du métal à coussinets intervient également dans les machines qui comportent plusieurs coussinets pour un même arbre, en produisant automatiquement un ajustage parfait bien difficile à réaliser dans le montage. C'est pour cette raison que certaines machines qui ne pouvaient fonctionner avec des coussinets en bronze ont marché d'une façon satisfaisante dès qu'on y eut adapté des coussinets en métal blanc.

On est donc conduit à rechercher pour les alliages destinés à la confection des coussinets et des pièces frottantes deux caractères, en apparence contradictoires, la plasticité et la dureté. Le moyen qui permet de réaliser simultanément ces deux caractères consiste à employer des métaux formés de grains durs englobés dans un alliage plastique. C'est d'ailleurs ce résultat auquel on est arrivé empiriquement, car, ainsi que nous le verrons plus loin, la plupart des alliages couramment adoptés présentent cette constitution spéciale.

On voit d'après cela à quels essais on pourra procéder pour examiner un alliage pour coussinets; la plasticité pourra être définie par un essai à la compression; elle devra être suffisante pour permettre au coussinet de se mouler sur l'arbre et ne pas dépasser une certaine limite pour que le coussinet ne se déforme pas d'une façon continue sous l'influence de la charge qu'il doit supporter; l'essai de compression permettra de voir en même temps si l'alliage est brisant, ce qui serait un grave défaut.

La nature des constituants sera définie par l'examen microscopique; la constitution spéciale des alliages pour pièces frottantes correspond à un caractère micrographique très net; en polissant ces alliages sur un support élastique, on devra creuser les parties molles et laisser les parties dures en relief; les alliages pour coussinets doivent donc avoir une texture qui devient visible par simple polissage. Des essais d'usure et de frottement pourront servir à caractériser le rôle des constituants durs.

Nous indiquerons en détail les procédés suivis pour ces essais dans le chapitre suivant, en prenant comme exemple les alliages de plomb et d'antimoine, alliages binaires qui correspondent parfaitement aux conditions requises.

Sachant quelle est la constitution à demander pour un alliage antifriction, on peut se proposer de prévoir, d'après les idées théoriques sur la constitution des alliages, quels sont les groupes de métaux les plus intéressants à examiner; nous avons été conduits ainsi à étudier la constitution des alliages ternaires, qu'un exemple particulièrement simple, celui des alliages de plomb, d'étain et de bismuth permet de concevoir assez clairement. Enfin nous indiquerons ensuite les résultats obtenus, par les moyens qu'on vient d'indiquer, sur quelques groupes de métaux qui comprennent la plupart des alliages usuels.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

III

ALLIAGES DE PLOMB ET D'ANTIMOINE

La constitution des alliages de plomb et d'antimoine a déjà été indiquée dans l'étude sur la fusibilité des alliages métalliques de M. H. Gautier et dans notre étude microscopique des alliages métalliques (1). Nous rappellerons brièvement ces résultats.

La courbe de fusibilité des alliages de plomb et d'antimoine comprend deux branches partant des points de fusion du plomb et de l'antimoine (325° et 326°), et se coupant en un point qui correspond à une température de 182° et à un alliage contenant 13 p. 100 d'antimoine et 87 p. 100 de plomb (alliage eutectique). L'alliage eutectique est formé par la juxtaposition de lamelles très fines de plomb et d'antimoine, ces deux corps se déposant simultanément pendant la solidification.

Les alliages contenant moins de 13 p. 100 d'antimoine sont formés par des cristallites de plomb, englobés dans une proportion d'alliage eutectique d'autant plus faible que la proportion de plomb est plus forte. Les alliages contenant plus de 13 p. 100 d'antimoine sont formés par des grains d'antimoine englobés dans une quantité d'alliage eutectique qui diminue à mesure que la proportion d'antimoine augmente.

Cette constitution, que la théorie permettait de déduire de la forme de la courbe de fusibilité, a pu être rendue nettement apparente par l'examen microscopique. Nous reproduisons ici les figures déjà données dans le mémoire sur l'étude microscopique des alliages métalliques et qui représentent, au grossissement de 200 diamètres, l'aspect d'alliages contenant 20, 40 et 70 p. 100 d'antimoine après un polissage qui fait apparaître en relief les grains durs d'antimoine (fig. 1, 2 et 3).

Pour étudier la résistance à la compression de ces alliages, on employait des éprouvettes à section carrée de 10 millimètres de côté et de 15 millimètres de hauteur. Le métal était coulé dans une petite lingotière spéciale en bronze, formée de deux parties réunies par un collier et présentant une section carrée de 10 millimètres de côté sur 60 millimètres de hauteur. On utilisait seulement la partie inférieure des lingots ainsi obtenus. On sciait à la partie inférieure une plaquette destinée à l'examen micrographique et aux essais d'usure, et on prenait au-dessus l'éprouvette de compression.

(1) *Bulletin de la Société d'Encouragement*, H. Gautier. Étude sur la fusibilité des alliages métalliques, octobre 1896. — G. Charpy. Étude microscopique des alliages métalliques, mars 1897.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Cette éprouvette de compression était ensuite soumise à une pression graduellement croissante en enregistrant, à chaque instant, l'écrasement produit, amplifié dans le rapport de 10 à 1.

Les diagrammes de compression que l'on obtient ainsi avec différents alliages se rapportent à deux types distincts qui sont reproduits dans la figure 4. Dans le diagramme numéroté 1, l'écrasement augmente d'une façon continue avec la pression, lentement d'abord jusqu'au point A, puis beaucoup plus rapidement à partir de ce point. Pour résumer numériquement l'allure de ces diagrammes, nous avons noté, pour chaque alliage, la charge correspondant au point A, en mesurant la charge pour laquelle la déformation permanente atteignait $0^{mm},2$.

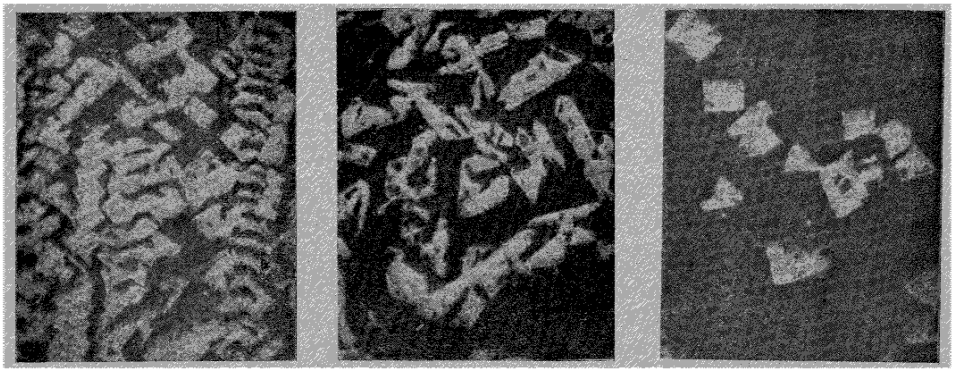


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

Alliage *plomb-antimoine* à 70, 40 et 20 p. 100 d'antimoine après simple polissage. Grossissement 200.

Nous avons relevé également la charge pour laquelle l'éprouvette de compression était réduite à la moitié de sa hauteur primitive.

Dans le diagramme numéroté 2, l'allure est au début la même que dans le diagramme 1, mais, à partir d'un certain point B, la déformation augmente brusquement sans que la charge varie. Cela indique que l'alliage se brise en fragments. Ce deuxième type de diagramme correspond donc aux alliages brisants ou fragiles.

La figure 5 reproduit les diagrammes de compression obtenus sur les alliages de plomb et d'antimoine. Les diagrammes numérotés 1, 2 et 3 correspondent au plomb pur et aux alliages contenant 10 et 20 p. 100 d'antimoine; ils appartiennent au premier type. Les diagrammes numérotés 4, 5, 6, 7 et 8 correspondent aux alliages contenant respectivement 30, 50, 60, 70 p. 100 d'antimoine et à l'antimoine pur; ils appartiennent au second type. Ces derniers alliages se brisent en fragments quand on les comprime tandis que les alliages 1, 2 et 3 s aplatissent indéfiniment.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le tableau suivant donne les valeurs des résistances à la compression relevées sur ces diagrammes.

COMPOSITION de L'ALLIAGE.	CHARGE CORRESPONDANT à un écrasement permanent de $0^{mm},2$.	CHARGE CORRESPONDANT à un écrasement permanent de $7^{mm},5$.	OBSERVATIONS.
	kil.	kil.	kil.
Pb pur.	100	500	»
Pb + 10 p. 100 Sb.	650	1 300	»
Pb + 17,5 p. 100 Sb.	650	1 450	»
Pb + 20 p. 100 Sb.	760	»	brisé à 1 250
Pb + 30 — —	770	»	brisé à 1 400
Pb + 33 — —	800	»	brisé à 1 400
Pb + 50 — —	950	»	brisé à 1 475
Pb + 60 — —	1 060	»	brisé à 1 600
Pb + 90 — —	1 300	»	brisé à 1 700
Sb pur.	»	»	brisé à 1 450 sans déformation appréciable.

On voit que la résistance à la compression augmente d'abord rapidement avec la proportion d'antimoine, varie très peu quand la proportion d'antimoine

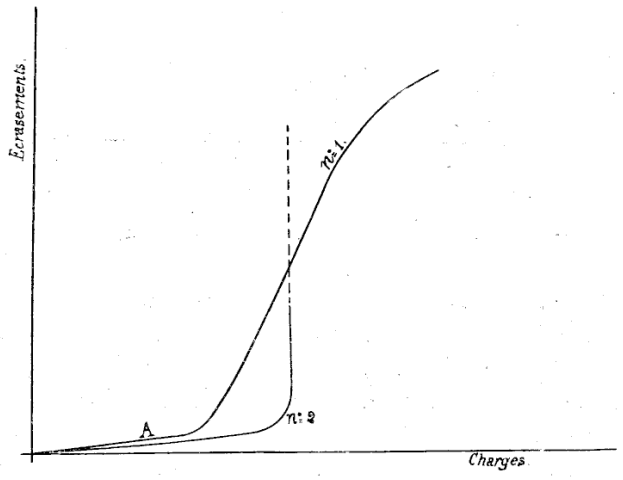


Fig. 4.

va de 10 à 30 p. 100 environ, et augmente ensuite régulièrement. Ce résultat s'accorde bien avec ce que nous savons sur la constitution de ces alliages :

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les alliages riches en plomb contiennent des cristallites de plomb très plastiques, et leur résistance est à peu près proportionnelle à la quantité d'alliage eutectique qu'ils renferment. Quand on dépasse la teneur en antimoine qui correspond à l'alliage eutectique, on a des alliages contenant des grains isolés durs d'antimoine qui, au moins au début de la compression, transmettent simplement, sans se déformer, la charge qu'ils reçoivent à l'alliage eutectique placé en des-

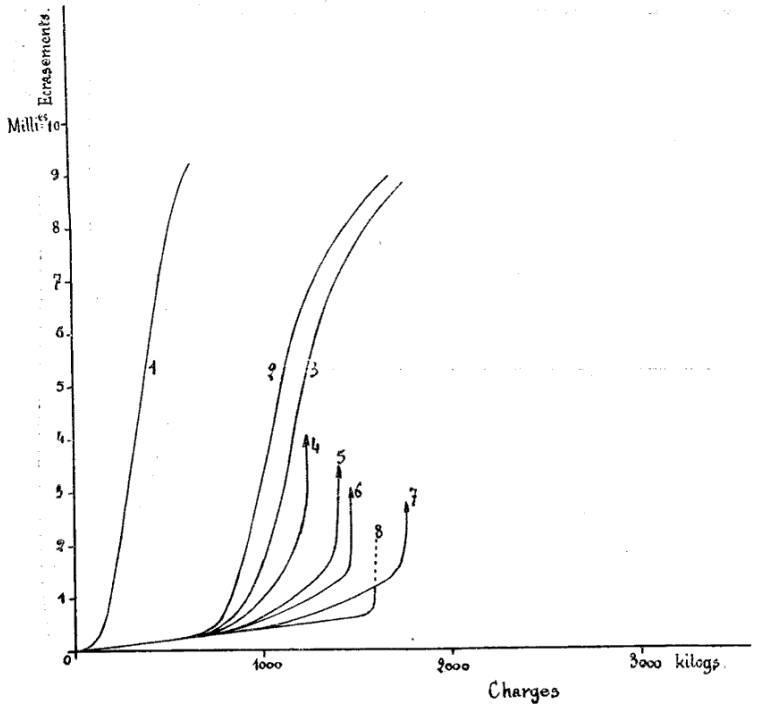


Fig. 5. — Diagrammes de compression des alliages de plomb et d'antimoine.

sous d'eux. On conçoit donc que la résistance reste sensiblement égale à celle de l'alliage eutectique, tant que les grains d'antimoine restent isolés les uns des autres. Quand la proportion d'antimoine dépasse 30 p. 100, les grains durs arrivent à se toucher et à former un réseau continu au moins dans certaines parties; ils supportent alors réellement une partie de la charge, et la résistance augmente; mais comme les grains d'antimoine ne présentent aucune plasticité, ils se brisent dès que la charge atteint une certaine valeur, et l'alliage se désagrège alors en fragments, d'autant plus brusquement que la proportion d'alliage eutectique plastique est plus faible.

Nous avons cherché à comparer les frottements développés par ces différents

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

alliages au moyen d'un appareil étudié antérieurement par M. H. Le Chatelier, qui a bien voulu le mettre à notre disposition. Cet appareil, représenté schématiquement dans la figure 6, comprend un disque horizontal D en fonte qui peut être animé d'un mouvement de rotation autour d'un axe perpendiculaire à son plan au moyen d'un système d'engrenages coniques. Sur ce disque, on place un fragment *a* de l'alliage à étudier sur lequel on applique une charge connue au moyen d'un levier *l* qui supporte un poids P. Ce levier est mobile autour de l'axe de rotation du disque et il est rappelé dans une position constante par un ressort R. On conçoit que lorsqu'on mettra le disque en mouvement, le levier se déplacera horizontalement en déformant le ressort et tournera d'un angle d'autant plus grand que le frottement développé entre la fonte et l'alliage sera plus considérable. Dans les expériences que nous avons effectuées avec cet appareil, le disque, mis en mouvement par un moteur électrique, tournait à raison

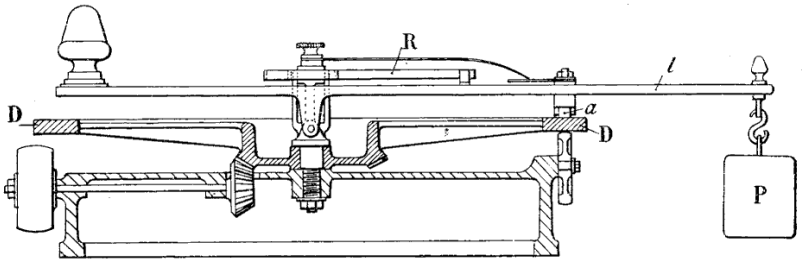


Fig. 6. — Appareil pour essai des alliages à l'usure et au frottement.

de 150 tours par minute environ; l'alliage essayé était en contact avec le disque par une surface de 1 centimètre carré placée à 30 centimètres de l'axe de rotation et supportait une charge de 10 à 15 kilogrammes suivant les cas.

Les indications fournies par ces essais sont peu nettes; il est très difficile d'opérer de façon que le levier reste parfaitement immobile, et ce n'est que par la comparaison de diverses expériences qu'on peut déduire quelques conclusions. Quand on graisse le disque avec une quantité d'huile suffisante, il est impossible d'apprécier la moindre différence entre les alliages les plus mous et les plus durs. Quand on supprime le graissage, la différence apparaît, mais le fonctionnement devient trop irrégulier pour qu'on puisse en déduire des résultats numériques. Nous devons donc nous borner à signaler ce fait, que le coefficient de frottement fourni par les alliages durs est plus petit que celui qui correspond aux alliages mous. Entre le plomb antimonié à 20 p. 100 et l'antimoine pur, la différence est d'environ 25 p. 100 de la valeur du coefficient de frottement. Le plomb pur donne un frottement beaucoup plus grand, mais cela tient surtout à ce qu'il se produit facilement une sorte de grippement; des parcelles de plomb

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

s'attachent à la surface de la fonte, et on arrive alors à faire frotter le plomb sur le plomb et non sur la fonte.

Nous avons essayé avec le même appareil de comparer la résistance à l'usure des différents alliages. Pour obtenir des usures appréciables et ne pas trop s'éloigner des conditions de la pratique, on graissait le disque avec de l'huile contenant en suspension un peu de potée d'émeri. Le tableau suivant donne les résultats obtenus de cette manière avec les alliages de plomb et d'antimoine, disque tournant à 150 tours par minute, charge : 10 kilogr. par centimètre carré.

COMPOSITION DE L'ALLIAGE.	PERTE DE POIDS PAR CENTIMÈTRE CARRÉ après 20 minutes de frottement.
	grammes.
Pb pur	0,008
Pb + 20 p. 100 Sb	0,180
Pb + 30 — —	0,328
Pb + 40 — —	0,404
Pb + 50 — —	0,588
Pb + 60 — —	0,700
Sb pur	1,160

On voit que l'usure augmente assez régulièrement avec la proportion d'antimoine, ce qui semble indiquer qu'elle se produit par éclatement et clivage des grains durs.

D'après les essais qu'on vient de rapporter, on voit que les seuls alliages de plomb et d'antimoine que l'on puisse utiliser pratiquement comme antifriction sont ceux qui contiennent de 15 à 25 p. 100 d'antimoine environ; les alliages plus riches en plomb sont trop mous et ont une tendance au grippement; les alliages plus riches en antimoine deviennent fragiles et risquent de se briser sous une charge un peu considérable.

Dans tous les alliages utilisés comme antifriction, on devra de même chercher à avoir des grains durs qui diminuent le frottement et la tendance au grippement, mais dans une proportion assez faible pour que le métal ne devienne pas fragile, et choisir les constituants de façon que l'alliage eutectique qui soude ces grains présente une résistance et une plasticité convenables. Les alliages complexes offrent pour cela beaucoup plus de ressources que les alliages binaires et c'est pourquoi l'on a recours en général à des groupes de trois métaux au moins; nous ne considérerons ici que les alliages ternaires, qui conduisent

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

d'ailleurs à des solutions très satisfaisantes, et laisserons de côté les alliages plus complexes dont l'étude systématique nécessiterait un nombre énorme d'expériences.

IV

ALLIAGES DE PLOMB, D'ÉTAIN ET DE BISMUTH

La constitution des alliages binaires est indiquée par plusieurs procédés, mais surtout par l'aspect des courbes de fusibilité qui permettent d'appliquer aux alliages les théories établies et vérifiées à propos des solutions. Dans le cas des alliages ternaires, c'est encore l'étude de la fusibilité qui donnera le plus de renseignements utiles, l'étude microscopique permettant, comme dans le cas des alliages binaires, de contrôler ces indications.

Il faut d'abord indiquer quel est le mode de représentation graphique qui permettra d'interpréter les résultats d'expérience. La composition d'un alliage ternaire peut être représentée au moyen du diagramme triangulaire, déjà utilisé par Thurston, Roozeboom, etc. Soit un triangle équilatéral A B C (fig. 7). Considérons un point M à l'intérieur, la somme des distances de ce point aux trois côtés du triangle, $Ma + Mb + Mc$ est constante et égale à la hauteur du triangle. On convient que chaque sommet correspond à un des métaux constituants de l'alliage, et que le point M représente l'alliage qui contient des proportions de chaque métal représentées par les distances de ce point aux côtés du triangle. Ainsi Ma représentera la proportion de A ; Mb, la proportion de B ; Mc la proportion de C. La somme constante $Ma + Mb + Mc$ sera prise égale à 100.

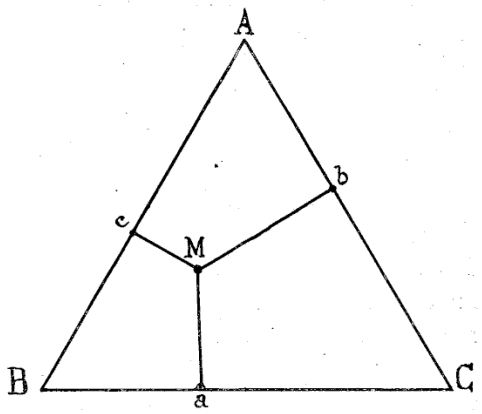


Fig. 7.

De cette façon, la composition de chaque alliage ternaire correspond à un point placé à l'intérieur du triangle ABC ; les points situés sur les côtés correspondent aux alliages binaires ; les sommets correspondent aux métaux purs.

Pour représenter la variation d'une propriété quelconque, la fusibilité par exemple, on élève en chaque point du triangle une perpendiculaire à son plan, et on porte sur cette perpendiculaire une hauteur proportionnelle à la tempéra-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ture de fusibilité de l'alliage dont la composition est représentée par le pied de la perpendiculaire. Le lieu de ces points est la surface de fusibilité qui correspond aux courbes de fusibilité des alliages binaires. Nous avons cherché à déterminer cette surface de fusibilité pour les alliages de plomb, d'étain et de bismuth. Ces alliages correspondent au cas le plus simple que l'on puisse rencontrer; les métaux constituants sont miscibles en toutes proportions, ne peuvent former de solutions solides, ne donnent ni composés binaires ni composé ternaire.

La surface de fusibilité a été déterminée par points au moyen de 56 mesures qui sont résumées dans le tableau suivant (page 687) :

Au moyen de ces mesures, on a pu tracer, par interpolation graphique, les isothermes de la surface de fusibilité qui sont marquées sur la figure 8 en traits pointillés de 25° en 25°; la surface a été construite en plâtre; la figure 9 en reproduit l'aspect.

On voit que la surface de fusibilité des alliages plomb-étain-bismuth se compose de trois nappes qui se coupent suivant les lignes marquées en traits pleins, E_ε, E'_ε, E''_ε.

Les points E, E′, E″ correspondent respectivement aux alliages eutectiques binaires de plomb et de bismuth, de plomb et d'étain, d'étain et de bismuth. Le point ε correspond à l'alliage eutectique ternaire; il contient environ 32 p. 100 de plomb, 15,5 p. 100 d'étain, 52,5 p. 100 de bismuth et fond à 96°.

D'après les théories actuellement admises sur les solutions et la congélation des mélanges, et qu'il n'y a pas lieu de reproduire ici, cette forme de surface de fusibilité indique que, suivant la composition de l'alliage, il se sépare, au commencement de la solidification, soit de l'étain, soit du plomb, soit du bismuth, suivant que le point représentatif est situé sur l'une ou l'autre des nappes de la surface.

Les alliages dont la composition est représentée par des points situés sur la nappe $PbE_\varepsilon E'$ peuvent être, à l'état liquide, en équilibre avec le plomb solide; ils laisseront déposer du plomb au moment où ils commencent à se solidifier; de même, les alliages dont les points représentatifs sont sur les nappes $Bi\,E_\varepsilon\,E''$ et $Sn\,E'_\varepsilon\,E''$ laisseront déposer, respectivement, du bismuth et de l'étain au moment où ils commenceront à se solidifier.

Les alliages dont les points représentatifs sont sur la ligne E'_ε peuvent être, à l'état liquide, en équilibre avec le plomb et l'étain solides; au commencement de leur solidification, ils laisseront déposer à la fois du plomb et de l'étain ; de même les alliages dont les points représentatifs sont situés sur les lignes E_ε ou E''_ε laisseront déposer soit du plomb et du bismuth, soit de l'étain et du bismuth.

Enfin, l'alliage eutectique ternaire pourra être en équilibre, à l'état liquide, avec le plomb, l'étain et le bismuth solides, et laissera déposer à la fois ces trois métaux.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Températures de solidification des alliages de plomb, d'étain et de bismuth.

COMPOSITION.			TEMPÉRATURE de SOLIDIFICATION.
ÉTAIN.	PLOMB.	BISMUTH.	
			Degrés.
»	100	»	325
»	»	100	268
»	85	15	279
»	75	25	243
»	78	22	246
»	59,8	40,2	188
»	45	55	127
»	40	60	145
»	20	80	215
100	»	»	232
30	70	»	257
40,2	59,8	»	232
50	50	»	213
60	40	»	189
63,2	36,8	»	183
70	30	»	194
85	15	»	212
17,15	29,41	53,43	97
19,8	25,8	54,4	101
20,55	26,81	52,63	103
18,71	27,15	57	107
21,35	27,85	50,77	107
18,98	24,76	56,25	107
20,36	23,36	56,08	108
22,78	29,71	47,50	113
20,38	35,29	44,11	114
24,77	22,15	53,1	114
30,30	18,88	50,81	121
27,34	26,66	46	123
15	25	60	125
11,75	46	42,25	135
30,38	29,63	40	135
35,66	26,95	37,39	144
41	16	43	145
23,1	10,7	66,2	148
33	50	17	161
9,6	55,9	34,5	166
52,1	35,8	12,1	181
66,6	12,6	20,8	189
9.1	70,9	20	234
69,3	7,5	23,2	192
42,8	14,3	42,8	152
23,1	7,5	69,4	163
8	23	69	162
20	20	60	121
33,33	33,33	33,33	145
60	20	20	182
43	43	14	165
69	23	8	190
14	43	43	128
8	69	23	221
20	60	20	202
75	»	25	197
50	»	50	153
25	»	75	183

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Considérons maintenant un alliage dont le point représentatif soit situé en en A par exemple sur la nappe BiEε E″; chauffons-le de manière à l'amener à l'état liquide et laissons-le refroidir, quand la température atteint la valeur qui correspond à l'isotherme passant par le point A, soit dans le cas actuel 175°, la solidification commence, et il se sépare du bismuth solide. La composition de

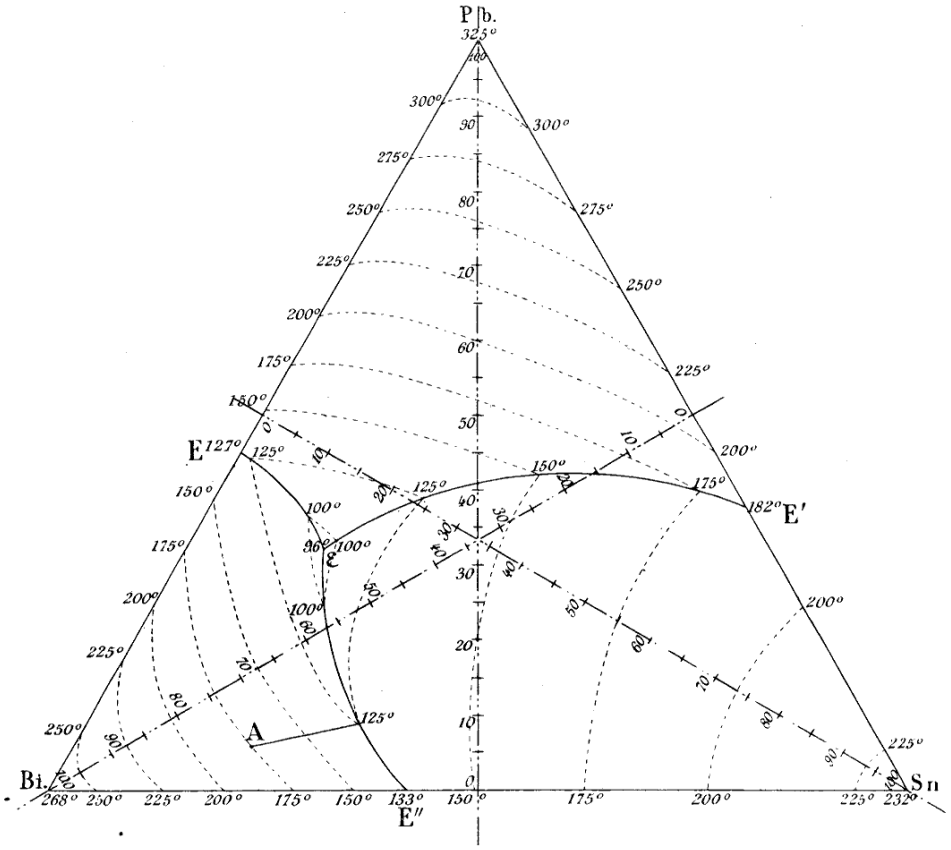


Fig. 8. — Surface de fusibilité des alliages de plomb, d'étain et de bismuth.
Les lignes pointillées sont les isothermes de la surface.

la partie liquide se modifie par suite, et à mesure que le bismuth se sépare, le point qui représente la composition de la partie liquide se déplace sur la ligne BiA, puisque les proportions relatives de plomb et d'étain ne changent pas. Le point représentatif arrive ainsi sur la ligne E″ε; à ce moment (la température étant ici de 125°) l'alliage laisse déposer à la fois du bismuth et de l'étain, et le point représentatif se déplace sur la ligne E″ε; quand il arrive en ε, la partie liquide a la composition de l'alliage eutectique ternaire et se solidifie à température constante en laissant déposer simultanément les trois métaux.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ces différentes périodes de la solidification sont faciles à constater quand on suit la marche du refroidissement, en notant la température à des intervalles de temps égaux. La courbe qui représente la variation de la température en fonction du temps, présente une forme parfaitement continue tant que l'alliage reste à l'état liquide. Au moment où une partie se sépare à l'état solide, la courbe présente un point anguleux et prend une nouvelle direction; un deuxième changement de direction se produit quand il se sépare deux métaux au lieu d'un; enfin la solidification de l'alliage eutectique, qui se fait à température constante, se traduit par un palier horizontal de la courbe de refroidissement.

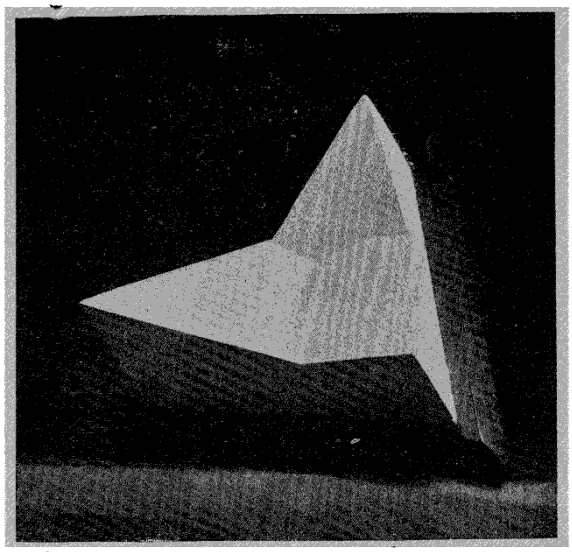


Fig. 9. — Surface de fusibilité des alliages de plomb, d'étain et de bismuth. Reproduction du modèle en relief.

Dans la figure 10, nous avons reproduit les courbes de refroidissement observées : 1° pour le bismuth pur dont la solidification se fait à la température sensiblement constante de A en a, à 268°; 2° pour l'alliage binaire contenant 81 p. 100 de bismuth et 19 p. 100 de plomb qui donne un changement de direction en A_1 correspondant au dépôt du bismuth solide et un palier B_1 b_1 correspondant à la solidification de l'alliage eutectique binaire à 127°; 3° pour l'alliage à 21 p. 100 de plomb, 5,5 p. 100 d'étain et 74,5 p. 100 de bismuth qui donne un premier changement de direction à 175°, en A_2, correspondant au dépôt du bismuth, un deuxième changement de direction en B_2, à 125°, correspondant au dépôt simultané du bismuth et de l'étain, et un palier horizontal $C_2 c_2$ à 96°, correspondant à la solidification de l'alliage eutectique ternaire.

L'examen microscopique des alliages permet également de suivre la marche

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

du phénomène et de contrôler les considérations qu'on vient de développer. Considérons par exemple l'alliage dont la composition est représentée par le point A. Si on examine au microscope une plaquette découpée dans cet alliage, polie et légèrement attaquée par l'acide chlorhydrique, on distingue facilement :

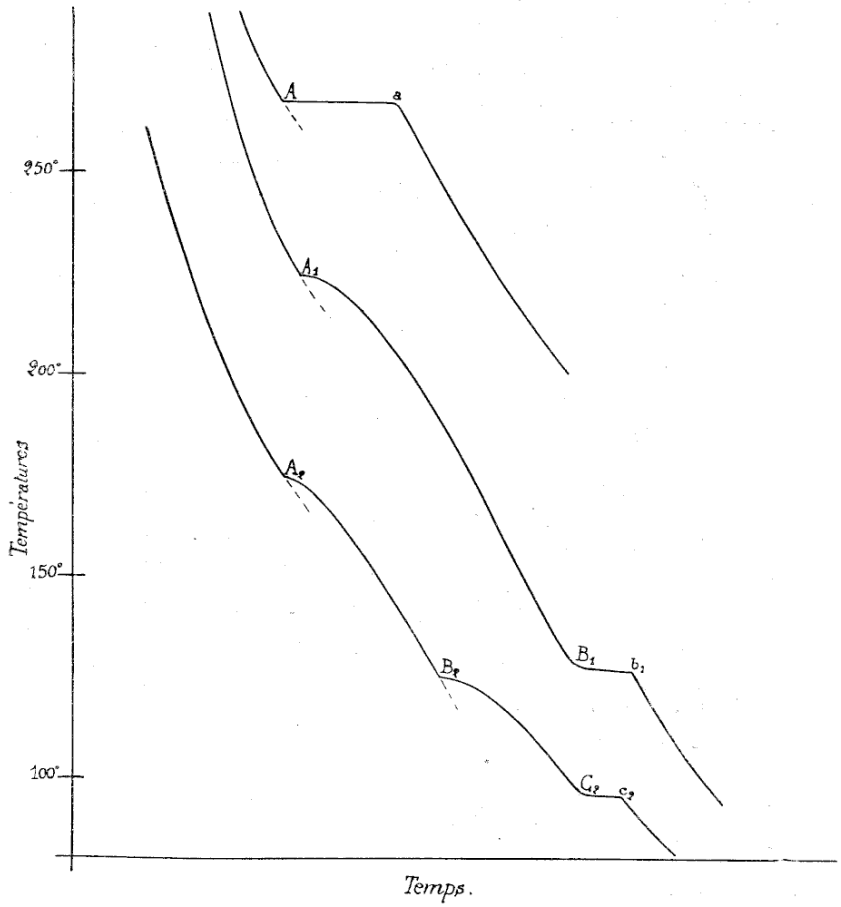


Fig. 10. — Courbes de refroidisssement d'un métal simple, d'un alliage binaire et d'un alliage ternaire.

1° de grandes tables de bismuth métallique, qui apparaissent en blanc sur la figure 11 (Planche I). Ce sont les grains de bismuth qui se sont séparés entre 175° et 125° ; 2° autour de chacun de ces grains de bismuth, une zone dans laquelle des fragments de bismuth alternent avec des fragments d'étain qui ont été creusés par l'acide chlorhydrique et paraissent noirs sur la photographie ; c'est le dépôt binaire qui s'est formé entre 125° et 96° quand le point représentatif s'est déplacé sur la ligne E''ε ; 3° enfin, soudant le tout, le mélange eutectique ternaire, qui

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

PLANCHE I

Fig. 11.

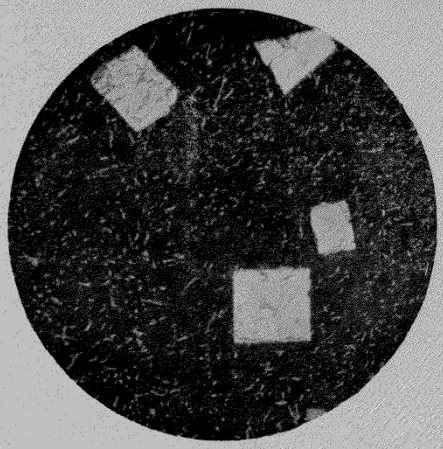


Fig. 13.

Fig. 15.

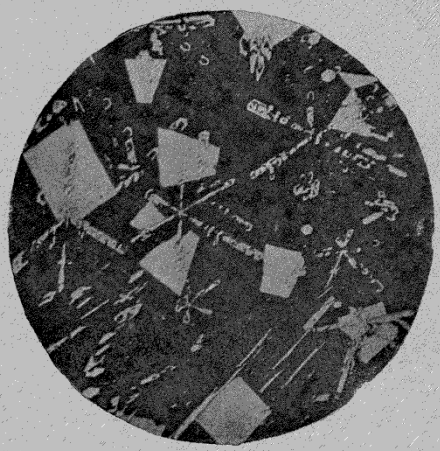


Fig. 14.

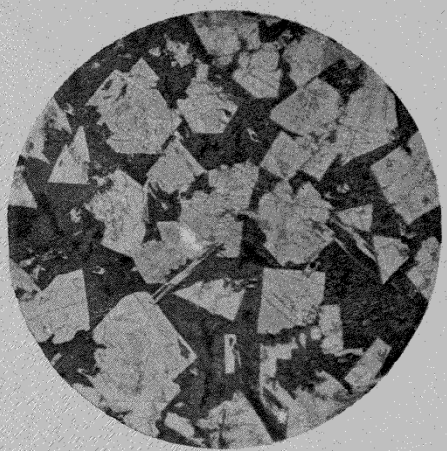


Fig. 16.

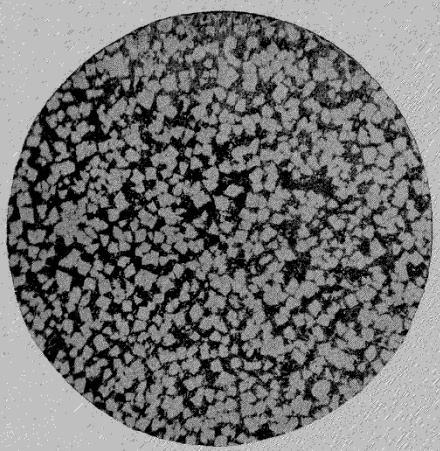


Fig. 17.

Fig. 11. — Microphotographie d'un alliage contenant 21 p. 100 de plomb, 5,5 p. 100 d'étain et 74,5 p. 100 de bismuth, montrant les trois phases successives de la solidification. — Fig. 13. — Microphotographie d'un alliage contenant 85 p. 100 d'étain, 12 p. 100 d'antimoine et 2 p. 100 de cuivre, montrant les cristaux cubiques de $SbSu$. — Fig. 14. — Microphotographie d'un alliage contenant 83,33 p. 100 d'étain, 11,11 p. 100 d'antimoine et 5,5 p. 100 de cuivre après simple polissage. Cristaux étoilés de $SbCu^3$. — Fig. 15. — Microphotographie de l'alliage représenté dans la figure 14 après attaque à l'acide chlorhydrique. Cristaux étoilés de $SuCu^3$ et cubes de $SbSu$. — Fig. 16 et 17. — Microphotographies d'alliages contenant 70 p. 100 d'étain, 25 p. 100 d'antimoine et 5 p. 100 de cuivre refroidis lentement ou rapidement.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

semble homogène aux faibles grossissements et paraît en noir sur la photographie mais dans lequel on distingue, aux forts grossissements, des grains brillants de bismuth, des grains d'étain creusés par l'acide, et des grains de plomb recouverts d'une couche de chlorure de plomb blanc au contact de l'acide. Les alliages de différentes compositions donnent des résultats de même nature.

D'après ce qui précède, on voit qu'on peut séparer les alliages ternaires d'étain et de bismuth en trois groupes suivant que c'est un ou l'autre des métaux qui se sépare au début de la solidification. Chacun de ces groupes se partage lui-même en deux autres suivant la nature du mélange binaire qui se dépose en second lieu. Par exemple, si l'on considère les alliages correspondant aux points situés sur la nappe $BiE_\varepsilon E$, on aura une constitution différente suivant que le point représentatif sera situé sur $Bi\,E_\varepsilon$ ou sur $Bi\,E_\varepsilon$. Sur $Bi\,E''_\varepsilon$, les grains de bismuth déposés en premier lieu seront entourés par une zone dans lesquelles il y aura du plomb et du bismuth; sur $Bi\,E''_\varepsilon$, cette deuxième zone contiendra du bismuth et de l'étain. Comme termes de transition, les alliages dont les points représentatifs sont situés sur la ligne Bi_ε seront constitués par des grains de bismuth directement englobés dans l'alliage eutectique ternaire.

La constitution des alliages de plomb, d'étain et de bismuth est la plus simple que puissent présenter des alliages ternaires, mais on pourra ramener à ce cas la plupart de ceux pour lesquels les métaux forment seulement des composés binaires et ne donnent ni composés ternaires, ni solutions solides ou mélanges isomorphes. Si par exemple on considère les alliages de cuivre, d'antimoine et d'étain, dans lesquels on rencontrera les composés binaires $Sb\,Cu^2$ et $Sn\,Cu^3$, on pourra imaginer que les alliages les plus riches en cuivre sont formés non pas de cuivre, d'étain ou d'antimoine, mais de cuivre, de $Sb\,Cu$ et de $Sn\,Cu^3$, et on retombera sur le cas précédent, pourvu qu'il ne se forme pas de composé ternaire des trois métaux.

La détermination des surfaces de fusibilité est le seul moyen qui permette d'élucider complètement la constitution des alliages ternaires; mais cette détermination, assez longue déjà dans le cas très simple que nous venons d'examiner, aurait nécessité, pour les groupements plus complexes que présentent les alliages ordinairement employés comme antifriction, un nombre énorme d'expériences. Heureusement, l'examen microscopique des alliages permet, la plupart du temps, de se faire une idée suffisamment exacte de leur constitution et c'est à ce procédé que nous aurons recours.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

V

ALLIAGES D'ÉTAIN, DE CUIVRE ET D'ANTIMOINE

Les alliages d'étain, d'antimoine et de cuivre utilisés comme antifriction contiennent toujours une forte proportion d'étain; nous avons examiné seulement les alliages contenant plus de 50 p. 100 d'étain.

Les alliages binaires d'étain et d'antimoine, et ceux d'étain et de cuivre, ont déjà été étudiés dans notre Étude microscopique des alliages métalliques. Rappelons que l'étain allié avec une proportion d'antimoine variant de 10 p. 100 à 40 p. 100 environ présente, après solidification, des cubes très bien formés d'un composé d'antimoine et d'étain répondant à la formule Sb Sn. Ces cristaux de forme cubique sont en proportion d'autant plus grande que la teneur en antimoine est plus forte; ils sont durs, mais beaucoup moins que les cristaux d'antimoine pur; ils sont aussi moins cassants. Le polissage sur une peau de chamois ne les fait pas apparaître nettement; ils se détachent avec la plus grande netteté, brillants sur fond noir, après une attaque à l'acide chlorhydrique faible. Le métal mou qui les enveloppe ne semble pas avoir l'apparence ordinaire des alliages eutectiques; d'ailleurs la forme de la courbe de fusibilité qui est ascendante à partir du point de fusion de l'étain indique qu'au début de la solidification des alliages riches en étain, il ne se sépare pas de l'étain pur.

Les alliages de cuivre et d'étain contenant de 5 à 50 p. 100 de cuivre sont formés par des cristaux durs d'un composé défini répondant probablement à la formule $Sn\,Cu^3$, englobés dans un alliage eutectique formé de Sn et de $Sn\,Cu^3$. Le composé $Sn\,Cu^3$ cristallise en aiguilles qui tendent à se grouper de façon à former des étoiles à six branches; ces aiguilles sont très dures et apparaissent facilement en relief, par simple polissage sur la peau de chamois; une légère attaque à l'acide chlorhydrique étendu leur donne plus de netteté.

Dans les alliages ternaires d'étain, de cuivre et d'antimoine, à forte teneur en étain, on retrouve ces deux groupes de cristaux que montrent les alliages binaires, et on n'en distingue aucun appartenant à d'autres espèces; il est donc probable qu'il ne se forme pas de composé ternaire des trois métaux et que ces alliages peuvent être considérés comme formés de Sn, de $Sn\,Cu^3$ et de $Sb\,Cu^2$.

Nous avons préparé et examiné vingt alliages de cette série, tant au point de vue de la structure microsopique que la résistance à la compression. Le tableau suivant donne la composition de ces différents alliages ainsi que les

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

charges relevées sur les diagrammes de compression et correspondant à des écrasements de $0^{mm},2$, ou de $7^{mm},5$.

NUMÉRO de L'ALLIAGE.	COMPOSITION.			CHARGE DONNANT UN ÉCRASEMENT de $0^{mm},2$.	CHARGE DONNANT UN ÉCRASEMENT de $7^{mm},5$.
	ÉTAIN.	CUIVRE.	ANTIMOINE.		
1	50	50	»	Se brise sans déformat.	»
2	66	34	»	$2\,810^{kil}$	brisé.
3	75	25	»	2 000	brisé.
4	83	17	»	1 325	2 000 ×
5	88	12	»	550	1 550
6	75	8	17	2 075	brisé.
7	88	4	8	875	2 258
8	50	25	25	3 760	brisé.
9	66	17	17	2 780	brisé.
10	75	12,5	12,5	1 730	brisé.
11	83	8,5	8,5	1 200	2 550
12	88	6	6	980	2 500
13	75	17	8	1 780	2 550 ×
14	83	11,5	5,5	1 330	2 750
15	88	8	4	1 000	2 475
16	50	»	50	2 220	brisé.
17	66	»	34	1 790	brisé.
18	75	»	25	1 500	2 600 ×
19	83	»	17	1 000	2 650
20	88	»	12	600	2 150

Les résultats relatifs à la compression sont interprétés graphiquement dans la figure 12. Sur cette figure, on a reproduit la partie du diagramme triangulaire qui correspond aux alliages contenant plus de 50 p. 100 d'étain. Les points entourés d'un cercle sont les points représentatifs des alliages étudiés. Les courbes tracées en traits pleins sont les courbes de niveau de la surface qui représenterait la charge produisant un écrasement de $0^{mm},2$ pour les alliages de différentes compositions.

Les alliages nos 1, 2, 3, 6, 8, 9, 16, 17 se sont brisés nettement dans les premiers instants de la compression; les alliages nos 4, 10, 13, 18 ont donné des diagrammes de compression dont la forme indique qu'il s'est produit des fissures internes avant d'arriver à l'écrasement de $7^{mm},5$. Tous ces alliages sont donc trop durs et on peut admettre que la droite pointillée MN limite la région dans laquelle se trouvent les alliages utilisables si l'on veut éviter toute fragilité.

L'examen microscopique ne fait ressortir l'existence d'aucun constituant autre que les aiguilles dures de $Sn\,Cu^3$ et les cubes de Sb Sn. Il est donc vrai-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

semblable qu'il ne se forme pas de composé ternaire et que la constitution des alliages d'étain, de Sn Cu^3 et de Sb Sn, se rapproche de celle des alliages de plomb, d'étain et de bismuth. Les dépôts successifs ne sont pas aussi nettement visibles, surtout dans les alliages coulés et aussi par suite de la tendance des deux composés à cristalliser suivant des formes très différentes et qui se juxta-

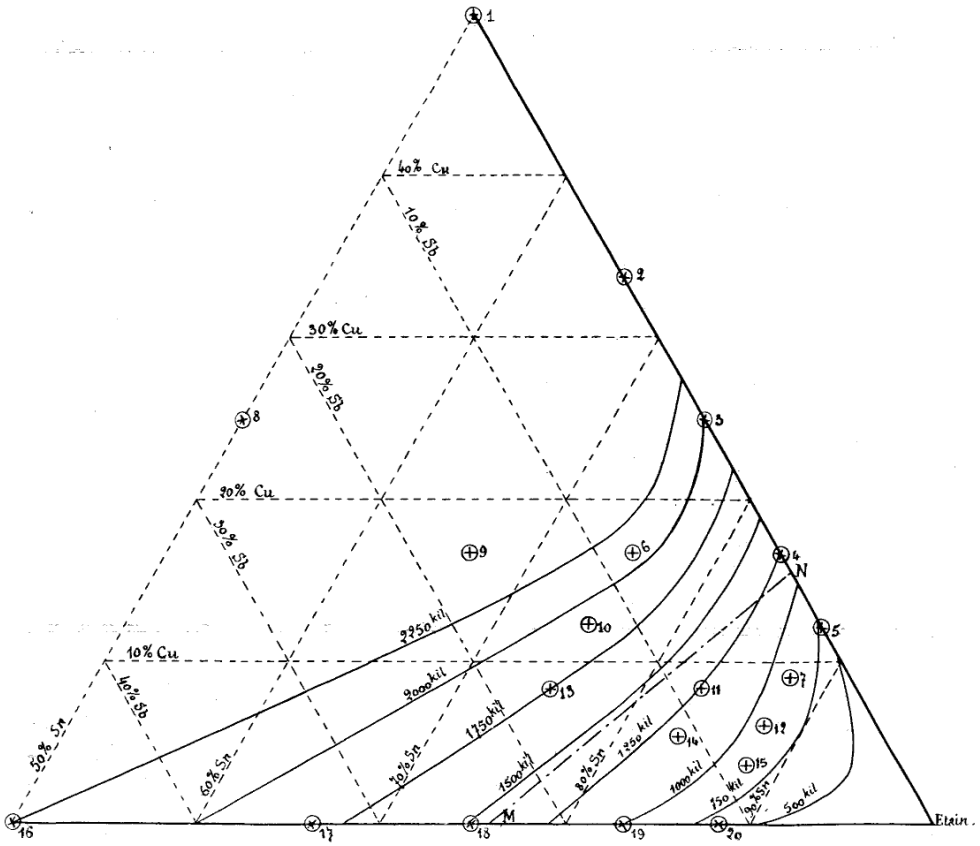


Fig. 12. — Diagramme indiquant la résistance à la compression des alliages d'étain, de cuivre et d'antimoine riches en étain.

posent difficilement. La plupart du temps les deux sortes de cristaux sont complètement enchevêtrés, et ce n'est que par leurs dimensions relatives qu'on peu juger de ceux qui se sont déposés en premier lieu. Il est bien évident, d'ailleurs, que c'est dans les alliages où l'antimoine est en plus forte proportion que le cuivre que les cubes de Sb Sn se formeraient en premier lieu, et inversement, que les alliages dans lesquels le cuivre domine donneraient en premier lieu un dépôt de Sn Cu^3. Quant aux alliages très riches en étain, ils présenteront des cristallites d'étain et n'auront pas, par suite, la composition que l'on recherche, puis-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

qu'ils ne contiendront pas de grains durs englobés dans l'alliage eutectique; d'ailleurs, ils présentent également une trop faible résistance à la compression et s'écouleraient sous des charges peu élevées.

Il n'existe pas de caractère bien net qui permette de donner la préférence aux alliages dans lesquels c'est soit le cuivre, soit l'antimoine qui domine; il semble cependant que ces derniers doivent être préférés. La fragilité apparaît beaucoup plus vite dans les autres; le composé $Sn\,Cu^3$, beaucoup plus dur que le composé Sb Sn, paraît être plus fragile; il s'écaillera donc facilement et donnera une usure plus rapide.

Parmi les alliages examinés, celui qui présente la plus grande résistance à la compression sans être fragile est le n 14. Sa composition est très voisine de celle qu'emploient plusieurs compagnies de chemins de fer pour leurs coussinets de wagons et qui contient 83,33 d'étain, 11,11 d'antimoine et 5,55 de cuivre. Les meilleurs alliages de cuivre, d'étain et d'antimoine doivent vraisemblablement avoir cette formule à 3 ou 4 p. 100 près.

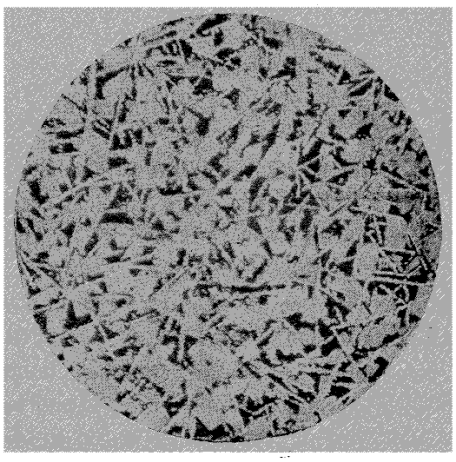


Fig. 18.

La figure 13 reproduit l'aspect d'un alliage contenant 85 p. 100 d'étain, 12 p. 100 d'antimoine et 2 p. 100 de cuivre, examiné sous un grossissement de 200 diamètres. L'alliage avait été coulé dans un moule froid; les seuls cristaux apparents sont ceux de Sb Sn qui se sont développés en premier lieu; le composé d'étain et de cuivre n'apparaît qu'à l'état de points blancs dans l'alliage eutectique.

La figure 14 (Planche I) reproduit l'aspect de l'alliage à 83, 33, Sn, 11, 11, Sb, 5,5 Cu pour coussinets de chemin de fer, examiné sous un grossissement de 30 diamètres. Le métal a été coulé en grande masse dans un moule chauffé, et les cristaux des deux composés ont pu s'y développer facilement. On distingue nettement les cubes de Sb Sn et les étoiles de $Sn\,Cu^3$; l'alliage eutectique paraît coloré en noir. La figure 15 (Planche I) est la photographie du même alliage sortant du polissage et avant toute attaque chimique. Les étoiles de $Sn\,Cu^3$, plus dures, sont seules visibles et apparaissent en relief. Les cubes de Sb Sn qui apparaissent faiblement à l'œil ont disparu complètement dans la reproduction photographique.

Les figures 16 et 17 (Planche I) reproduisent au même grossissement l'aspect d'un alliage contenant 70 p. 100 d'étain, 25 p. 100 d'antimoine et 5 p. 100 de cuivre,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

coulé soit dans un moule chaud, soit dans un moule froid. On voit que la vitesse de refroidissement a une influence considérable sur la dimension des grains de Sb Sn; la résistance à la compression varie en même temps; elle est d'autant plus grande que le refroidissement est plus rapide, et, dans certains cas, on a pu, rien qu'en agissant sur la vitesse de refroidissement, faire varier du simple au double la résistance d'un même alliage. Les chiffres donnés plus haut n'ont donc qu'une valeur relative et se rapportent aux conditions dans lesquelles ont été coulés les alliages d'expérience.

Enfin la figure 18 reproduit au grossissement de 60 diamètres l'aspect d'un alliage contenant 66 p. 100 d'étain, 17 p. 100 d'antimoine et 17 p. 100 de cuivre.

VI

ALLIAGES DE PLOMB, D'ÉTAIN ET D'ANTIMOINE

Les alliages de plomb et d'antimoine ont été étudiés précédemment; nous avons vu que ces métaux ne se combinent pas et que dès que la proportion d'antimoine dépasse 13 p. 100, ce métal existe en grains durs isolés dans l'alliage solidifié.

Les alliages de plomb et d'étain ne contiennent pas non plus de combinaison définie de ces corps; ils sont toujours formés par des aiguilles cristallines soit de plomb, soit d'étain, suivant la composition, aiguilles englobées dans un alliage eutectique qui contient environ 38 p. 100 de plomb et 62 p. 100 d'étain.

Le plomb et l'étain étant deux corps mous, les propriétés de leurs alliages varient peu avec la composition. Cependant la résistance à la compression de l'un des métaux augmente par addition de l'autre; le maximum de résistance appartient à l'alliage eutectique qui est celui dans lequel les métaux sont le plus finement divisés.

Les alliages d'étain et d'antimoine ont été examinés dans le paragraphe précédent; nous avons vu qu'ils contiennent en général des grains du composé Sb Sn, composé susceptible de donner avec l'antimoine pur des solutions solides.

Le tableau suivant donne les résultats relatifs aux essais à la compression de quelques alliages :

Ces résultats joints à ceux qui ont été déterminés dans les autres séries, permettent de se faire une idée de la façon dont varient les propriétés des alliages de plomb, d'étain et d'antimoine.

La figure 19 indique les courbes de niveau, relatives aux charges de 500, 750, 1 000 et 1 250 kilos, de la surface qui représente la résistance à la compression (définie par la charge qui produit un écrasement de $0^{mm},2$) en fonction de la composition. Les alliages qui permettraient d'obtenir une résistance plus élevée

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sont fragiles et ne peuvent être utilisés ; les alliages 7, 8 et 9 du tableau suivant ont été fortement fissurés dans l'essai de compression.

NUMÉRO de L'ALLIAGE.	COMPOSITION.			CHARGE DONNANT un écrasement de $0^{mm},2$.	CHARGE DONNANT un écrasement de $7^{mm},5$.
	PLOMB.	ÉTAIN.	ANTIMOINE.		
				kil.	kil.
1	»	100	»	300	1 060
2	20	80	»	600	1 750
3	40	60	»	650	1 475
4	60	40	»	600	1 400
5	80	20	»	475	1 150
6	10	80	10	1 100	2 700
7	20	60	20	1 350	2 200
8	40	40	20	1 150	1 825
9	60	20	20	1 050	1 700
10	80	10	10	800	1 775

On voit d'après ce diagramme que l'addition d'antimoine élève notablement la résistance à la compression des alliages de plomb et d'étain, l'augmentation produite est à peu près la même pour les différents alliages de plomb et d'étain, sauf pour ceux dans lesquels le plomb domine beaucoup ; l'effet produit dans ces derniers par une même quantité d'antimoine est alors beaucoup moins marqué que pour les autres alliages ; le même fait, beaucoup moins accentué, se retrouve pour les alliages très riches en étain.

Pour éviter la fragilité, il sera bon de ne pas dépasser une proportion d'antimoine de 15 à 18 p. 100 ; pour obtenir dans ces conditions une résistance aussi élevée que possible, il faudra que la proportion d'étain soit comprise entre 15 p. 100 et 90 p. 100. L'étain étant beaucoup plus coûteux que le plomb, on aura évidemment avantage à employer les alliages à faible proportion d'étain.

L'examen microscopique montre pour tous ces alliages, dans lesquels il y a au moins 10 p. 100 d'antimoine, des grains durs englobés dans un alliage eutectique formé de lamelles alternativement dures et molles. Ces grains présentent toujours sensiblement le même aspect quand on fait varier les proportions de plomb et d'étain, mais leur dureté varie ; constitués dans les alliages de plomb et d'antimoine pur par de l'antimoine pur, dans les alliages d'étain et d'antimoine, par le composé Sn Sb, ils sont probablement formés, dans les alliages ternaires, par une solution solide de Sn Sb et de Sb. Nous savons en effet que l'antimoine et le composé Sb Sn peuvent cristalliser ensemble dans les alliages d'étain et d'antimoine contenant plus de 50 p. 100 d'antimoine (voir Étude micro-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

scopique des alliages métalliques). Il n'y a donc rien d'étonnant à ce que cette cristallisation simultanée se produise également dans les alliages ternaires de plomb, d'étain et d'antimoine.

D'après cela, ces alliages possèdent une constitution tout à fait analogue à celle des alliages binaires de plomb et d'antimoine ; l'étain intervient cependant :

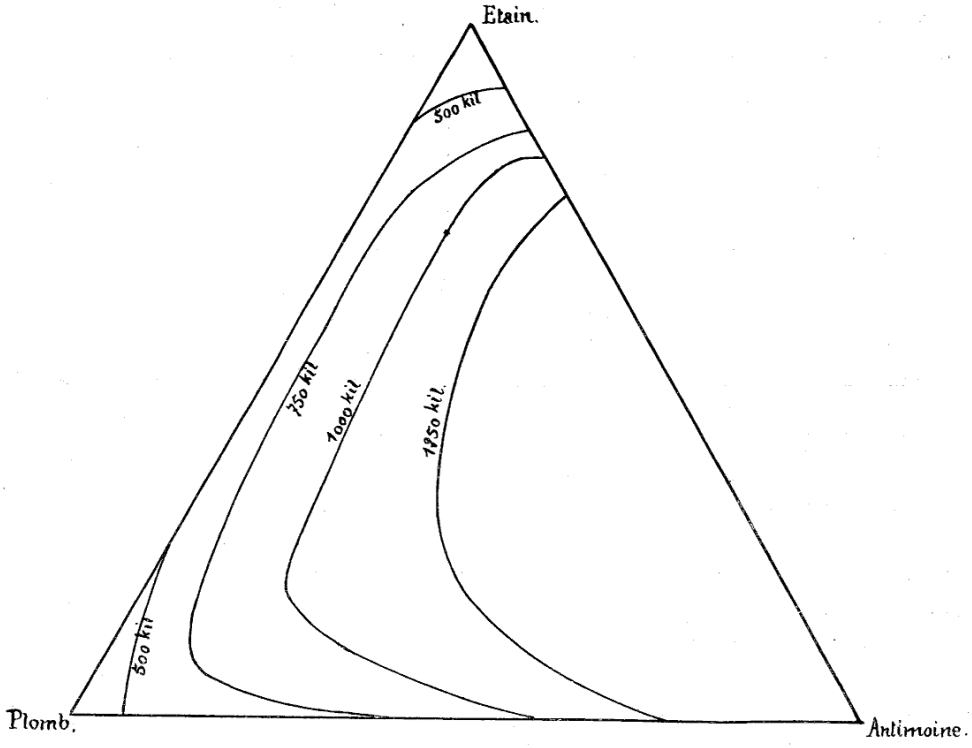


Fig. 19. — Diagramme indiquant la résistance à la compression des alliages de plomb, d'étain et d'antimoine.

1° dans les grains durs dont il diminue la dureté, mais aussi la fragilité ; 2° dans l'alliage eutectique, dont il augmente la résistance à la compression.

Les alliages de plomb, d'étain et d'antimoine sont donc nettement supérieurs aux alliages binaires de plomb et d'antimoine qui ont été proposés quelquefois comme antifriction. La proportion d'étain doit être supérieure à 10 p. 100, mais il est inutile qu'elle dépasse 20 p. 100. La proportion d'antimoine peut varier de 10 à 18 p. 100 environ :

La figure 20 (Planche II) reproduit au grossissement de 200 diamètres l'aspect d'un alliage contenant 76 p. 100 de plomb, 14 p. 100 d'étain et 100 p. 100 d'antimoine. On a choisi un point de la préparation où se trouvaient deux grains

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

PLANCHE II

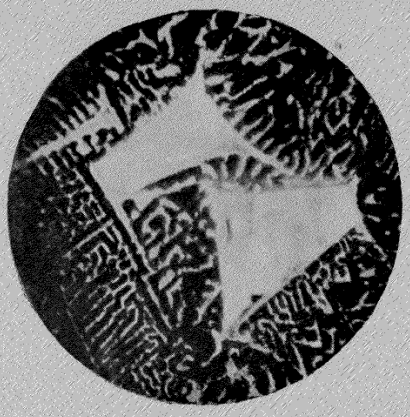


Fig. 20.

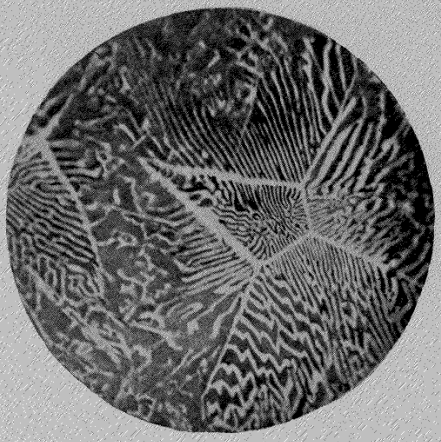


Fig. 21.

Fig. 22.

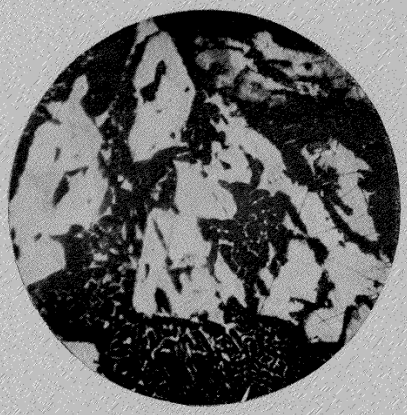


Fig. 23.

Fig. 27.

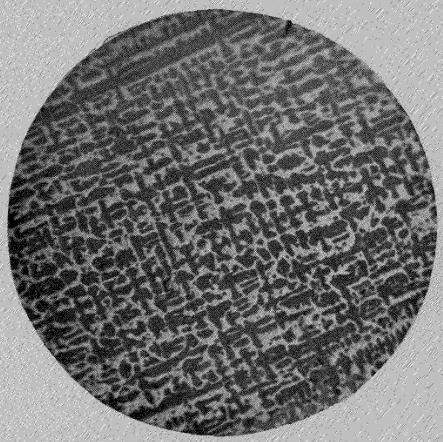


Fig. 28.

Fig. 20, 21, 22, 23. — Microphotographies d'alliages de plomb, d'étain et d'antimoine. — Fig. 27. — Microphotographie d'un bronze à 10 p. 100 d'étain. Les parties blanches correspondent aux cristallites de cuivre. — Fig. 28. — Microphotographie d'un bronze à 19 p. 100 d'étain. Les parties blanches correspondent à l'alliage eutectique de cuivre et de $Su\,Cu^3$.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

durs; dans cet alliage, qui contient une faible proportion d'antimoine, les grains sont très peu nombreux et, le plus souvent, on ne voit que des arêtes formant un pointement cristallin entre les branches duquel s'est solidifié l'alliage eutectique. La figure 21 (Planche II) reproduit au grossissement de 500 diamètres un de ces pointements formé dans un refroidissement assez rapide.

Si on diminue encore un peu la proportion d'antimoine, les grains disparaissent complètement; la figure 22 (Planche II) reproduit l'aspect d'un alliage à 80 p. 100 de plomb, 12 p. 100 d'étain et 8 p. 100 d'antimoine, utilisé par la Compagnie de l'Est pour les garnitures métalliques de tiges de piston. Si au contraire on augmente la proportion d'antimoine, les grains viennent plus nombreux, comme on le voit sur la figure 23 (Planche II) qui reproduit l'aspect d'un alliage à 70 p. 100 de plomb, 10 p. 100 d'étain et 20 p. 100 d'antimoine, utilisé pour le garnissage des colliers d'excentrique à la Compagnie de l'Est.

VII

ALLIAGES DE PLOMB, DE CUIVRE ET D'ANTIMOINE

Les alliages de plomb et de cuivre n'existent pas à proprement parler; les deux métaux ne peuvent se mélanger qu'en proportions très faibles, et quand on fond du plomb avec du cuivre, le liquide se sépare généralement en deux couches, l'une formée de plomb contenant un peu de cuivre, l'autre formée de cuivre contenant un peu de plomb.

Le cuivre et l'antimoine peuvent s'allier en toutes proportions, et, comme on l'a rappelé dans l'Étude microscopique des alliages, se combinent pour former un composé défini, dur, coloré en violet et répondant à la formule $Sb\,Cu^2$.

La liquation du cuivre dans le plomb, et la combinaison du cuivre avec l'antimoine se retrouvent dans les alliages ternaires de plomb, de cuivre et d'antimoine.

Considérons un alliage de plomb et d'antimoine et ajoutons-y des quantités graduellement croissantes de cuivre. L'alliage primitif contenait des grains durs d'antimoine englobés dans un alliage eutectique; les premières portions de cuivre ajoutées se combinent intégralement à l'antimoine, et il se forme le composé $Sb\,Cu^2$ qui cristallise en aiguilles et se reconnaît facilement à sa couleur violette. Ce composé entre également dans la composition de l'alliage eutectique, et la résistance à la compression augmente.

Si la proportion de cuivre ajoutée est trop forte, il se produit des liquations comme lorsqu'on cherche à allier le cuivre et le plomb seuls; on observe alors dans l'alliage coulé des gouttes riches en cuivre et présentant la constitution ordinaire des alliages de cuivre et d'antimoine, au milieu d'un alliage riche en

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

plomb, solidifié en second lieu, et qui contient des grains d'antimoine et de $Sb\,Cu^2$. Il est évident qu'il serait dangereux d'utiliser de tels alliages, sur l'homogénéité desquels on ne peut compter.

Le tableau suivant résume les essais de compression effectués sur quelques alliages de plomb, de cuivre et d'antimoine.

NUMÉRO de L'ALLIAGE.	COMPOSITION.			CHARGE PRODUISANT un écrasement de $0^{mm},2$.	CHARGE PRODUISANT un écrasement de $7^{mm},5$.
	PLOMB.	CUIVRE.	ANTIMOINE.		
				kil.	kil.
1	66,6	»	33,4	750	1 250
2	66,6	12,9	20,5	1 120	1 325
3	66,6	23,2	10,2	350	850
4	80	7,75	12,25	730	1 525
5	80	13,9	6,1	200	800
6	80	»	20	640	1 400
7	90	3,80	6,2	440	1 325
8	90	6,9	3,1	190	800
9	90	»	10	640	1 400
10	100	»	»	80	550

Les alliages 1 et 2 ont criqué pendant la compression.

Les liquations, très marquées dans les alliages 3 et 5, apparaissent déjà nettement dans les alliages 2 et 8. Si l'on remarque que pour les alliages contenant moins de 13 p. 100 d'antimoine, l'addition de cuivre produit non une augmentation mais bien une diminution de la résistance, on voit que la composition de ces alliages ternaires doit varier dans des limites peu étendues. En ajoutant aux alliages de plomb et d'antimoine, contenant de 15 à 25 p. 100 d'antimoine, une proportion de cuivre qui ne doit pas dépasser 10 p. 100, on peut élever sensiblement leur résistance à la compression et obtenir des alliages comparables comme constitution aux alliages d'étain, de cuivre et d'antimoine.

Fig. 24. — Microphotographie d'un alliage contenant 65 p. 100 de plomb, 25 p. 100 d'antimoine et 10 p. 100 de cuivre. Cristaux d'antimoine et de $Su\,Cu^2$.

La figure 24 reproduit l'aspect d'un alliage contenant 65 p. 100 de plomb, 25 p. 100 d'antimoine et 10 p. 100 de cuivre, utilisé par la Compagnie de l'Est pour garnir les coussinets de locomotives et de tenders. Les larges cristaux blancs sont formés par de l'antimoine ; les aiguilles et les cristallites légè-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

rement teintés de gris correspondent au composé $Sb\ Cu^2$ qui, à l'œil, paraît nettement coloré en violet.

VIII

ALLIAGES DE ZINC, D'ÉTAIN ET D'ANTIMOINE

Le zinc et l'étain ne se combinent pas ensemble et forment des alliages dans lesquels des cristallites soit de zinc, soit d'étain, sont englobés dans un alliage eutectique qui contient à peu près 10 p. 100 d'étain.

Les alliages de zinc et d'antimoine contiennent au moins un composé défini très dur et qui forme avec le zinc un alliage eutectique contenant 3 p. 100 de zinc environ.

Si l'on considère seulement les alliages de zinc, d'étain et d'antimoine dans lesquels c'est le zinc qui sert de base, on peut admettre qu'ils sont formés de zinc, d'étain et d'antimoniure de zinc, et comparer leur constitution à celle des alliages de plomb, d'étain et de bismuth. S'il ne se forme pas de composé ternaire des trois métaux, ce que semble indiquer l'analyse microscopique, il y aura à distinguer trois catégories d'alliages suivant qu'il se déposera, au commencement de la solidification, du zinc, de l'étain ou de l'antimoniure de zinc. La dernière catégorie seule répond à la constitution que l'on doit rechercher pour les alliages antifriction. Le tableau suivant résume les essais de compression effectués sur quelques alliages riches en zinc :

NUMÉRO de L'ALLIAGE.	COMPOSITION			CHARGE PRODUISANT un écrasement de $0^{mm},2$.	CHARGE PRODUISANT un écrasement de $7^{mm},5$.
	ZINC.	ANTIMOINE.	ÉTAIN.		
				kil.	kil.
1	100	»	»	500	4 200
2	90	10	»	2 450	brisé à 5 000
3	80	20	»	3 000	brisé à 4 000
4	70	30	»	4 100	brisé à 4 700
5	90	5	5	1 100	3 950
6	80	10	10	1 350	4 150
7	70	15	15	1 800	5 200
8	80	5	15	1 120	3 550
9	70	7,5	22,5	1 225	3 500
10	60	10	30	1 240	3 350
11	90	»	10	750	3 050
12	80	»	20	850	2 725
13	70	»	30	850	2 500
14	60	»	40	575	2 175

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On voit que ces alliages présentent une résistance très remarquable à la compression et que l'addition d'étain pallie dans une large mesure la très grande fragilité des alliages de zinc et d'antimoine. Examinés au microscope, les alliages nos 8, 9, 10, 11, 12, 13 et 14 présentent tous le même aspect général dont la figure 25, qui reproduit l'aspect de l'alliage n° 11 donne une idée assez nette. Des aiguilles cristallines de zinc, très longues, facilement attaquables par les acides faibles, sont englobées dans un alliage eutectique, unique ou double suivant que l'alliage est binaire ou ternaire.

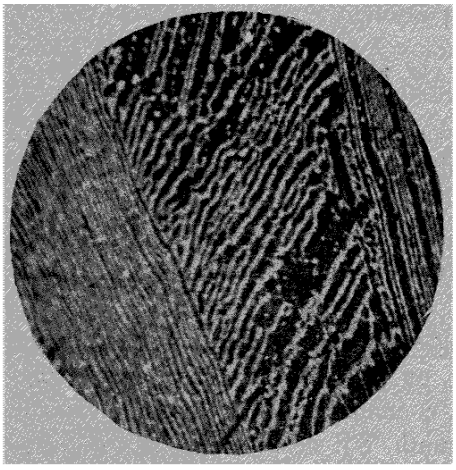


Fig. 25. — Microphotographie d'un alliage contenant 90 p. 100 de zinc et 10 p. 100 d'étain.

Dans l'alliage n° 10, on distingue facilement les deux étapes de la solidification.

Dans tous ces alliages, il y aurait à craindre que le zinc déposé en premier lieu ne produisît des phénomènes de grippement.

Les alliages n° 2, 3, 4, 5, 6 et 7 appartiennent également tous au même groupe, celui des alliages dans lesquels l'antimoniure de zinc s'est déposé en premier lieu. Cet antimoniure est facilement visible après simple polissage; il forme des cristaux très durs, dont l'aspect est indiqué par la figure 26, qui reproduit la structure de l'alliage n° 6.

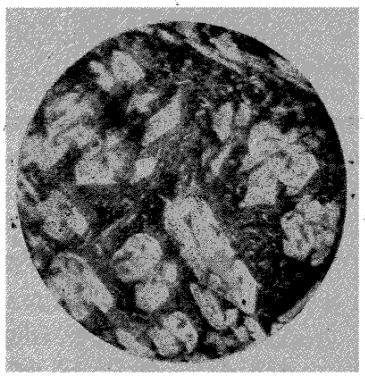


Fig. 26. — Microphotographie d'un alliage contenant 80 p. 100 de zinc, 10 p. 100 d'antimoine et 10 p. 100 d'étain. Cristaux d'antimonium de zinc.

Les alliages contenant de 10 à 15 p. 100 d'étain et de 10 à 15 p. 100 d'antimoine seraient vraisemblablement utilisables avec avantage, à cause du prix peu élevé du zinc. Il y a à craindre que leur préparation ne donne lieu à des difficultés par suite de l'oxydabilité du zinc, qui se trouve encore exagérée en présence de l'antimoine.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

IX

ALLIAGES DE CUIVRE, D'ÉTAIN ET DE PLOMB

Bien que les bronzes ne constituent pas à proprement parler des alliages antifriction, ils ont été trop employés et sont encore actuellement trop souvent utilisés pour la confection des coussinets pour qu'on puisse les passer sous silence dans une étude relative aux alliages pour pièces frottantes.

Les bronzes employés pour pièces frottantes peuvent se diviser en deux catégories : 1° des alliages de cuivre et d'étain ne contenant que de petites quantités d'autres substances, notamment de zinc et de phosphore ; 2° les alliages de cuivre, d'étain et de plomb, assez souvent utilisés pour cet usage spécial.

Nous avons examiné un certain nombre d'échantillons de bronzes à frottements qui nous avaient été remis, soit par des fabricants de ces alliages, soit par des constructeurs qui les utilisaient. Le tableau suivant donne, avec la composition de ces alliages, les résultats d'essais à la compression effectués dans des conditions analogues à celles des expériences relatées dans les paragraphes précédents. Les éprouvettes de compression n'étaient pas coulées spécialement, elles étaient découpées dans les lingots plus volumineux, aux dimensions des éprouvettes coulées pour les autres alliages, soit $10 \times 10 \times 15^{mm}$.

NUMÉRO de L'ALLIAGE.	COMPOSITION.						CHARGE donnant un écrasement de 0mm,2.	ÉCRASEMENT produit par une charge de 5 000 kil.
	CUIVRE.	ÉTAIN.	PLOMB.	ANTIMOINE.	PHOSPHORE.	ZINC.		
							kil.	millim.
1	89,45	9,05	0,68	0,25	0,107	0,44	1925	3,7
2	88,55	10,32	0,25	0,13	0,223	0,40	2100	3,1
3	86,79	11,20	0,44	0,31	0,11	1,17	2350	3,2
4	85,70	12,15	0,51	0,12	0,385	0,84	3000	2,5
5	84,83	13,41	0,38	0,13	0,46	0,59	3100	2,1
6	84,30	14,60	0,40	0,10	0,215	0,56	3600	1,9
7	80,65	19,18	0,04	0,21	0,03	»	5000	1,4
8	83,35	6,60	8,44	0,16	»	0,10	1500	4,8
9	80,55	2,25	10,86	2,67	0,21	0,60	1500	4,8
10	84,70	10,05	4,00	0,14	0,11	0,46	2000	3,2
11	82,30	8,98	7,27	0,14	0,39	0,10	2700	2,4

La résistance à la compression des bronzes étant plus considérable que celle des alliages blancs, on n'a pu ramener les éprouvettes à une hauteur de $7^{mm},5$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

par application d'une charge de 5 000 kilos; aussi nous avons noté, pour caractériser la plasticité, l'écrasement produit sur les éprouvettes par l'application de cette charge.

Les alliages numéros 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 appartiennent à la première catégorie; ils ne contiennent que du cuivre et de l'étain comme éléments principaux; on voit que la résistance à la compression augmente très régulièrement avec la proportion d'étain; le phosphore, en particulier, ne semble pas avoir sur cette propriété une influence bien marquée.

La constitution des alliages de cuivre et d'étain a déjà été indiquée dans notre Étude microscopique des alliages métalliques; rappelons que pour les alliages contenant de 0 à 20 p. 100 d'étain, la constitution est qualitativement la même; des aiguilles cristallines de cuivre presque pur se développent d'abord au début de la solidification et sont englobées ensuite dans un alliage eutectique formé de couches alternées de cuivre et du composé $Sn\,Cu^3$. La proportion d'alliage eutectique augmente avec la quantité d'étain contenue dans l'alliage.

La figure 27 (planche II) reproduit au grossissement de 60 diamètres l'aspect du bronze n° 1, à 90 p. 100 de cuivre et 10 p. 100 d'étain; les parties blanches correspondent aux cristallites de cuivre, les parties sombres, à l'alliage eutectique.

La figure 28 (planche II) reproduit l'aspect du bronze n° 7 contenant 19 p. 100 d'étain; les colorations ont été renversées ici par le mode de préparation de la plaquette; les parties sombres correspondent au cuivre, les parties blanches à l'alliage eutectique dont on perçoit nettement la structure complexe à un plus fort grossissement. (Voir Étude microscopique des alliages métalliques.)

Le phosphore, quand il existe, paraît se localiser dans l'alliage eutectique dont il change la dureté mais non le mode de répartition. Cet alliage est toujours relativement dur, beaucoup plus résistant que le cuivre pur par suite de la présence du composé de cuivre et d'étain; c'est lui qui détermine en majeure partie la résistance à la compression, qui est d'autant plus grande que la proportion de cet alliage est plus forte, c'est-à-dire que le bronze est plus riche en étain.

L'introduction dans le bronze, d'une certaine quantité de plomb augmente considérablement sa plasticité. Le plomb ne s'allie pas avec le bronze; il semble agir en créant des traînées de corps plastique au sein du métal; la figure 29 reproduit l'aspect du bronze n° 9, contenant 10 p. 100 de plomb, après simple polissage; les parties noires, à contours arrondis, correspondent au plomb; les parties claires sont formées par du bronze ordinaire dont elles présentent la structure habituelle (dendrites de cuivre et alliage eutectique) après attaque à l'ammoniaque ou à l'acide chlorhydrique; elles ne doivent contenir qu'une faible proportion de plomb.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les parties noires de la figure paraissent être de véritables soufflures que forme le plomb en se vaporisant partiellement au sein du métal fondu ; examinées en éclairage oblique, elles présentent en effet des parois brillantes et qui semblent tapissées de petits cristaux de plomb. Cette supposition paraît également justifiée par la densité du métal qui est sensiblement moindre que la valeur calculée d'après la composition ; on s'explique ainsi facilement la diminution de résistance produite par l'addition de plomb.

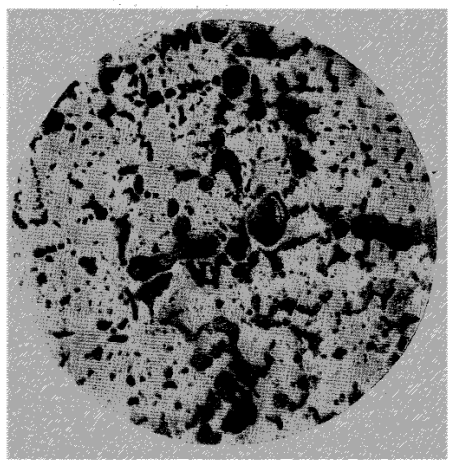


Fig. 29. — Microphotographie d'un bronze au plomb poli et non attaqué.

Les bronzes pour pièces frottantes ont été soigneusement examinés, particulièrement au point de vue de l'usure, par M. Dudley, chimiste de la Pensylvania Railroad Cy, dans un mémoire reproduit en juin 1893, dans la *Revue générale des Chemins de fer*, sous le titre : « Alliages pour coussinets ». M. Dudley formait les deux coussinets d'un même essieu de wagon avec les deux alliages à comparer et mesurait la perte de poids subie au bout d'un certain temps de service. Le tableau suivant résume les résultats qu'il a obtenus en opérant de cette façon.

DÉSIGNATION DU MÉTAL.	COMPOSITION.					USURE RELATIVE.
	CUIVRE.	ÉTAIN.	PLOMB.	PHOSPHORE.	ARSENIC.	
Bronze phosphoreux (type).	79,70	10	9,60	0,80	»	1,00
Bronze ordinaire.	87,50	12,50	»	»	»	1,49
Bronze arsénieux A. . . .	89,20	10,0	»	»	0,80	1,42
Bronze arsénieux B. . . .	82,20	10,0	7,0	»	0,80	1,15
Bronze arsénieux C. . . .	79,70	10,0	9,50	»	0,80	1,01
Bronze K.	77,0	10,5	12,50	»	»	0,92
Alliage B.	77,0	8,0	15,0	»	»	0,86

M. Dudley conclut de ses essais : 1° que le phosphore et l'arsenic n'ont pas d'effet sensible sur l'usure des bronzes à frottement et sont seulement utiles dans les opérations de fonderie, pour éviter l'oxydation ; 2° que le métal qui s'use le moins est celui qui peut subir la plus grande déformation avant rupture. L'alliage

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

B donne en effet, à la traction, un allongement de 11 p. 100 avec 16^{kg},80 de résistance, tandis que le bronze phosporeux type donne 6 p. 100 d'allongement et 21 kilos de résistance. La qualité à rechercher est donc la plasticité que, dans le cours de ce travail, nous avons préféré définir par des essais de compression.

Les bronzes plastiques, contenant une proportion de plomb qui peut aller jusqu'à 15 p. 100, mais non dépasser cette valeur si l'on ne veut avoir à craindre des liquations importantes, paraissent donc supérieurs aux bronzes ordinaires, formés de cuivre et d'étain, additionnés ou non de phosphore.

La constitution des bronzes est l'inverse de celles que présentent les alliages blancs. Au lieu d'avoir des grains durs englobés dans un alliage eutectique plastique, nous y trouvons des cristallites de cuivre, plastiques, englobées dans un alliage eutectique dur. A plasticité égale, les fonctionnements de deux coussinets, l'un en bronze, l'autre en métal blanc, ne doivent donc pas être identiques, et, en effet, il est facile de constater que le bronze présente une plus grande tendance au grippement que les alliages antifriction proprement dits. Quand on augmente graduellement la charge supportée par le coussinet d'un arbre animé d'un mouvement de rotation constant, il arrive qu'à partir d'une certaine charge, l'huile se trouve chassée de l'intervalle compris entre l'arbre et le coussinet, et il se produit un échauffement considérable ; avec le métal blanc, l'usure devient alors plus rapide, et si le phénomène s'accentue par trop, on peut arriver à la fusion de l'alliage, mais sans que l'arbre ait été notablement détérioré ; avec le bronze, il se produit assez rapidement une adhérence entre l'arbre et les parties riches en cuivre qui se soudent pour ainsi dire à l'acier et forment ainsi une surface rugueuse, ce qui augmente considérablement l'échauffement et le frottement.

Les bronzes paraissent donc inférieurs aux métaux blancs pour deux raisons : 1° ils sont moins plastiques et se moulent moins bien sur l'arbre ; leur résistance plus élevée ne peut d'ailleurs servir à augmenter la charge que supporte le coussinet, car on arrive ainsi à gêner le graissage et on facilite l'échauffement ; 2° par suite de leur constitution, les bronzes ont beaucoup plus de tendance à gripper que les alliages blancs, et cet accident a, entre autres inconvénients, celui de produire sur l'arbre une détérioration notable.

X

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

En résumé, les alliages employés comme antifriction présentent tous le même caractère général : ils sont formés par des grains durs englobés dans un alliage plastique. Cette constitution, qui se rencontre dans presque tous les alliages auxquels on est arrivé empiriquement à donner la préférence, répond

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

aux deux conditions que l'on peut chercher à réaliser dans les alliages pour coussinets; la portée se fait sur les grains durs, qui ont un coefficient de frottement peu élevé et sur lesquels le grippement ne peut se produire que très difficilement; la plasticité du ciment permet au coussinet de se mouler sur l'arbre et évite ainsi les surpressions locales qui sont la principale cause d'accidents.

Cette constitution peut se réaliser par des mélanges binaires, les grains durs étant constitués soit par un métal simple comme l'antimoine, soit par un composé défini comme l'antimoniure d'étain, l'antimoniure de cuivre, le stannure de cuivre. Il sera préférable, en général, de recourir à des mélanges ternaires, dans lesquels, grâce à la composition complexe du ciment, il sera plus facile de trouver une composition qui corresponde aux différentes qualités requises. L'étude de la constitution des alliages ternaires, que nous avons cherché à indiquer en prenant comme exemple les alliages de bismuth, de plomb et d'étain, donne pour cette recherche de précieuses indications. Elle permet de se rendre compte, par un petit nombre d'essais, des limites entre lesquelles on peut faire varier la composition pour avoir des alliages utilisables.

Les essais à faire sont principalement des essais micrographiques pour vérifier que l'alliage présente bien la constitution qui a été indiquée plus haut, et des essais de compression pour s'assurer que l'alliage n'est ni trop dur ni trop mou, qu'il s'écrase régulièrement et ne se brise pas en fragments sous l'influence de la pression.

Ces considérations permettent un premier classement des alliages utilisables; celles qui interviennent ensuite sont relatives principalement au prix de revient, aux facilités de travail et d'emploi, et échappent par conséquent aux recherches de laboratoire.

Après avoir indiqué les principes de l'étude des alliages pour coussinets, nous avons examiné les groupes ternaires suivants: cuivre, étain, antimoine; plomb, étain, antimoine; cuivre, plomb, antimoine; zinc, étain, antimoine; cuivre, étain, plomb; et indiqué, dans chaque cas, les principales combinaisons utilisables à 3 ou 4 p. 100 près. Toute précision plus grande nous paraît actuellement illusoire; on a d'ailleurs ainsi un choix suffisant, et il semble inutile de recourir aux formules plus compliquées qui ont parfois été proposées, qui comportent l'emploi de quatre, et même cinq métaux différents, et dont la fixation paraît avoir été complètement arbitraire.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

LA CLASSIFICATION BIBLIOGRAPHIQUE DÉCIMALE

CONFÉRENCE FAITE, LE 27 MAI 1898, A LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE, PAR **M. Ed. Sauvage.**

025.4(04)

L'invention de l'imprimerie a changé la condition de l'humanité plus que les grandes découvertes scientifiques et industrielles de notre siècle, découvertes qu'elle a d'ailleurs préparées. Grâce à l'imprimerie, nous sommes en possession d'une masse énorme de livres, qui contiennent l'expression de la pensée humaine des siècles passés; et cette masse s'accroît sans cesse par la production toujours plus active des presses actuelles.

Il ne suffit pas de posséder ces ressources, il faut pouvoir s'en servir; il faut pouvoir choisir les ouvrages avec discernement.

Lorsqu'on veut étudier à fond une question, on se voit presque toujours, après quelques recherches, en présence d'une telle quantité de documents qu'on ne peut se défendre d'un sentiment d'effroi. En outre, la plupart de ces documents ne donnent pas au chercheur ce qu'il désire, ou ils contiennent des répétitions stériles. Parfois on se prend à souhaiter que le nombre en ait été réduit par la suppression des parties superflues; mais c'est un vœu dont la réalisation serait funeste. Quelle est l'autorité qui déciderait ce qu'on doit conserver et ce qui doit disparaître? Certes les travaux résumés sont nécessaires pour la grande masse des lecteurs; la critique des ouvrages traitant une même question rend les plus grands services à ceux qui veulent étudier cette question, mais sans y consacrer une part importante de leur existence. Seulement ces études résumées, ces critiques, paraissent sous la responsabilité de leurs auteurs; elles peuvent être revisées à toute époque; il est toujours possible de recourir aux documents originaux.

Il faut donc accepter les inconvénients très graves qui résultent de la multiplication excessive des livres et trouver le moyen de n'en point trop souffrir.

Pour cela deux choses sont nécessaires : la bibliographie, qui fait connaître les ouvrages, et les bibliothèques bien organisées, qui les mettent entre les mains des lecteurs. Mais avant tout, pour faire la bibliographie, pour organiser les bibliothèques, il est indispensable de posséder un bon moyen de classer les livres.

Dans les grandes bibliothèques, la classification a été l'objet de travaux fort

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

importants; mais dans bien des bibliothèques publiques secondaires, dans la plupart des bibliothèques privées, elle est absente ou défectueuse. Et malheureusement, les efforts qui ont été faits pour le classement des livres, dans les grands établissements publics, ont été le plus souvent isolés et dirigés en vue d'un objet spécial, de sorte qu'ils n'ont pas tous produit de résultats dignes de la peine et du mérite de leurs auteurs. Ce qu'il faut, c'est un système de classification général, s'étendant à toutes les collections de livres; par conséquent ce système doit être assez élastique pour permettre toutes les applications, fort variées, qu'on en veut faire; il doit se prêter à des subdivisions poussées aussi loin qu'il est nécessaire dans chaque cas; enfin il convient que ce système soit simple, pour être facilement connu de tout le monde.

La plupart des classifications bibliographiques réunissent dans un même groupe les livres traitant un sujet déterminé : c'est un principe dont l'utilité est évidente, et dont on ne peut guère s'écarter en général. Il est clair que ce principe comporte des exceptions; c'est ainsi que certains groupes comprennent des ouvrages rapprochés par des affinités artificielles, par exemple des livres rares sortis de certaines presses; dans ce cas, ce n'est pas le sujet du livre, c'est sa forme qui intéresse.

Les groupes étant formés, il s'agit de les dénommer et de les classer. Une désignation souvent employée consiste à désigner chaque groupe par le nom du sujet traité. On obtient ainsi, par exemple, les groupes « Salaires », « Machines à vapeur ». On voit immédiatement une première difficulté de ce système de dénomination : de nouveaux noms deviennent nécessaires lorsqu'on veut subdiviser un sujet, et ces noms multipliés finissent par être compliqués. Mais c'est surtout le classement de ces groupes qui est embarrassant. Cet embarras est tel qu'on est parfois arrivé à ranger alphabétiquement les titres des divers groupes, en séparant violemment les groupes qui ont les connexions les plus étroites, et en formant une succession qui n'a de valeur que pour une seule langue.

Généralement on adopte un certain ordre méthodique pour classer les divers groupes, ordre évidemment préférable au rangement alphabétique. Mais cet ordre méthodique est établi de mille manières différentes, sans aucune règle générale, chacun traçant à sa guise, et sans motifs importants, les règles de classification. Souvent on supprime la désignation par des mots des diverses classes et on fait usage de symboles indiquant les divisions successives. Les lettres de l'alphabet sont fréquemment employées pour cette désignation; pour en varier les indications, on combine de diverses manières les lettres majuscules, les minuscules, les caractères grecs, auxquels on ajoute encore des chiffres. On obtient ainsi des assemblages confus de caractères divers, difficiles à comprendre et à retenir sans une très grande habitude.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les nombres fournissent, pour désigner les divers groupes, une notation plus simple et plus claire que les combinaisons de lettres. Mais, à première vue, l'emploi des nombres paraît assez difficile : si on désigne par des nombres consécutifs les divers groupes, rangés au préalable dans un ordre déterminé, comment désigner les subdivisions qu'on jugerait utile de créer plus tard? Comment intercaler une nouvelle division?

Cette difficulté a été fort heureusement surmontée dans la classification décimale de Melvil Dewey, qui a reçu des applications étendues en Amérique et s'est aussi répandue en Europe depuis quelques années. Cette solution d'un problème en apparence compliqué est même tellement simple en principe, qu'on est presque tenté d'en méconnaître la valeur à cause de cette extrême simplicité même ; mais un peu de réflexion en fait distinguer le mérite.

La classification décimale commence par diviser l'ensemble des matières en 10 classes, désignées chacune par un chiffre différent, en commençant par le zéro. Ces 10 classes sont données ci-dessous :

CLASSES

0. Ouvrages généraux.
1. Philosophie.
2. Religion. Théologie.
3. Sciences sociales et Droit.
4. Philologie. Linguistique.
5. Sciences mathématiques et naturelles.
6. Sciences appliquées. Technologie.
7. Beaux-Arts.
8. Littérature.
9. Histoire et Géographie.

Chacune des classes est ensuite subdivisée de même en 10 par l'addition des 10 chiffres 0, 1, 2,.... 9. Le tableau qui suit donne les 100 divisions générales ainsi obtenues. La division 00 est réservée pour des classements particuliers de documents spéciaux.

DIVISIONS GÉNÉRALES

00 Division réservée.
01 Bibliographie.
02 Bibliothéconomie.
03 Encyclopédies générales.
04 Collections générales d'essais.
05 Périodiques généraux. Revues.
06 Sociétés générales. Académies.
07 Journaux. Journalisme.
08 Bibliothèques spéciales.
09 Manuscrits et livres précieux.
10 Philosophie, généralités.
11 Métaphysique.
12 Divers sujets métaphysiques.
13 L'esprit et le corps.
14 Systèmes philosophiques.
15 Psychologie.
16 Logique.
17 Morale.
18 Philosophes anciens.
19 Philosophes modernes.
20 Religion, Théologie, généralités.
21 Théologie, religions naturelles.
22 Bible. Évangile.
23 Théologie doctrinale.
24 Pratique religieuse. Dévotion.
25 Œuvres pastorales.
26 L'Église.
27 Histoire de l'Église.
28 Église et sectes chrétiennes.
29 Religions non chrétiennes.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

30 Sciences sociales et Droit, généralités.
31 Statistique.
32 Science politique.
33 Économie politique.
34 Droit.
35 Administration. Droit administratif.
36 Assistance. Assurances. Associations.
37 Enseignement. Éducation.
38 Commerce. Transports. Communications.
39 Coutumes. Costumes.

40 Philologie, généralités.
41 Philologie comparée.
42 Philologie anglaise.
43 Philologie germanique.
44 Philologie française.
45 Philologie italienne.
46 Philologie espagnole.
47 Philologie latine.
48 Philologie grecque.
49 Autres langues.

50 Sciences naturelles, généralités.
51 Mathématiques.
52 Astronomie. Géodésie. Navigation.
53 Physique.
54 Chimie.
55 Géologie et Météorologie.
56 Paléontologie.
57 Biologie. Anthropologie.
58 Botanique.
59 Zoologie.

60 Sciences appliquées, généralités.
61 Médecine.
62 Art de l'ingénieur.
63 Agriculture.
64 Économie domestique.
65 Commerce. Transport.
66 Industries chimiques.
67 Manufactures.
68 Industries mécaniques et métiers.
69 Construction.

70 Beaux-Arts, généralités.
71 Jardins. Parcs. Promenades.
72 Architecture.
73 Sculpture. Numismatique.
74 Dessin. Décoration.
75 Peinture.
76 Gravure.
77 Photographie.
78 Musique.
79 Divertissements. Jeux. Sports.

80 Littérature, généralités.
81 Littérature américaine.
82 Littérature anglaise.
83 Littérature germanique.
84 Littérature française.
85 Littérature italienne.
86 Littérature espagnole.
87 Littérature latine.
88 Littérature grecque.
89 Autres littératures.

90 Histoire, généralités.
91 Géographie et voyages.
92 Biographie.
93 Histoire ancienne.
94 Europe.
95 Asie.
96 Afrique.
97 Amérique du Nord.
98 Amérique du Sud.
99 Océanie. Régions polaires.

Hist. Mod.

Les divisions ainsi obtenues sont elles-mêmes subdivisées en 10, par l'addition d'un nouveau chiffre. Le tableau qui suit donne un exemple de cette nouvelle subdivision :

SUBDIVISIONS DE LA DIVISION 62

(ART DE L'INGÉNIEUR)

620 Généralités.
621 Machines.
622 Mines.
623 Sciences appliquées à l'art militaire.
624 Ponts et couvertures.
625 Chemins de fer. Chaussées.
626 Canaux.
627 Rivières. Ports et travaux hydrauliques en général.
628 Travaux sanitaires. Eaux. Égouts.
629 Autres branches de l'art de l'ingénieur.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On peut continuer de même, aussi loin qu'il est nécessaire, cette subdivision de chaque sujet. Suivant la nature du sujet et suivant le nombre des livres qui y sont consacrés, on pousse cette subdivision plus ou moins loin. Trois chiffres suffisent dans certains cas; d'autres fois, quatre, cinq chiffres sont utiles, ou même un plus grand nombre. Il n'est pas nécessaire, d'ailleurs, d'épuiser les dix chiffres pour une subdivision; on peut se contenter d'un nombre de subdivisions inférieur à 10 : on laisse ainsi quelques cases vacantes, qui pourront être utilisées plus tard. Pour les premières divisions, il n'a pas paru indispensable de ménager ainsi des vides en vue des besoins futurs : on a pensé que les sciences nouvelles, qui prendraient naissance, pourraient se rattacher aux anciennes, et que des subdivisions d'ordre inférieur suffiraient pour les caractériser,

Il est bon de donner un exemple de ces subdivisions détaillées : la catégorie des machines, 621, comprend :

621.0 Machines, généralités.
621.1 Machines à vapeur.
621.2 Moteurs hydrauliques.
621.3 Applications de l'électricité.
621.4 Moteurs à air, à gaz et divers.
621.5 Compresseurs d'air, machines frigorifiques.
621.6 Machines soufflantes et élévatoires.
621.7 Manufactures et ateliers pour constructions mécaniques.
621.8 Mécanismes de transmission.
621.9 Machines-outils.

La machine à vapeur, 621.1, se subdivise en :

621.10 Généralités.
621.11 Mécanisme.
621.12 Machines marines et propulsion des navires.
621.13 Locomotives.
621.14 Machines routières.
621.15 Locomobiles.
621.16 Machines fixes.
621.18 Production de la vapeur.
621.19 Chauffage à la vapeur.

La subdivision 621.17 est actuellement sans emploi prévu dans les tables.

Enfin, entrant dans un détail utile seulement pour des collections consacrées à des études spéciales, le groupe 621.13 (locomotives) donne les subdivisions qui suivent :

621.13 LOCOMOTIVES

621.13(0) Généralités. 621.13(05) Périodiques. 621.13(06) Sociétés. 621.13(09) Historique.

621 .131. Théorie de la locomotive . . . . . :
- 621 .131.1 Moment de rotation. Adhérence (sablières). Effort de traction. Production du travail.
- 621 .131.2 Recherche des conditions d'établissement d'une locomotive.
- 621 .131.3 Essais.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

621 .132. Types de locomotives.	621 .132.1 Des différents pays.
	621 .132.2 Locomotives à très grande vitesse ou à essieux indépendants.
	621 .132.3 Locomotives à 2 essieux couplés.
	621 .132.4 Locomotives à 3 essieux couplés.
	621 .132.5 Locomotives à plus de 3 essieux couplés.
	621 .132.6 Locomotives-tenders.
	621 .132.7 Locomotives de manœuvre.
	621 .132.8 Types spéciaux.
621 .133. Appareil de vaporisation	621 .133(01) Théorie de la production de la vapeur. Surface de chauffe.
	621 .133.1 Combustion. Combustibles. Pétrole. Consommation des locomotives.
	621 .133.2 Foyer, grille et cendrier. Boîte à feu. Entretoises.
	621 .133.3 Corps cylindrique de la chaudière. Tubes.
	621 .133.4 Boîte à fumée et cheminée.
	621 .133.5 Échappement.
	621 .133.6 Dôme et régulateur.
	621 .133.7 Alimentation. Pompes, injecteurs. Désincrustants, épuration des eaux.
	621 .133.8 Appareils accessoires (indicateurs de niveau, soupapes, etc.).
621 .134. Mécanisme.	621 .134.1 Mécanisme moteur : cylindres, pistons, bielles. Essieux coudés.
	621 .134.2 Distribution par tiroirs.
	621 .134.3 Hautes pressions. Distributions diverses.
	621 .134.4 Principe compound.
	621 .134.5 Graissage des mécanismes.
621 .135. Véhicule.	621 .135.1 Châssis (longerons, traverses, liaison à la chaudière, abri, etc.).
	621 .135.2 Roues, boîtes et essieux droits. Perturbations. Contrepoids.
	621 .135.3 Suspension.
	621 .135.4 Circulation en courbe. Bogies, Bissell, etc. (voir 625 .215, même question en ce qui concerne les voitures et les wagons).
	621 .135.5 Freins de locomotive.
621 .136. Tenders	621 .136.1 Dispositions. Poids. Freins, etc.
	621 .136.2 Attelages avec la locomotive.
	621 .136.3 Prises d'eau sans arrêt.
621 .137. Conduite de la locomotive.	621 .137.1 Art du mécanicien et du chauffeur.
	621 .137.2 Double traction.
	621 .137.3 Roulement du personnel. Équipes multiples.
621 .138. Remisage et entretien des locomotives.	621 .138.1 Dépôts de locomotives.
	621 .138.2 Approvisionnements et chargement du combustible.
	621 .138.3 Entretien courant des locomotives.
	621 .138.4 Installations pour le personnel.
	621 .138.5 Ateliers de réparation des locomotives.
621 .139. Approvisionnements. Matériaux. Comptabilité.	

Il arrivera souvent que deux nombres classificateurs ne se composeront pas d'autant de chiffres, soit que la subdivision d'un des sujets considérés n'ait pas été poussée aussi loin que la subdivision de l'autre sujet, soit qu'on néglige d'employer des subdivisions existantes d'ordre inférieur. Cette différence dans

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

le nombre de leurs chiffres n'empêche pas de ranger les divers nombres classificateurs dans un même ordre méthodique invariable : tous les nombres commençant par 5 précèdent ceux qui commencent par 6; tous ceux qui commencent par 52 sont placés avant ceux qui commencent par 53 : 525, par exemple, précède 53; 621 13 précède 770. C'est l'application du principe suivi pour l'ordre alphabétique des mots dans un dictionnaire. On donne d'ailleurs une définition arithmétique précise de cet ordre de classement, simple et logique, en imaginant que chaque nombre classificateur est un nombre décimal, qui devrait être précédé du zéro et d'une virgule.

Ce système de classification repose sur un principe fort ingénieux : les nombres classificateurs définissent entièrement la division à laquelle ils s'appliquent. C'est ainsi que dans le nombre 621 13, attribué aux ouvrages traitant des locomotives, nous voyons d'abord le 6, qui indique les sciences appliquées; ajoutant un 2, 62 désigne l'art de l'ingénieur; 621, les machines; 621 1, la machine à vapeur; enfin l'espèce particulière de machine à vapeur considérée, la locomotive, est définie par l'addition du 3 final. Dans les classifications botaniques et zoologiques, au contraire, un être est défini par le nom du genre et de l'espèce; mais ces noms n'indiquent rien sur la famille ou l'embranchement auquel il appartient; ils n'apprennent même pas s'ils s'appliquent à un végétal ou à un animal.

Il semble que le principe de la classification bibliographique décimale pourrait recevoir d'autres applications.

Les tables générales de la classification bibliographique décimale ont été dressées par M. Melvil Dewey et publiées en anglais. Ces tables comprennent des subdivisions étendues pour certains sujets et moins développées pour d'autres. Des tables abrégées, suffisantes pour le classement de petites bibliothèques, ont été dressées en français. En outre, certaines branches ont été l'objet de subdivisions très détaillées, qui ont été publiées à part. Telle est la classification de la science des chemins de fer, d'où est extrait le tableau relatif aux locomotives, donné ci-dessus. D'autres classifications détaillées ont été publiées ou sont en cours de publication, notamment celle de la photographie, celle des sciences militaires.

Pour faciliter les recherches, on fait suivre ces tables d'un index alphabétique des sujets, où sont donnés les nombres classificateurs. Quand on veut savoir, par exemple, quel nombre désigne les ouvrages relatifs à la locomotive, on n'a pas besoin de chercher dans les tables, de division en division, où la locomotive est classée, mais il suffit de se reporter dans l'index au mot « locomotive » pour trouver immédiatement le nombre 621 13.

Plusieurs détails d'application complètent heureusement le système. Le zéro désigne, en principe, les généralités d'un sujet quelconque. Ces généralités se

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

subdivisent de même pour tous les sujets ; aussi a-t-on adopté une division uniforme invariable de ces généralités, division qui est donnée ci-dessous :

DIVISION UNIFORME DES GÉNÉRALITÉS

(01) Théories. Méthodes. Utilité.
(02) Traités généraux.
(03) Dictionnaires, encyclopédies.
(04) Essais. Conférences.
(05) Périodiques.
(06) Sociétés.
(07) Enseignement.
(08) Polygraphie. Collections d'ouvrages publiés par un même éditeur. Œuvres complètes d'un même auteur.
(09) Historique.

Par exemple, un traité général sur un sujet quelconque est indiqué par le nombre classificateur de ce sujet, suivi de (02) ; pour désigner l'historique du sujet, on ajoute (09). Ces chiffres sont habituellement placés entre parenthèses, afin de bien indiquer leur valeur spéciale. L'emploi de ces « déterminants » est commode.

Un autre élément fort important dans certaines classifications est la division géographique. Par exemple, les ouvrages relatifs aux beaux-arts sont souvent consacrés à un pays particulier ; bien des études économiques ou industrielles s'appliquent à une seule contrée. Cette division géographique s'indique aisément, sans qu'il soit nécessaire de la détailler dans les tables pour chaque sujet ainsi divisé.

Il suffit de prendre les nombres qui, dans la division de la géographie, désignent les diverses contrées, et de les ajouter au nombre classificateur du sujet pour lequel on désire la subdivision géographique. C'est ainsi que 91 désignant la géographie, 9144 la géographie de la France, le nombre 44, ajouté à un nombre classificateur, annonce que le sujet est limité à la France. Cet indice géographique doit être placé entre parenthèses ; sans ce signe distinctif, les chiffres successifs se confondraient en un groupe unique, qui pourrait avoir une signification bien différente. Par exemple, 331 2 désignant les salaires, un ouvrage sur les salaires en France sera indexé 331 2 (44).

Le tableau qui suit donne les principales divisions géographiques :

PRINCIPALES DIVISIONS GÉOGRAPHIQUES

(4) **Europe.**

(41) Écosse et Irlande.
(42) Angleterre.
(43) Allemagne et Autriche.
(431) Prusse et Allemagne du Nord.
(432) Allemagne centrale (Saxe).
(433) Bavière.
(434) Allemagne du Sud (Prusse rhénane, Alsace-Lorraine).
(435) Allemagne du Nord-Ouest (Schleswig-Holstein et Hambourg ; Hanovre, etc.).
(436) Autriche.
(439) Hongrie.
(44) France.
(45) Italie.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

(46) Espagne et Portugal.
(460) Espagne.
(469) Portugal.
(47) Russie.
(48) États scandinaves.
(481) Norvège.
(485) Suède.
(489) Danemark.
(49) Autres pays.
(492) Pays-Bas.
(493) Belgique.
(494) Suisse.
(495) Grèce.
(496) Turquie d'Europe
(497.1) Serbie.
(497.2) Bulgarie.
(497.3) Monténégro.
(498) Roumanie.

(5) Asie.

(51) Chine.
(52) Japon.
(53) Arabie.
(54) Inde.
(55) Perse.
(56) Turquie d'Asie.
(57) Sibérie.
(58) Afghanistan, Turkestan, Beloutchestan.
(59) Autres pays de l'Asie.
(591) Birmanie anglaise.
(592) Birmanie.
(593) Siam.
(596) Cambodge.
(597) Cochinchine.
(598) Annam.
(599) Tonkin.

(6) Afrique.

(61) Nord de l'Afrique.
(62) Égypte.
(63) Abyssinie.
(64) Maroc.
(65) Algérie.
(66) Afrique centrale du Nord.
(67) Afrique centrale du Sud.
(675) Congo.
(68) Afrique du Sud.
(69) Madagascar.

(7) Amérique du Nord.

(71) Canada, Amérique anglaise.
(72) Mexique, Amérique centrale.
(725) Mexique.
(728) Amérique centrale.
(728.1) Guatemala.
(728.4) Salvador.
(728.5) Nicaragua.
(728.6) Costa Rica.
(729) Indes occidentales (Antilles, etc.).
(73) États-Unis.

(8) Amérique du Sud.

(81) Brésil.
(82) République Argentine, Patagonie.
(83) Chili.
(84) Bolivie.
(86) États-Unis de Colombie, Nouvelle-Grenade, Équateur.
(87) Venezuela.
(88) Guyane.
(89) Paraguay, Uruguay.

(9) Océanie, régions polaires.

(91) Malaisie.
(92) Iles de la Sonde (Sumatra, Java).
(93) Australasie.
(931) Nouvelle-Zélande.
(932) Nouvelle-Calédonie.
(94) Australie.
(941) Australie de l'Ouest.
(942) — du Sud.
(943) Queensland.
(944) Nouvelle-Galles du Sud.
(945) Victoria.
(946) Tasmanie.
(95) Nouvelle-Guinée.
(96) Polynésie.

Un procédé de subdivision très commode, applicable à un sujet quelconque quand cela est nécessaire, et offrant des ressources fort étendues, résulte de la combinaison de deux nombres classificateurs. Si l'on considère, par exemple, les ouvrages relatifs à l'agriculture, indexés 63, on peut désirer former une catégorie spéciale de ceux qui ont trait aux salaires, auxquels correspond le nombre 331 2. Sans qu'il soit nécessaire de prévoir dans les tables de division particulière, ces ouvrages seront désignés par la réunion des deux nombres, 63 : 331 2. Les deux points les séparent et distinguent les deux nombres employés. Sans cette division, les chiffres se confondraient en un nombre unique. Cette combinaison est réversible ; on peut écrire 331 2 : 63, qui indique, parmi les ouvrages

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

relatifs aux salaires, ceux qui s'appliquent à l'agriculture. Cette réversibilité donne le moyen de classer le livre dans deux catégories différentes. Ce n'est pas un défaut du système, mais une qualité correspondant aux nécessités du classement : il est clair que, selon les cas, le livre traitant des salaires en agriculture devra être classé ou avec les ouvrages relatifs aux salaires, ou avec les ouvrages agricoles. Dans une bibliothèque générale, on devra désigner l'ouvrage par une fiche établie en double, ou bien, si quelque raison empêche de doubler la fiche, on conviendra de placer toujours en premier le plus petit des deux nombres.

De même, les statistiques spéciales étant désignées par 313, il suffira d'ajouter le nombre classificateur du sujet auquel s'applique la statistique. Par exemple, la statistique des machines à vapeur sera indexée 313 : 621 1. La statistique des machines à vapeur en France sera 313 : 621 1 (44). Il conviendra souvent de réunir cet ouvrage à ceux qui traitent des machines à vapeur, et d'écrire 621 1 (44) : 313.

Un cas particulier de cette combinaison des nombres permet d'indiquer la division des sujets par langues, division qui est quelquefois utile et qui ne se confond pas exactement avec la division géographique. Les langues sont indiquées par des nombres donnés dans la classe 4 (philologie, linguistique). Il suffit de combiner ces nombres avec ceux qui désignent le sujet : 54 indiquant la chimie et 43 la langue allemande, un traité général de chimie en allemand sera 54 (02) : 43. Un recueil de légendes populaires étant indexé 398 2 et le bas breton étant désigné par 491 68, un recueil de légendes écrites en bas breton sera marqué 398 2 : 491 68.

Parmi les détails secondaires dans le mode d'écriture, se range l'emploi des points pour diviser les grands nombres. Aucune règle précise ne détermine cet emploi du point, placé généralement après le troisième chiffre, mais pouvant être mis autre part. Dans les subdivisions minutieuses, conduisant à l'emploi d'un assez grand nombre de chiffres, il peut être commode de distinguer la division principale par de grands chiffres : ainsi à l'étude des ressorts de locomotives correspond le nombre 621 1353 ; on pourra mettre en évidence le nombre désignant la locomotive **621 13** 53. Dans une collection spéciale de documents relatifs à la locomotive, au contraire, le nombre 621 13 est partout répété ; en écrivant 621 13 **53**, on met en évidence le détail considéré.

En dernière analyse, on range sous le même indice classificateur un nombre d'ouvrages, qui peut être assez grand. On classe entre eux ces ouvrages, d'abord par ordre chronologique, d'après l'année de la publication (en évitant toutefois de séparer les divers tomes d'un même ouvrage) ; ensuite, pour chaque année, alphabétiquement d'après les noms d'auteur.

Plusieurs objections ont été faites à l'emploi de la classification décimale ; pour une question d'un intérêt aussi grand et aussi général, les objections sont

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

inévitables; elles sont même désirables : elles donnent lieu à des études et à des discussions, qui permettent d'établir solidement le mérite du système; l'absence d'objections serait une preuve d'indifférence. Parmi ces objections, les unes sont générales et se répètent à peu près de même devant une proposition nouvelle, quel qu'en soit l'objet : ces objections générales ne font qu'exprimer la crainte du changement. Elles n'ont guère de valeur que par l'imagination, qui représente les réformes proposées comme subites et obligatoires. Comment serait-il possible, dit-on, de réformer tous les catalogues de nos bibliothèques, tout le classement des millions de livres qu'elles renferment? Il est facile de calmer ces craintes exagérées. Il ne s'agit nullement de bouleverser toute l'organisation actuelle. Mais lorsqu'on crée de nouvelles bibliothèques, ou bien lorsqu'on met en ordre des bibliothèques existantes, où n'existe pas de classement, il est clair que l'adoption de la classification décimale n'entraîne aucun sacrifice. De même, de nouvelles branches ajoutées aux grandes bibliothèques peuvent être disposées d'après le nouveau système; on peut enfin l'appliquer toutes les fois que, pour une cause quelconque, on juge à propos de refaire le classement d'une collection de livres.

C'est ainsi que la classification décimale sera successivement de plus en plus appliquée : ces applications multiples permettront d'en reconnaître le mérite. On jugera alors en toute connaissance de cause s'il est utile de modifier les grands catalogues établis suivant d'autres règles : c'est une question d'application, qui ne touche en rien au principe de la classification décimale. Il est évidemment utile de chercher le meilleur système de classement, et de l'appliquer le plus qu'on pourra : repousser ce système parce que, pendant longtemps, il en devra subsister d'autres serait une grande faute.

Parmi les adversaires de la classification décimale, on compte les auteurs d'autres systèmes nouveaux. Parmi ces systèmes, celui de M. Cutter présente des analogies de principe avec la classification décimale. Pour permettre d'augmenter le nombre des subdivisions d'un même sujet, M. Cutter emploie, au lieu de chiffres, les vingt-six lettres de l'alphabet : on peut ainsi réduire le nombre des caractères de chaque indice classificateur. L'avantage de cette réduction est bien secondaire; en principe, ce grand nombre de subdivisions de chaque sujet n'a pas grande utilité; presque toujours la division en un nombre de parties ne dépassant pas dix suffit au point de vue logique. D'une manière générale, le reproche, adressé par M. Cutter à la classification décimale, s'applique à notre système de numération : on pourrait dire de même que l'emploi de vingt-six chiffres au lieu de dix réduirait le nombre des chiffres à employer dans la plupart des cas. M. Cutter conserve les chiffres pour les divisions géographiques, ce qui les met bien en évidence; mais le même effet est obtenu par l'emploi de la parenthèse dans la classification décimale.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Enfin la classification décimale a des amis dangereux, plus à craindre peut-être que ses adversaires : ce sont les personnes qui, acceptant le principe ingénieux de cette classification, veulent en modifier l'application. Il est clair que les diverses divisions et subdivisions sont jusqu'à un certain point arbitraires et qu'elles pourraient être tracées autrement. Quand on examine un détail quelconque de la classification, il est facile d'y imaginer des modifications, pour corriger certains défauts. En réalité, ces défauts sont pour la plupart affaire d'appréciation individuelle, et, en les corrigeant, on risque d'en introduire d'autres. Comme dans l'ensemble, les tables de la classification décimale sont satisfaisantes, il faut les prendre telles qu'elles sont, et bien se garder de les modifier par caprice : c'est seulement par son uniformité qu'une classification rendra de grands services.

La classification décimale ne s'applique pas seulement aux livres, mais elle embrasse également les brochures, les articles de périodiques, les notes détachées; elle est même d'une extrême commodité pour tous ces documents, qu'il est plus difficile encore de classer que les livres. Chacun sait comme il est malaisé, surtout aux particuliers, de mettre la main sur les brochures traitant un sujet déterminé. Au contraire, une fois que la brochure porte le nombre classificateur, on sait où la ranger et où la retrouver. Il en est de même pour les notes et les fiches de toute sorte.

Pour que la classification décimale abrège autant que possible la tâche du bibliographe, et le travail de classement des livres, il serait fort commode que le nombre classificateur fût inscrit d'avance sur les livres et les divers documents. Pourquoi laisser à chaque possesseur d'un livre la peine de rechercher ce nombre, de l'inscrire, avec des chances d'erreur inévitables? On sait combien il est difficile dans certain cas de juger du contenu d'un livre à la simple lecture du titre. Imprimé à l'avance sur le livre, le nombre classificateur en permet le classement sans recherches et sans erreur possible.

Dans cette voie, on peut aller plus loin. Dans toutes les bibliothèques bien tenues, les livres sont représentés par les fiches du catalogue; ces fiches sont établies au moins en double, une pour le classement méthodique, l'autre pour le catalogue alphabétique des noms d'auteurs. La rédaction de ces fiches est longue; elles risquent d'être incomplètes ou entachées d'erreurs. Il serait bien facile de généraliser une méthode déjà adoptée par certains éditeurs, et d'imprimer à l'avance, en double ou en triple, sur une feuille spéciale, la mention que doit porter la fiche; il suffirait de découper ces mentions et de les coller sur fiches. Ce procédé serait extrêmement commode surtout pour les particuliers. Il est clair qu'on pourrait aller plus loin encore, en livrant avec le livre les fiches elles-mêmes imprimées, suivant un format uniforme (1).

(1) Les fiches adoptées par l'Institut bibliographique international de Bruxelles ont 125 sur

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Voici par exemple comment est rédigée une de ces fiches :

Gérard (**Eric**) **537** (**02**)

1897. Leçons sur l'électricité, professées à l'Institut électrotechnique Montefiore, annexé à l'Université de Liège, par Eric Gérard. Tome premier : Théorie de l'électricité et du magnétisme; électrométrie, théorie et construction des générateurs et des transformateurs électriques, 5e édition.

Paris, 1897, Gauthier-Villars et fils. — Grand in-8°, XI-800 p., figures.

De même, il est fort désirable que le nombre classificateur soit inscrit sur les articles de périodiques; cette méthode est déjà adoptée par diverses publications, notamment par la Revue Scientifique, par le Bulletin de la Commission internationale du Congrès des chemins de fer.

Lorsqu'on veut conserver une trace d'un article de périodique, et certains articles de ce genre ont une grande importance littéraire ou scientifique, il est nécessaire d'en tenir note. Une note bibliographique bien faite doit donner le nom de l'auteur, le nombre classificateur, l'année de la publication, le titre complet de l'article, l'étendue de l'article et enfin le titre du périodique qui l'a publié avec l'indication du volume et de la page. On trouvera ci-dessous deux exemples de ces fiches :

TYPES DE FICHES BIBLIOGRAPHIQUES

Richard (**G.**) **621.4**

1897. Les moteurs à gaz et à pétrole, par G. Richard. (2 800 mots.)

(*Revue de mécanique*, n° 11, novembre, p. 1060.)

Pétroff (**N. P.**) **621.131.2**

1897. Quelques considérations indispensables pour déterminer les dimensions principales des locomotives. — Application à une locomotive à grande vitesse, par N. P. Pétroff. (10 500 mots et 15 tableaux.)

(*Revue générale des chemins de fer*, n° 6, décembre, p. 354.)

Sauvage (**Ed.**) **025.4** (**04**

1898. Classification bibliographique décimale, conférence faite, le 27 mai 1898, à la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale, par Ed. Sauvage. (6 000 mots.)

(*Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale*, juin, p. 708.)

La rédaction de ces fiches bibliographiques est, on le voit assez longue, et demande une grande attention. Or il semble qu'il ne serait pas bien difficile pour l'éditeur d'un périodique, de rédiger ces fiches et de les publier, soit sur

75 millimètres; elles sont posées sur le grand côté et sont percées d'un trou à la partie inférieure pour recevoir la tringle qui les maintient dans les tiroirs.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

des feuilles séparées imprimées d'un seul côté (comme le fait par exemple le Bulletin de l'Institut international de Bibliographie, le Bulletin de la Commission internationale du Congrès des chemins de fer), soit sur la couverture ou sur des pages d'annonces des numéros. On pourrait même, si on jugeait dans certains cas ce travail trop étendu, le limiter aux principaux articles.

Ces indications auraient plusieurs avantages importants : elles donneraient une bonne table des articles de chaque numéro d'un périodique, table qui souvent n'est pas assez détaillée ni assez apparente ; chaque lecteur prendrait note sans peine des articles qui l'intéressent spécialement et auxquels il désire recourir plus tard, en découpant la mention de ces articles ; une bibliothèque recevant plusieurs périodiques constituerait un catalogue fort utile de tous les articles contenus dans ces périodiques, en découpant et en collant sur des fiches toutes ces mentions. Enfin elles serviraient à la confection de répertoires bibliographiques généraux ou limités à certains sujets.

Pour que de telles mentions soient réellement utiles, il est nécessaire qu'elles portent les nombres classificateurs ; autrement on ne les classerait pas sans peine. Par ces procédés simples, les auteurs et les éditeurs des livres et des périodiques, sans peine et sans dépense appréciable, faciliteraient énormément le travail si utile de la bibliographie. On sait que l'Institut bibliographique international, fondé à Bruxelles en 1895, s'occupe de la création d'un répertoire universel, en faisant appel au concours de nombreuses sociétés. Une section française de cet institut s'est constituée à Paris en 1896, et s'occupe d'y créer un Bureau bibliographique, destiné à assurer la publication des différentes branches du répertoire bibliographique universel. On vient d'entendre le président de cette section demander à cet effet l'appui de la Société d'Encouragement. Le travail serait bien simplifié si les fiches bibliographiques étaient ainsi rédigées à l'avance en même temps que les travaux qu'elles font connaître. Ce Bureau pourrait donner, quand il serait utile, les indications nécessaires pour l'attribution des nombres classificateurs et la bonne rédaction des fiches.

En résumé, le système simple, ingénieux et général de la classification décimale permet le bon classement des livres et des documents de toute sorte ; ce système permet la création de bibliographies faisant connaître les travaux relatifs à chaque question ; il fournit ainsi un puissant moyen d'étude, et il évite bien des pertes de temps dans les recherches. Il est donc à souhaiter que les applications de ce système se multiplient et se généralisent, grâce au concours de tous ceux que les livres et les publications périodiques intéressent à des titres divers.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ASTRONOMIE

NOTE SUR LA DÉTERMINATION DE L'HEURE DU PASSAGE DU SOLEIL DANS UN PLAN VERTICAL, PAR **M. Ed. Collignon.**

Soient :

Z le zénith du lieu de l'observation;

P le pôle du monde : le pôle nord, si le lieu de l'observation est au nord de l'équateur;

S la position du soleil à un instant donné;

ZS l'intersection de la sphère céleste avec le plan vertical conduit par le centre du soleil;

α l'angle que fait l'arc ZS avec la portion de méridien dirigée vers le sud;

ω l'angle ZPS, ou l'*angle horaire* correspondant à la position actuelle du soleil;

λ la latitude du lieu;

D la déclinaison du soleil;

φ la distance SZ du soleil au zénith.

On aura, dans le triangle sphérique PZS, qui a pour côtés $\frac{\pi}{2} - \lambda$, $\frac{\pi}{2} - D$ et φ,

$$\cos\varphi = \sin\lambda \sin D + \cos\lambda \cos D \cos\omega$$

et

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\omega} = \frac{\cos D}{\sin\varphi};$$

ces équations rattachent les angles φ et ω à l'angle α, et permettent de calculer l'angle horaire en fonction de l'angle azimutal, ce qui revient à déterminer l'heure du passage du soleil dans le plan vertical défini par l'angle α. Nous nous proposons, dans cette Note, d'indiquer une construction géométrique simple de l'angle ω, puis de montrer comment la recherche de cet angle peut être ramenée à l'emploi d'abaques connus.

I

CONSTRUCTION DIRECTE DE L'ANGLE HORAIRE CORRESPONDANT A UN VERTICAL DONNÉ

Imaginons qu'on fasse la carte stéréographique de la sphère céleste, en prenant pour centre de la perspective, ou pour point de vue, le pôle sud de la sphère, et l'équateur pour plan du tableau. On sait que, dans ce genre de projections, les angles sont conservés, et que les circonférences de la sphère se transforment en circonférences.

La figure 1 représente la coupe de la sphère céleste par le plan méridien du lieu où se fait l'observation. Soient

O ce lieu, centre de la sphère céleste;

OA la verticale;

(1) *Annales de l'École Polytechnique*, 2e série, IVe cahier.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

PP′ l'axe du monde, P le pôle nord; P′ le pôle sud, centre du tracé stéréographique;

BB′ le plan de l'équateur, λ la latitude AOB du lieu;

SS′ le parallèle que le Soleil décrit sur la sphère céleste le jour de l'observation. On néglige la variation de la déclinaison pendant cette journée.

Le cercle SS′ de la sphère donnera sur la carte un cercle de diamètre ss'; le point A se projettera en α.

Le plan tangent à la sphère céleste en A coupe le méridien suivant la droite AI, tangente à la circonférence PAP′, et l'équateur suivant une droite projetée en I sur le plan de la figure. Si l'on appelle a le rayon OB de la sphère, on aura

$$OI = \frac{a}{\cos \lambda}.$$

On peut remarquer que Ia = IA. En effet, l'angle IAP′ a pour mesure, dans le cercle PAP′, la moitié de l'arc ABP′; tandis que l'angle AaI a pour mesure, dans le même

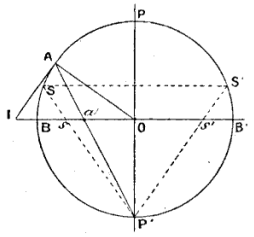


Fig. 1.

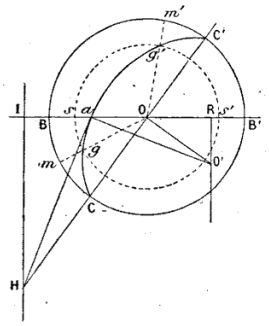


Fig. 2.

cercle, la demi-somme des arcs AB, P′B′, c'est-à-dire la moitié du même arc ABP′. On a donc l'égalité IA = Ia.

Ces préliminaires posés, venons au tracé stéréographique de l'hémisphère nord BPB′ sur le plan BB′ de l'équateur.

Nous aurons, pour représenter l'équateur, un cercle BB′ de rayon a (fig. 2), un cercle concentrique de rayon Os pour représenter le parallèle décrit par le soleil pendant la journée. La droite IH, perpendiculaire à Oa, sera la trace du plan tangent au point A sur l'équateur. Par la verticale OA, menons un plan qui fasse avec le méridien AB (fig. 1) un angle donné α. Ce plan coupera le plan tangent suivant une droite AH qui fera cet angle α avec AI. Sur la perspective stéréographique, cette droite se projettera suivant la droite aH, qui fera avec aI le même angle α, puisque les angles sont conservés; nous avons reconnu que Ia = IA; le triangle aIH rectangle en I dans l'espace, se rabat simplement en aIH sur le plan du tracé, en tournant autour du côté IH.

Le vertical considéré coupe la sphère suivant un grand cercle dont le plan a pour trace sur le plan de l'équateur la droite OH. Il coupe donc le cercle BB′ aux deux points C et C′. L'intersection du vertical et de la sphère sera, en définitive, représentée sur la carte par la circonférence qui passe par les trois points C, a, C′, et qui sera tangente en

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

a à la droite Ha; on aura son centre O′ en élevant, en a et en O, sur les droites Ha, HO des perpendiculaires qui se couperont au centre O′ cherché. Il suffira donc de décrire de O′ comme centre, avec Oa pour rayon, un arc de cercle CaC′, qui coupera le parallèle décrit par le Soleil en g et g'; les angles gOa, g'Oa seront les angles horaires qui définissent les instants où le Soleil traverse pendant la journée le plan vertical représenté sur la figure par l'arc de cercle CaC′.

On peut observer que, pour différents points H, pris sur la droite IH. le point O′ parcourt une droite RO′, perpendiculaire à Oa, et que le point R se déduit du point I en prenant OR = aI, c'est-à-dire en retournant bout pour bout la droite Oa, à laquelle le point I serait invariablement rattaché. Si l'on calcule les segments Ia, OR, AO, qui sont des fonctions de la latitude λ seule, on a

$$Ia = OR = a \tang \lambda, \quad aO = a\left(\frac{1}{\cos\lambda} - \tang\lambda\right) = a \tang\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\lambda}{2}\right);$$

la somme IR des trois tronçons est égale à $a \tang\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\lambda}{2}\right)$.

Le rayon ρ du cercle CaC′ est égal à $\frac{a}{\cos\lambda \sin\alpha}$.

Les angles horaires, convertis en temps, et retranchés ou ajoutés à midi, donneront l'heure du passage du soleil dans le plan vertical représenté sur l'épure. Ces heures se liront directement sur l'épure en m et m', si le cercle équatorial BB′ est partagé en heures au lieu de l'être en degrés, le point B correspondant au midi vrai. Elles doivent être ensuite corrigées au moyen de l'équation du temps, pour être ramenées au temps moyen et à l'heure des horloges.

La même solution, légèrement modifiée, s'applique à un plan quelconque, défini de position par l'angle α, que sa trace sur le plan horizontal fait avec la méridienne, et par l'angle α', que sa trace sur le plan méridien fait avec la verticale.

II

On peut donner une autre solution du même problème, fondée sur un principe tout différent. Soient (fig. 3) :

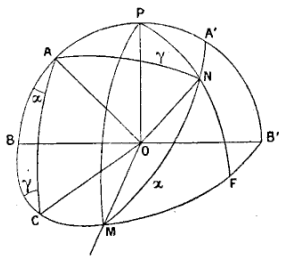


Fig. 3.

O le centre de la sphère *terrestre ;*

P le pôle nord du globe;

BCB′ l'équateur;

A le lieu de l'observation, situé dans le plan méridien PB, et défini par sa latitude λ = BA;

AOC un plan vertical mené au point A, faisant un angle ABC = α avec le plan méridien; l'angle α sera compté à partir de la tangente à la méridienne dirigée vers le sud, positivement dans le sens qui va du sud vers l'est;

OC l'intersection de ce plan avec l'équateur;

ON une normale élevée au point O sur le plan AOC. Elle perce sur la face sphérique en un point N qui sera le pôle du cercle AC; l'horizon du point N sera parallèle au plan AOC.

Achevons le triangle sphérique APN, qui a pour sommet le point donné A, le pôle

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

nord P, et le point N qu'on vient de définir. L'angle PON, compris entre les perpendiculaires élevées en O sur les plans BOC, AOC, est égal à l'angle $\lambda = ACB$ du triangle ABC. L'angle AON est droit.

Le point N sera défini, sur le globe terrestre, par ses coordonnées géographiques, savoir : sa latitude $\lambda' = FN$, et sa longitude L, mesurée sur l'équateur par l'arc BF, ou mesurée par l'angle APN au pôle. La résolution des triangles ABC, APN, conduit à la connaissance de ces deux coordonnées. On a

$$PN = \frac{\pi}{2} - \lambda' = \text{angle } C = \gamma,$$

$$AN = \frac{\pi}{2},$$

$$AP = \frac{\pi}{2} - \lambda,$$

$$\text{angle } APN = L = BC + CF = BC + \frac{\pi}{2}.$$

Le triangle ABC, rectangle en B, donne les relations

$$\cos C = \sin A \cos AB,$$

ou bien

$$\sin \lambda' = \sin \alpha \cos \lambda \tag{1}$$

et

$$\frac{\sin BC}{\sin AB} = \frac{\sin A}{\sin C},$$

c'est-à-dire

$$\frac{\cos L}{\sin \lambda} = -\frac{\sin \alpha}{\cos \lambda'}.$$

L'équation (1) donne λ', et l'équation (2) donne ensuite L. Le triangle APN conduit à une équation plus commode entre L, λ et λ'. La formule fondamentale, appliquée à ce triangle,

$$\cos AN = \cos AP \cos PN + \sin AP \sin PN \cos APN$$

ou bien

$$0 = \sin \lambda \sin \lambda' + \cos \lambda \cos \lambda' \cos L,$$

équivaut à la relation

$$\cos L = -\tan \lambda \tan \lambda'. \tag{3}$$

Le soleil traverse le plan vertical AOC en même temps qu'il traverse le plan horizontal du point N, car ces deux plans sont parallèles et leur distance est négligeable ; on peut les regarder comme se confondant; connaissant donc les heures du lever et du coucher du Soleil pour le point N, on aura aussi les heures du passage du Soleil dans le vertical AOC, sauf qu'il faudra corriger ces heures de la différence due à la différence des deux points en longitude; la correction revient à convertir en temps, la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

longitude L, à raison d'une heure pour 15 degrés sexagésimaux, et à retrancher le résultat des heures déterminées pour le point N, ou à l'ajouter suivant les cas.

Pour

$$\alpha = 0,$$

on a

$$\sin \lambda' = 0,$$

c'est-à-dire

$$\lambda' = \lambda,$$

et

$$\cos L = 0,$$

ou

$$L = \frac{\pi}{2}.$$

Le passage du soleil au méridien du point A a lieu en même temps que le lever et le coucher du soleil au point M, situé sur l'équateur, c'est-à-dire à 6 heures du matin et à 6 heures du soir, heures du point M, ce qui équivaut à minuit et midi, heures du point A.

Si l'on fait $\alpha = \frac{\pi}{2}$, on trouve de même

$$\sin \lambda' = \cos \lambda, \quad \text{ou} \quad \lambda' = \frac{\pi}{2} - \lambda,$$
$$\cos L = -\operatorname{tang} \lambda \cos \lambda = -1, \quad L = \pi.$$

Le point N, qui correspond au vertical dirigé un A de l'est à l'ouest, est sur le méridien du point A prolongé au delà du pôle, à la distance AA′ égale à un quadrant, ou bien à la distance PA′ $= \lambda$ du pôle. La différence des heures pour les points A et A′ est égale à douze heures ; la correction des heures due à la différence des longitudes revient alors à changer *matin* en *soir* et *soir* en *matin*.

Quand on fait varier α de 0 à π, le point N se déplace sur le cercle MA′, dont le point A est le pôle, entre le pôle, entre le point M et le point M′, diamétralement opposé sur l'équateur.

Nous avons donné en 1879, dans les *Nouvelles Annales de Mathématiques* (1), un diagramme ou, pour parler le langage du jour, un *abaque*, qui fait (fig. 4) connaître à vue l'heure du lever et du coucher du soleil pour une valeur quelconque de la déclinaison et pour une latitude prise arbitrairement (2). Si donc on construit un nouvel abaque qui serve à déterminer, pour une latitude donnée λ et un angle azimutal quelconque α, les valeurs correspondantes des coordonnées géographiques λ' et L du point N, pôle du plan vertical considéré, on pourra, à l'aide de l'ancien abaque, trouver les heures du lever et du coucher du Soleil au point N, pour une déclinaison connue du Soleil ; ces heures seront ensuite corrigées d'après la différence de longitude L convertie en temps, et ramenées au temps moyen du lieu A de l'observation. Il n'y aura pas à appliquer aux résultats obtenus la correction due à la réfraction, puisque la réfraction n'altère pas l'époque du passage du soleil dans un plan vertical et n'agit que sur sa hauteur dans ce plan.

(1) 2e série, t. XVIII; 1879.
(2) Voir *Pl. I.*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L'abaque que M. d'Ocagne a publié, en 1891, dans sa *Nomographie* (1), se prête, sauf

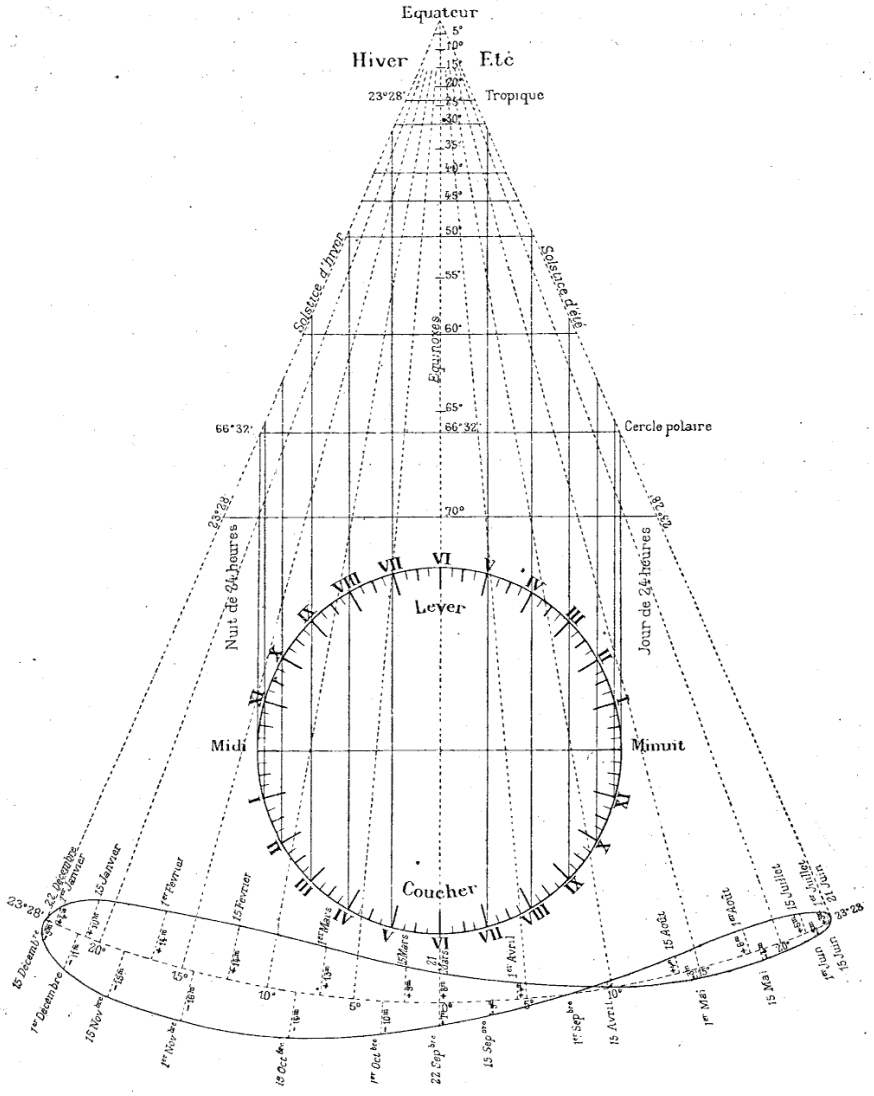


Fig. 4. — Diagramme des levers et couchers du soleil. Temps vrai.

quelques modifications de détail, à la solution de ce nouveau problème : *trouver* λ' *et* L, *connaissant* λ *et* α.

Soient (fig. 5)

(1) *Les calculs usuels effectués au moyen des abaques*, par M. Maurice d'Ocagne, ingénieur des Ponts et Chaussées; Paris, Gauthier-Villars et fils; 1891, p. 85.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

CDEF un carré dans lequel le côté sera égal à deux unités;

O son centre;

AA′, BB′ les droites rectangulaires qui joignent les milieux des côtés opposés.

Sur les côtés CF, DE, comme diamètres, décrivons deux circonférences, et, à partir des points A_1 et A'_1, situés sur ces circonférences à l'intersection de la droite AA′ pro-

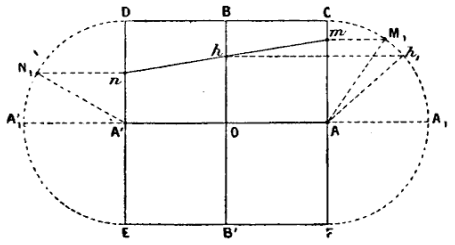


Fig. 5.

longée, prenons des arcs $A_1 M_1 = \alpha + \lambda$, $A'_1 N_1 = \alpha - \lambda$. Projetons les point M_1 et N_1 en m et n sur les côtés du carré, et joignons mn; la droite mn coupe en h la droite BB′, et l'on aura

$$Oh = \frac{1}{2}(Am + A'n) = \frac{1}{2}[\sin(\alpha + \lambda) + \sin(\alpha - \lambda)] = \sin\alpha \cos\lambda = \sin\lambda'.$$

On trouvera donc la latitude λ' dans l'arc $A_1 h_1$, déterminé sur la circonférence $CA_1 F$ par la rencontre d'une parallèle à AA′ menée par le point h.

En réalité, les circonférences ne seront pas tracées; mais les trois droites parallèles DE, BB′, CF seront graduées *d'après la loi des sinus*, c'est-à-dire en portant à partir des points A, O, A′, des longueurs $x = \sin\varphi$ sur ces trois droites, et en inscrivant à l'extrémité du segment l'angle φ qui correspond à la valeur de x. Le zéro de la graduation sera aux points A, O, A′; les abscisses négatives correspondront aux valeurs négatives de φ; deux valeurs supplémentaires de φ correspondront à une même valeur de x. Quant à la droite mn, on la tracera dans chaque cas particulier en tendant de m en n un fil, dont l'intersection avec l'échelle centrale BB′ fera connaître la valeur de λ' par une simple lecture (fig. 6).

Connaissant λ et λ' on pourra former la somme $\lambda + \lambda'$ et la différence $\lambda - \lambda'$.

Reprenons (fig. 7) le carré CDEF, qui a pour côté deux unités, et décrivons des circonférences sur les trois côtés ED, DC, CF comme diamètres. Sur la circonférence $CA_1 F$, prenons un arc CM, égal à la différence $\lambda - \lambda'$, et projetons le point M en m sur le diamètre CF, nous aurons

$$Am = \cos(\lambda - \lambda').$$

A partir du point E, prenons de même, sur la circonférence $EA'_1 D$, un arc EN égal à la somme $\lambda + \lambda'$, et projetons le point N en n sur le diamètre DE. Nous aurons $A'n = \cos(\lambda + \lambda')$. Joignons les points m et n, et soit K le point de rencontre de la droite mn avec la médiane AA′. Je dis que — OK sera le cosinus de L dans le cercle du rayon I, c'est-à-dire que L sera égal à l'angle K′BC, dans le cercle décrit sur le diamètre CD, le point K′ étant pris à la rencontre de la circonférence avec la droite KK′ parallèle à B′B.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

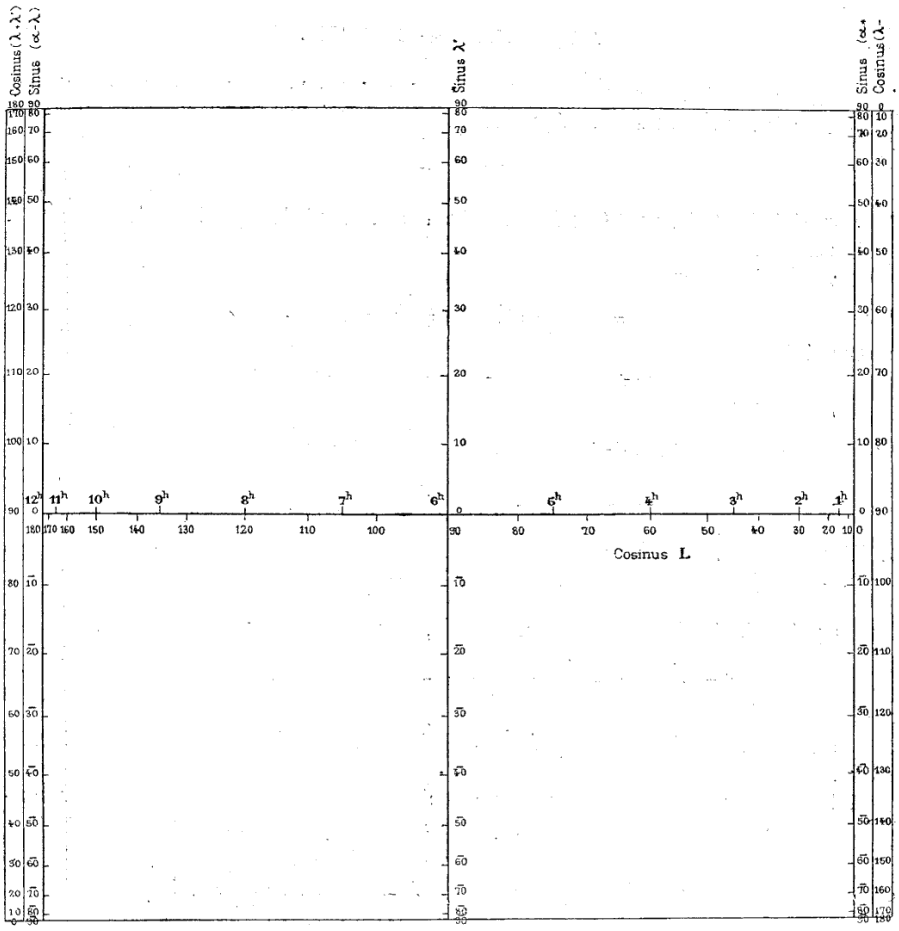


Fig. 6. — Abaque pour la détermination du point N du grand cercle AC et où l'horizon est parallèle au plan AOC, vertical au point A.

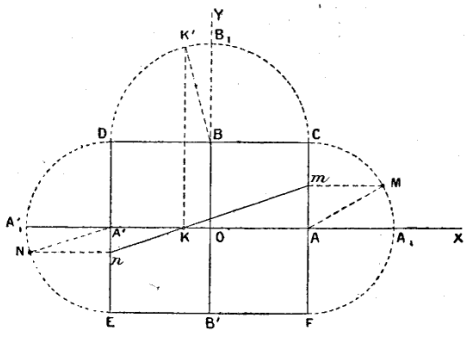


Fig. 7

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Prenons en effet, pour axes coordonnés OX, OY, les deux médianes du carré, A′A et B′B. La droite *mn* aura pour équation

$$y = Mx + N,$$

les quantités M et N devant être déterminées sous la condition que la droite passe aux points *m* et *n*.

Or, au point *m*, on a

$$x = 1, \qquad y = M + N = Am = \cos(\lambda - \lambda'),$$

et au point *n*

$$x = -1, \qquad y = N - M = -A'n = -\cos(\lambda + \lambda').$$

On en déduit

$$M = \frac{1}{2}[\cos(\lambda - \lambda') + \cos(\lambda + \lambda')] = \cos\lambda \cos\lambda',$$

$$N = \frac{1}{2}[\cos(\lambda - \lambda') - \cos(\lambda + \lambda')] = \sin\lambda \sin\lambda',$$

et l'équation de la droite devient

$$y = x \cos\lambda \cos\lambda' + \sin\lambda \sin\lambda'.$$

Au point K, où elle coupe ON, on a $\lambda = 0$, et, par suite,

$$x = -OK = -\frac{\sin\lambda \sin\lambda'}{\cos\lambda \cos\lambda'} = -\tang\lambda \tang\lambda' = \cos L.$$

Pour construire l'abaque, il suffira de diviser et de graduer les deux côtés CF, ED suivant la loi des cosinus, c'est-à-dire :

1° De porter sur le côté AC, à partir du point A, des longueurs $z = \cos\varphi$, positivement vers le haut, négativement vers le bas, et d'inscrire à l'extrémité du segment qui représente *z* l'angle φ correspondant, le zéro des angles sera au point C ;

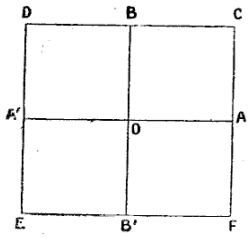


Fig. 8.

2° De faire la même opération sur le côté A′E, *mais en changeant le sens de la graduation ;* on portera la longueur $z = \cos\varphi$ de A′ vers E, en descendant si $\cos\varphi$ est positif, en remontant si $\cos\varphi$ est négatif; le zéro des angles sera au point E.

3° De faire encore la même opération sur la médiane AA′, en portant, à partir du point O, le segment $x = \cos\varphi$, à droite de O si $\cos\varphi$ est positif, à gauche s'il est négatif; le zéro de la graduation des angles sera le rayon BC, pour les angles au centre du cercle CB_1D, et le point A pour la graduation de la médiane AA′.

On reconnaît les divisions qui servent à la construction de l'abaque de M. d'Ocagne pour trouver les distances à la surface de la sphère; il est inutile ici d'achever le quadrillage. Au lieu de chercher la distance sphérique qui correspond à une différence donnée L de longitude, nous cherchons en effet la longitude L qui assure entre les deux points A et N (fig. 3) une distance sphérique égale à $\frac{\pi}{2}$; à cette distance, correspond la droite AA′ dans l'abaque de M. d'Ocagne (voir fig. 6).

Les deux figures que nous avons définies ne diffèrent pas comme traits, ni comme

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

partage, mais seulement par les graduations des diverses droites qui les composent (fig. 8).

Le Tableau suivant les résume :

		Origine des arcs.	Sens positif.
Recherche de λ'. — Loi des sinus.	CF	A	AC
	BB'	O	OB
	DE	A'	A'D
Recherche de L. — Loi des cosinus.	CF	C	AC
	AA'	A	OA
	ED	E	A'E

On peut réunir les deux graduations sur la même figure, et un seul abaque donne alors la solution des deux problèmes à résoudre.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS CHIMIQUES

L'IRICHROMATINE, PAR **M. Charles Henry** (1).

Lumières et pigments. — On distingue deux catégories de couleurs : les couleurs lumières, produites par réfraction, par interférences, par diffraction, etc., sans absorption sensible d'aucune partie de la lumière blanche incidente; les couleurs pigments, produites par réflexion ou par transmission, avec absorption de portions sensibles de la lumière blanche. D'ordinaire, la couleur réfléchie par un pigment est la même que celle qu'il transmet; dans certains cas, la couleur réfléchie est complémentaire de la couleur transmise (esculine, éosine, etc.); parfois la couleur réfléchie a une teinte voisine de la teinte transmise (oxazines, violet résorcinique, etc.). Dans tous les cas, les couleurs lumières ont sur les couleurs pigments la supériorité d'une luminosité plus grande.

Couleurs d'interférence. — Le moyen le plus pratique d'obtenir des couleurs lumières est de les produire par interférences avec des lames minces de l'ordre d'épaisseur des différentes longueurs d'onde : il se produit, entre le rayon, incident et ceux émergeant de la lame et réfléchi par elle, qui suivent le même chemin, des différences de phase variables avec l'épaisseur; quand, dans le rayon incident de lumière blanche, une couleur a sa période coïncidant avec cette différence de phase, cette couleur est renforcée; c'est la couleur que l'on perçoit; en réalité, une surface infiniment petite d'une lame mince émet un spectre complet, comme il est aisé de le voir au spectroscope.

Le procédé au collodion. — Le coton-poudre dilué dans l'éther et l'alcool dans les proportions suivantes :

Coton azotique	8
Alcool à 90°.	690
Éther à 65°.	302
	1 000

donne un collodion qui, répandu sur papier convenablement apprêté, détermine la production de couleurs d'interférence. Ce procédé est coûteux, et les colorations sont entièrement dues au hasard, puisqu'elles n'apparaissent qu'après évaporation de l'alcool et de l'éther.

(1) Travail du laboratoire de physiologie de la Sorbonne.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L'irichromatine. — Mon procédé d'irisation est l'application d'un théorème bien connu de la théorie de la capillarité. Pour qu'un liquide s'étende en lame mince sur l'eau, il faut et il suffit que la somme des tensions superficielles de ce liquide par rapport à l'air et par rapport à l'eau soit inférieure à la tension superficielle de l'eau par rapport à l'air, c'est-à-dire à 81 dynes.

Je me suis adressé, pour obtenir des lames minces, à des dissolutions de térébenthènes, en particulier de gomme dammar, et à des dissolutions de bitume de Judée, dans la benzine et autres hydrocarbures insolubles dans l'eau, dissolutions dont je répands des gouttes à la surface de l'eau d'un bassin : il se forme une pellicule très mince, dont je puis modifier les couleurs à volonté, en agissant sur l'épaisseur par traction ou par des vibrations sonores. Cette pellicule se dépose sur un subjectile quelconque immergé au fond du bassin après évacuation de l'eau, ou bien elle est entraînée, dans le cas du papier par exemple, sur une bande sans fin qui émerge du bassin, se sèche, et va se réembobiner, irisée, à l'extrémité du train. J'ai donné à ces mixtures et à ce procédé le nom d'*irichromatine*.

On trouve, pour les tensions superficielles en présence de l'air et en présence de l'eau, en dynes :

Gomme Dammar	37,58	24,36
Bitume de Judée.	38,3	21,2

Ces nombres sont assez voisins de ceux-ci :

Huile d'olive.	37	21

et pourtant l'on n'obtient avec l'huile d'olive des colorations que sur de très petites surfaces, la plus grande partie de l'huile se répandant en couches trop minces, d'une épaisseur de 1/500 de micron, d'après lord Rayleigh. Une différence de quelques dynes dans les tensions superficielles suffit à modifier du tout au tout les apparences.

Les pellicules ainsi obtenues sont très résistantes : l'oxygène de l'air, sous l'influence de la lumière, a pour effet de rendre le bitume de Judée insoluble dans ses dissolvants et de durcir les térébenthènes.

Ces pellicules sont continues, c'est-à-dire sans fissures. Ce résultat est dû à l'insolubilité parfaite de la benzine dans l'eau. Si on choisit, pour dissoudre des résines et des bitumes, l'alcool, l'essence de térébenthine ou tout autre liquide soluble dans l'eau, il y a, en certains points, précipitation plus ou moins complète de la résine et du bitume par l'eau, lors de la diffusion de la goutte à la surface du bassin; d'où, en ces points, des hétérogénéités, des faiblesses, et finalement des fissures de la pellicule.

Ces pellicules se fixent très solidement sur le papier, à la condition d'apprêter

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

au préalable ce papier avec de la gélatine rendue insoluble dans l'eau par le formol; elles s'enlizent à une certaine profondeur dans cette couche; car, si on mêle à la gélatine un excès de noir ou d'une couleur pigmentaire quelconque, le noir ou la couleur s'enlève au frottement, mais non pas la pellicule d'irichromatine.

On peut facilement iriser par ce procédé 1 kilomètre de papier par cuve et par jour.

L'application de l'irichromatine peut être généralisée : il suffit de trouver pour chaque subjectile l'apprêt convenable.

Applications. — L'irichromatine employée pour le filage en mer a donné des résultats très supérieurs à l'huile lourde de pétrole pour empêcher le moutonnement des vagues. Des expériences ont été faites à Cherbourg, par M. le lieutenant de vaisseau Courmes, sur une baleinière, un canot et une grosse chaloupe recevant par la hanche des paquets de mer déferlante.

Si, en vue de la zincophotographie, l'on dépose sur une plaque de zinc du bitume de Judée en lame mince, à la façon de l'irichromatine, au lieu de le déposer en couche épaisse, on obtient une diminution considérable du temps de pose.

On peut fonder sur l'irichromatine diverses méthodes de mesure.

Il est facile de connaître l'épaisseur x d'une pellicule à peu près monochrome, connaissant par une mesure directe la surface S de la pellicule, D la densité de la résine, p le poids de la résine dans la goutte de mixture déposée à la surface de l'eau. On a :

$$x = \frac{p}{DS}.$$

Si l'on suppose les rayons lumineux sensiblement perpendiculaires à la lame, et en considérant que, vu la petite épaisseur e de la lame, on peut regarder le chemin parcouru avant l'émergence, par le rayon incident, comme égal à $2e$, on a, pour la différence de phase entre le rayon incident, d'une part, et le rayon émergent et le rayon réfléchi suivant la même direction, d'autre part: $2e - \frac{\lambda}{2}$

Si cette différence $= 2\,\frac{\lambda}{2}$, en général $2e\,\frac{\lambda}{2}$, il y a, dans le rayon réfléchi, accroissement de l'intensité de la couleur caractérisée par λ. En posant $2e - \frac{1}{2}\lambda = \lambda$, on trouve pour λ, en partant des valeurs connues de e et de la couleur émise par λ, des nombres concordant remarquablement avec les mesures de l'optique. Réciproquement, on peut, de la longueur d'onde de la couleur réfléchie, tirer l'épaisseur e.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L'irichromatine condense facilement la vapeur d'eau; en approchant de n'importe quelle surface émettant de cette vapeur un verre recouvert d'irichromatine, les couleurs d'interférence virent; on peut, sans calcul, tirer de la teinte l'épaisseur de la couche de vapeur d'eau qui a produit le changement.

On peut enregistrer, par des changements de coloration, des amplitudes et des formes différentes de vibrations sonores en émettant les sons devant la surface de l'eau avant la formation de la pellicule.

En colorant l'irichromatine de différentes couleurs pigmentaires, on peut calculer l'épaisseur nécessaire et suffisante à la perception de chaque pigment, et résoudre divers problèmes plus ou moins curieux.

SUR LES LIMITES D'INFLAMMABILITÉ DES VAPEURS COMBUSTIBLES. Note de **MM. H. Le Chatelier** et **O. Boudouard** (1).

L'inflammabilité des mélanges gazeux est une propriété complexe; elle doit dépendre de diverses conditions d'ordre plus général, telles que chaleur de combustion, vitesse de combinaison, etc. Les recherches trop peu nombreuses faites sur ce sujet n'ont pas encore permis d'établir des relations entre les phénomènes en jeu. Si l'on veut multiplier suffisamment les expériences, il ne faut pas se limiter aux gaz combustibles, mais s'adresser aussi aux vapeurs combustibles qui embrassent un grand nombre de composés de la chimie organique.

Pour déterminer la limite d'inflammabilité d'une vapeur, c'est-à-dire la plus petite quantité de ce corps dont le mélange avec une quantité donnée d'air soit inflammable, on ne peut employer les mêmes procédés que dans les cas des gaz. Nous avons, pour les liquides très volatils, comme l'éther, le sulfure de carbone, la benzine, introduit successivement des poids connus de ces composés dans un flacon de 2 litres, rempli préalablement d'air. Un agitateur intérieur servait à activer l'évaporation du liquide et à rendre le mélange homogène. L'expérience était renouvelée jusqu'à ce que l'on ait trouvé deux poids différant au plus de 10 p. 100 et tels que le plus faible donne un mélange ininflammable et le plus fort un mélange inflammable. La moyenne de ces deux nombres a été prise pour la limite d'inflammabilité qui est ainsi définie à 5 p. 100 près de sa valeur.

Dans le cas des corps peu volatils, comme des alcools, l'essence de térébenthine, la naphtaline, nous introduisons le composé dans une fiole jaugée de 500 centimètres carrés, maintenue à température fixe. Un thermomètre placé à l'intérieur porte un agitateur qui, par son mouvement, accélère la saturation de l'air. La température correspondant à la limite d'inflammabilité a été déterminée à 1 degré près. Pour savoir la quantité de vapeur existant à cette température dans le mélange, nous faisons passer un volume connu d'air, 2 litres, dans un petit tube à ponce imprégnée du liquide, maintenu à la même température. La perte de poids donne la même quantité de liquide qui s'est vaporisée pour fournir un volume de mélange égal à 2 litres augmentés du volume de cette vapeur.

Cette méthode est beaucoup moins précise que la précédente, pour deux raisons : d'une

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 21 mars 1898.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

part, la variation rapide des tensions de vapeur avec la température; d'autre part, la difficulté d'amener à saturation une masse donnée d'air. Les erreurs sont, par cette seconde méthode, au moins deux fois plus grandes que par la première.

Dans le tableau qui résume les résultats de nos expériences, les lettres inscrites en tête des colonnes ont la signification suivante :

t température de saturation de l'air;
p poids de vapeur par litre de mélange mesuré à la température de 15°;
v volume de vapeur dans 100 volumes de mélange;
o volume d'oxygène nécessaire pour la combustion complète de la vapeur;
q quantité de chaleur dégagée par la combustion de 1 volume moléculaire du mélange, soit $23^{lit},5$ à 15°.

Les nombres en chiffres gras indiquent les résultats directs des mesures expérimentales; les autres sont calculés tant en partant de ces résultats que des données connues relatives aux poids moléculaires et aux chaleurs de combustion.

Corps étudiés.	*t*.	*p*.	*v*.	*o*.	*q*.
	o.	gr.			
Hydrogène	»	»	**10**	5	6,9
Oxyde de carbone	»	»	**16**	8	11
Sulfure de carbone	»	**0,063**	1,94	5,9	4,9
Gaz d'éclairage	»	»	**8,1**	9	10
Éther de pétrole	»	**0,045**	»	»	13
Essence de pétrole	»	**0,051**	»	»	13
Huile de pétrole	**46,5**	0,057	»	»	14,3
Méthane	»	»	**6**	12	12,9
Penthane	»	**0,034**	1.1	9	9,5
Hexane	»	**0,048**	1,3	12,7	13,1
Heptane	»	**0,047**	1,1	12,3	12,9
Octane	»	**0,049**	1,0	12,6	13,1
Nonane	**12**	0,045	0,83	11,6	12,1
Acétylène	»	»	**2.8**	7	8,9
Amylène	»	**0,046**	1,6	11,9	12,8
Benzine	»	**0,044**	1,5	11	11,6
Toluène	»	**0,049**	1,3	11,4	11,8
Térébenthène	**30,5**	0,042	0,73	10,2	10,9
Naphtaline	**69**	»	»	»	»
Acétone	»	**0,073**	2,9	11,6	12,7
Alcool méthylique	**8**	0,081	6	9	10,8
— éthylique	**13,5**	0,060	3,07	9,2	10,3
— propylique	**25**	0,065	2,55	11,5	12,5
— isopropylique	**17**	0,068	2,65	12	12,7
— isobutylique	**27,5**	0,053	1,68	10,1	10,8
— allylique	**25**	0,074	3,04	12,5	13,4
— amylique	**38**	0,045	1,19	9,0	9,5
Acide acétique	**36**	0,103	4,05	8,1	8,9
Éther ordinaire (ox. d'éthyle)	»	**0,060**	1,9	11,7	12,5
Acétate d'éthyle	»	**0,087**	2,3	11,7	12,3
Azotate d'éthyle	»	**0,145**	3,8	»	12,2

En laissant à part l'hydrogène et le sulfure de carbone, dont l'inflammabilité est très grande, on remarquera que, pour tous les autres corps étudiés, la chaleur de combustion du mélange limite, pris sous un volume moléculaire, est comprise entre 9 calories et 13 calories, et que, pour le plus grand nombre, elle est comprise entre 12 calories et 13 calories, nombre dont

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'écart est inférieur aux erreurs possibles d'expérience. On peut donc dire que, d'une façon générale, la limite d'inflammabilité du plus grand nombre des composés du carbone correspond à une chaleur de combustion voisine de 12^{cal},5. Le même tableau montre que la quantité d'oxygène consommée dans la combustion de ces mélanges est également peu variable, et voisine de 11,5 p. 100 du volume total.

SUR UN NOUVEL ÉLÉMENT CONSTITUANT DE L'AIR ATMOSPHÉRIQUE, PAR **MM. William Ramsay et Morris-W. Travers** (1).

Nous nous proposons de donner, dans cette note préliminaire, un résumé des expériences que nous avons faites depuis un an pour reconnaître si, outre l'azote, l'oxygène et l'argon, il n'existe pas, dans l'air, d'autres gaz qui ont échappé jusqu'ici à l'observation par suite de leur faible proportion.

En collaboration avec miss Emily Aston, nous avons trouvé que l'azoture de magnésium, obtenu en absorbant de l'azote atmosphérique traité par l'eau, donne seulement une trace de gaz. Ce gaz est de l'hydrogène et provient d'une petite quantité de magnésium métallique qui n'a pas été convertie en azoture. Le fait que l'ammoniaque produite par un traitement à l'eau est pure a déjà été prouvé par lord Rayleigh; il a montré que l'azote qui en dérive possède sa densité normale. La magnésie résultant de l'azoture cède seulement à l'eau une trace de matière soluble consistant en oxyde hydraté et carbonate; les résultats de ces expériences ont donc été négatifs.

Plus récemment, grâce à l'obligeance du Dr Hampson, nous avons pu avoir 750 cc. d'air liquide. Nous avons fait évaporer lentement cette masse, à l'exception des dix derniers centimètres cubes; nous avons recueilli dans un récipient le gaz provenant de ce petit résidu; nous avons enlevé l'oxygène avec du cuivre métallique et l'azote à l'aide d'un traitement avec un mélange de chaux pure et de magnésium en poudre, suivi par l'action d'étincelles électriques en présence d'oxygène et de soude caustique; nous avons obtenu finalement 26^{cc},2 d'un gaz montrant faiblement le spectre de l'argon et, de plus, un spectre qui n'a, nous croyons, pas été aperçu jusqu'à présent.

Nous n'avons pas encore réussi à séparer complètement le nouveau spectre de celui de l'argon; mais il est caractérisé par deux raies fort brillantes, dont l'une est presque identique en position à D_3 et presque aussi brillante. Des mesures faites avec un réseau de 14438 lignes par pouce, mis obligeamment à notre disposition par M. E.-C.-C. Baly, ont fourni les nombres suivants, les quatre lignes apparaissant dans le champ toutes à la fois :

D_1.	5 895,0
D_2.	5 889,0
D_3.	5 875,9
D_4.	5 866,65 + 1,7 pour réduction au vide.

Il existe encore une raie verte, comparable en intensité à la ligne verte de l'hélium, et dont la longueur d'onde est 5566,3, et une ligne verte un peu plus faible, dont la longueur d'onde est 5557,3.

Pour déterminer, dans la mesure du possible, quelles sont les lignes qui appartiennent au spectre de l'argon et quelles sont celles du nouveau gaz, les deux spectres ont été examinés en même temps avec le réseau, les spectres du premier ordre étant utilisés. Les raies, qui étaient absentes ou très faibles dans le spectre de l'argon ont été attribuées au nouveau gaz. Leur intensité étant plus faible, les mesures de longueur d'onde qui suivent ne sont pas aussi

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 6 juin 1898.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

précises que les trois mesures données plus haut; mais nous regardons les trois premiers chiffres significatifs comme corrects.

Violet	4 317
	4 387
	4 461
	4 671
Bleu	4 736
	4 807
	4 830
	4 834
	4 909
Vert	5 557,3
	5 566,3
Jaune	5 829
	5 866,5
Orange	6 011

M. Baly a eu l'obligeance d'entreprendre l'étude du spectre, qui sera publiée quand elle sera complète. Les nombres donnés plus haut suffisent à mettre hors de doute l'existence d'un nouveau gaz.

La densité approchée du gaz a été mesurée en le pesant dans un ballon de 32^{cc},321 de capacité sous une pression de 521^{mm},85, à la température de 15°,95. Le poids a été trouvé de 0^{gr},04213; d'où l'on céduit une densité de 22,47, la densité de l'oxygène étant prise égale à 16.

Après avoir fait passer l'étincelle électrique durant quatre heures en présence d'oxygène et de soude, nous avons fait une seconde mesure dans le même ballon. La pression était de 523^{mm},7 et la température de 16°,45. Le poids trouvé a été de 0^{gr},04228; d'où l'on déduit une densité égale à 22,51.

La longueur d'onde du son a été déterminée, dans ce gaz, par la méthode décrite dans les recherches sur l'argon. On a trouvé :

	I.	II.	III.
Longueur d'onde dans l'air	34,17	34,30	34,57
Longueur d'onde dans le gaz	29,87	30,13	»

Introduisant ces nombres dans la formule

$$\lambda^2_{air} \times \text{densité}_{air} : \lambda^2_{gaz} \times \text{densité}_{gaz} = \gamma_{air} : \gamma_{gaz},$$

il vient

$$(34,35)^2 \times 14,479 : (30)^2 \times 22,47 = 1,408 : 1,666;$$

ce qui montre que, comme l'argon et l'hélium, le nouveau gaz est monoatomique et représente un corps simple.

De ce qui précède, nous pouvons conclure que l'atmosphère contient un gaz nouveau, doué d'un spectre caractéristique, plus lourd que l'argon et moins volatil que l'azote, l'oxygène et l'argon; le rapport de ses deux chaleurs spécifiques conduit à penser qu'il est monoatomique et représente un élément. Si cette conclusion est fondée, nous nous proposons de le nommer *krypton*, c'est-à-dire « caché ». Son symbole serait Kr.

Il est naturellement impossible de fixer positivement la place que ce nouvel élément de l'atmosphère doit occuper dans la table périodique des corps simples.

Le nombre 22,5 représente une densité minimum. S'il nous est permis de hasarder une conjecture, le krypton se trouvera avoir la densité 40, avec le poids atomique correspondant 80 (1), et se placera dans les séries de l'hélium. Cette dernière conjecture est rendue vraisem-

(1) It is that krypton wil turn out to have the density 40, with a corresponding atomic weight 80.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

blable par son inertie en présence du calcium et du magnésium au rouge, d'une part, et en présence de l'oxygène et de la soude caustique sous l'influence des étincelles électriques, d'autre part. Nous nous proposons de préparer le nouveau gaz en plus grande quantité et d'essayer de le séparer de l'argon d'une manière plus complète par distillation fractionnée.

On peut remarquer, en passant, que MM. Kaiser et Friedländer, qui ont cru observer la raie D, dans l'argon de l'atmosphère, ont probablement été trompés par la grande proximité de la brillante raie jaune du krypton avec la raie de l'hélium.

Si nous admettons la vérité de l'hypothèse du Dr Johnstone Stoney, d'après laquelle il existerait dans l'atmosphère des gaz plus lourds que l'ammoniaque, il n'est nullement improbable qu'un gaz plus léger que l'azote puisse aussi être découvert dans l'air. Nous avons déjà passé plusieurs mois à tout préparer pour la recherche d'un tel gaz, et nous pensons être d'ici peu en mesure de dire si cette supposition est fondée.

M. Berthelot fait observer que la forte raie verte 5 566,3 du krypton coïncide sensiblement avec la brillante raie n° 4 (5 567) de l'aurore boréale. Dès lors, on pourrait peut-être désigner ce gaz sous le nom plus harmonieux d'*éosium*, nom qu'il prend la liberté de suggérer à M. Ramsay.

NOUVEAUX GAZ DE L'AIR ATMOSPHÉRIQUE. Note de **MM. Ramsay et Travers** (1).

Outre le krypton, il existe encore, en très petite quantité, deux nouveaux gaz dans l'argon retiré de l'air. Pour les isoler, nous nous sommes servis d'un peu plus de 18 litres d'argon, ce qui nous a demandé tout notre hiver pour le préparer dans un grand état de pureté. La première fraction paraît être le gaz dont j'ai signalé l'existence dans ma conférence de Toronto. Il n'est pas encore absolument pur, mais il ne fournit plus les lignes de l'argon que d'une façon très affaiblie. Le tube qui le contient quand il est illuminé par le courant est le plus beau que j'aie jamais vu; il possède une lumière d'un rouge orangé que nous n'avons jamais obtenue dans nos autres tubes. Le spectre est formé d'un grand nombre de raies très fortes dans le rouge orangé et le jaune et de quelques lignes dans le violet foncé. Si l'on interpose une bouteille de Leyde, on voit apparaître des lignes lumineuses dans le vert et le bleu, tandis que plusieurs des lignes rouges s'éteignent. Nous avons nommé ce gaz *néon* (nouveau).

En fractionnant notre argon liquide, nous avons recueilli un échantillon vers le milieu de l'opération, lorsque 10 centimètres cubes environ avaient déjà disparu. Nous allons l'envoyer à lord Rayleigh afin qu'il puisse en déterminer la densité avec ses appareils qui sont plus sensibles que les nôtres.

Enfin, lorsque la distillation de notre argon liquide se terminait, il nous est resté un corps solide qui se volatilise très lentement de telle sorte qu'il est facile de l'obtenir dans un grand état de pureté.

D'après cette propriété, il a été facile de séparer une certaine quantité de ce nouveau gaz. Sa densité est 19,87, celle de l'argon étant 19,94. Son spectre diffère absolument de celui de l'argon. Parmi les lignes nombreuses qu'il fournit, il en est une verte qui occupe une position non encore reconnue et une jaune qui ne coïncide ni avec celle de l'hélium ni avec celle du krypton. Sa longueur d'onde est 5 849,6, celle du krypton étant 5 866,5 et celle de l'hélium 5 875,9. On peut la nommer D 3. Nous proposons, pour ce nouveau gaz, le nom de *métargon*. Le *néon* et le *métargon* sont tous deux monoatomiques, c'est-à-dire que le rapport entre leurs chaleurs spécifiques est de 1 à 1,66.

Voilà tout ce que nous avons fait jusqu'ici. Nous devons vous expliquer aussi pourquoi nous n'avons pas mentionné le krypton dans le fractionnement de l'argon liquide.

En voici la raison. Nous avons mis de côté les parties qui entrent en ébullition à une pression plus élevée que le métargon, mais nous n'avons pas eu jusqu'ici le temps de les examiner.

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 20 juin 1898.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Quant au krypton contenu dans l'air liquide, il faut filtrer l'air, si l'on ne veut pas contaminer le krypton, au moyen du métargon. Ce dernier est un corps solide à la température d'ébullition, tandis que le krypton reste liquide à cette température.

PRÉPARATION DU CALCIUM CRISTALLISÉ. Note de M. **Henri Moissan** (1).

Bien que le calcium soit très répandu dans la nature, il a été impossible jusqu'ici de l'obtenir pur et en notable quantité. Les différents procédés de préparation n'ont permis d'en recueillir que de très petits échantillons, et ses principales propriétés sont loin d'être connues.

Depuis les recherches de Matthiessen, on le regarde comme un métal jaune ; nous établirons plus loin qu'il possède la couleur de l'argent. D'après les différents expérimentateurs qui se sont occupés de cette question, sa densité oscille entre 1,55 et 1,8. Enfin, nous ajouterons que, dans les quelques Mémoires qui traitent du calcium, les auteurs n'ont fourni aucune analyse du métal obtenu. Ces différents points peuvent fixer l'état de la question.

HISTORIQUE. — *Expériences d'Humphry Davy.* — La mémorable expérience d'Humphry Davy, sur la décomposition des terres alcalino-terreuses par le courant électrique, établit l'existence, dans la chaux, d'un corps simple métallique. On sait qu'Humphry Davy, par la décomposition de la chaux, en présence du mercure, ou par la décomposition d'un mélange de chaux humide et d'oxyde de mercure, obtint un amalgame de calcium qui décomposait l'eau avec rapidité en régénérant de la chaux hydratée. Le métal préparé par Humphry Davy était blanc.

Procédé Matthiessen. — En appliquant les idées de Bunsen (2), Matthiessen (3) réussit à électrolyser un mélange à molécules égales de chlorure de calcium et de chlorure de strontium ; il obtint, dans ces conditions, de petits globules métalliques de couleur jaune. Cette expérience peut se répéter avec facilité, mais il ne donne que des rendements très faibles ; nous l'avons reprise dans les conditions indiquées par Matthiessen et même en augmentant le volume de l'appareil et l'intensité du courant, les rendements sont toujours des plus faibles. Le métal possède bien, en effet, une couleur jaune plus ou moins foncée rappelant la couleur de l'alliage des cloches.

Procédé Liès-Bodart et Jobin. — En 1858, MM. Liès-Bodart et Jobin (4) indiquèrent un procédé chimique pour obtenir le calcium. Ils faisaient réagir le sodium sur l'iodure de calcium en fusion dans un creuset de fer fermé par un couvercle à vis. Nous avons répété cette dernière expérience, dont les résultats sont très variables tant au point de vue du rendement que de la pureté du produit obtenu.

En général, en employant 300 grammes d'iodure anhydre, on isole quelques globules métalliques apparents dont l'ensemble pèse de 6 grammes à 8 grammes. Une certaine partie du calcium se trouve divisée dans la masse en globules si petits qu'il est impossible de les séparer. De plus, dans quelques préparations, ainsi que MM. Liès-Bodart et Jobin l'ont indiqué, on trouve, à côté les uns des autres, des globules de sodium ne renfermant point de calcium, et d'autres globules de couleur jaune plus ou moins riches en calcium. Si l'on fait l'analyse des parties métalliques riches en calcium, on trouve qu'elles fournissent une teneur variable de ce dernier métal. Nous avons obtenu, dans les globules les plus riches, les chiffres suivants :

Ca pour 100.	83,00	88,30	88,78	93,20

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 20 juin 1898.

(2) BUNSEN, *Annalen der Chemie und Pharmacie*, t. LXXXII, p. 137.

(3) MATTHIESSEN, *Annalen der Chemie und Pharmacie*, t. XCIII, p. 277 ; 1855.

(4) LIÈS-BODART et JOBIN, *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. LIV, p. 363.

(5) Nous avons répété dix fois cette expérience de MM. Liès-Bodart et Jobin. Dans une opération où nous avions distillé la plus grande partie du sodium employé, sans qu'il y ait eu de rentrée d'azote, nous avons obtenu un culot métallique de 12 grammes, renfermant 88 pour 100 de calcium.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La température a une influence très grande sur le rendement (5). Si la réaction se fait seulement au rouge sombre, la quantité de sodium contenue dans les globules métalliques varie de 10 à 20 pour 100, et le rendement est plus fort. Au contraire, lorsque la température est plus élevée et qu'elle atteint le rouge vif, on obtient un métal d'une teneur plus élevée en calcium, mais le rendement est beaucoup plus faible.

Enfin lorsque la préparation de Liès-Bodart et Jobin est trop chauffée, on ne recueille plus de calcium; il se produit une réaction nouvelle sur laquelle nous reviendrons plus tard.

Procédé Sonstadt. — Sonstadt (1) a appliqué la réaction de Liès-Bodart et Jobin en faisant réagir le sodium sur un mélange de chlorure de calcium et d'iodure de potassium. Dans cette expérience, on trouve, à la surface du culot de sels, une masse métallique, bien fondue, unie, que l'on détache avec facilité. Ce métal est cassant, à texture cristalline, pyrophorique le plus souvent, et il contient une notable quantité de métaux alcalins, sodium et potassium. Nous avons répété quatre fois cette préparation, et la teneur en calcium du métal ainsi préparé n'a jamais dépassé 20 p. 100.

Procédé Caron. — Caron (2) a préparé le calcium en réduisant le chlorure de calcium par du sodium, en présence de zinc métallique. Il se forme un alliage de zinc et de calcium qui, chauffé dans un creuset de charbon, laisse du calcium qui possède la teinte jaune du laiton.

Procédé Winckler. — M. Winckler (3) a étudié tout d'abord la réduction de la chaux par le magnésium dans un courant de gaz hydrogène ; il n'a pas séparé le calcium obtenu de la magnésie. Dans un deuxième mémoire (4), il a déduit la formation, dans les conditions précédentes, d'un hydrure de formule CaH, d'après la composition complexe du mélange qui restait dans la nacelle ; il n'a isolé aucun produit.

En résumé, les difficultés que l'on rencontre dans ces différentes préparations, et qui ont empêché d'obtenir le calcium à l'état de pureté, sont les suivantes :

1° La séparation du calcium n'a pu se faire par distillation de son amalgame. Le résidu obtenu est toujours impur.

2° Dans l'électrolyse par voie sèche des mélanges de sels de calcium et de sels alcalins, c'est d'abord le métal alcalin qui est mis en liberté et qui réagit ensuite plus ou moins pendant l'électrolyse.

3° Dans la réduction par le sodium, il se produit toujours un mélange de sodium et de calcium, parce que ce dernier, à cause de ses propriétés réductrices, intervient à son tour sur le mélange de sels en présence. Il se forme un équilibre variable d'après la température et la présence des corps en réaction.

4° Enfin, quelle que soit la méthode employée, il est impossible de distiller le mercure ou l'excès de métal alcalin dans un courant d'hydrogène ou d'azote. Avec l'hydrogène, le calcium produit rapidement, ainsi que nous le verrons plus tard, un hydrure blanc parfaitement défini de formule $Ca\,H^2$, et, avec l'azote, il fournit de suite un azoture cristallisé. L'hydrogène et l'azote doivent être absolument écartés dans toute préparation du calcium.

Préparation du calcium cristallisé. — Cette préparation peut se faire par deux procédés différents :

1° Pour obtenir le calcium à l'état de pureté, nous avons utilisé la propriété, inconnue jusqu'ici, que possède ce métal de se dissoudre dans le sodium liquide maintenu à la température du rouge sombre. Par refroidissement, le calcium cristallise au milieu du sodium, et, en traitant la masse métallique par l'alcool absolu, il reste des cristaux blancs, brillants, de forme hexagonale, de calcium pur (5).

(1) Edward Sonstadt, *Proceedings of the literary and philosophical Society of Manchester ;* 1846, p. 243.

(2) Caron, *Comptes rendus*, t. L. p. 547.

(3) Winckler, *D. chem. G.*, t. XXIII, p. 44 et 120.

(4) Winckler, *D. chem. G.*, t. XXIV, p. 1966.

(5) Le calcium soluble dans le sodium liquide au rouge sombre est à peu près insoluble dans ce métal à son point de solidification.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Voici comment nous opérons. Dans un creuset de fer, d'une contenance de 1 litre, on place 600 grammes d'iodure de calcium anhydre et cristallisé en présence de 240 grammes de sodium. La proportion de métal alcalin est trois fois supérieure à celle qu'exigerait la réaction.

$$Ca\,I^2 + Na^2 = Ca + 2\,NaI.$$

L'iodure de calcium anhydre et cristallisé a été grossièrement concassé, puis mélangé au sodium, coupé en morceaux de la grosseur d'une noix ; le creuset est fermé par un couvercle à vis, puis maintenu pendant une heure environ à la température du rouge sombre. Il est utile, de temps en temps, d'agiter le creuset par un léger mouvement de rotation, au moyen d'une pince métallique.

Au début de l'opération, une petite quantité de vapeur de sodium s'échappe entre le couvercle et le creuset, mais comme la partie supérieure est moins chauffée que le fond, lorsque le premier dégagement de chaleur dû à la réaction est terminé, il se condense un peu de sodium liquide dans le pas de vis et la fermeture devient complète.

Après refroidissement, le creuset est ouvert, il contient une couche de sel fondu de couleur bleue, surmontée par un gâteau métallique de sodium.

Pour séparer le calcium, on place, dans un ballon de 1 litre, refroidi par de la glace fondante 500 centimètres cubes environ d'alcool absolument anhydre. On projette dans ce liquide le sodium retiré du creuset par fragments de 1 centimètre cube environ. Lorsque tout dégagement d'hydrogène a cessé, on décante la partie liquide, que l'on remplace par la même quantité d'alcool absolu (1).

On continue ce lavage jusqu'à ce que l'alcool ne fournisse plus de résidu fixe par son évaporation. La poudre brillante restant au fond du ballon est traitée par de l'éther anhydre (maintenu au préalable sur du sodium), puis placée dans un tube de verre et séchée à la température ordinaire par un courant d'acide carbonique ou d'hydrogène bien sec. L'échantillon doit être enfermé de suite dans un tube scellé.

Il faut, pendant toutes ces opérations, éviter avec le plus grand soin l'action de l'humidité et le contact de l'air. Cette poudre cristalline très divisée s'oxyde avec la plus grande facilité.

Le rendement a été d'environ 50 p. 100 du poids théorique de calcium mis en expérience. Nous avons obtenu, dans ces premières préparations, à peu près 40 grammes de calcium dans chacune de nos opérations.

2° On peut encore obtenir le calcium soit en cristaux semblable aux précédents, soit en petits globules fondus, par l'électrolyse au rouge sombre de l'iodure de calcium en fusion. Ce sel conduit très bien le courant. L'électrode négative est en nickel pur et l'électrode positive, constituée par un cylindre de graphite, est placée dans l'axe d'un vase poreux. La température est maintenue par le courant aux environs du point de fusion de l'iodure de calcium, ce qui permet le départ rapide de la vapeur d'iode. Dans ces conditions, l'on obtient un métal blanc fondu ou cristallisé. Nous poursuivons l'étude de cette électrolyse.

Analyse. — Pour doser le calcium dans le métal préparé par le premier procédé, on en prend un poids déterminé, que l'on décompose avec précaution par l'eau ; l'hydrate de chaux est dissous par quelques gouttes d'acide azotique ; le liquide est exactement neutralisé par l'ammoniaque, et le calcium est précipité sous forme d'oxalate.

Du poids de chaux vive, obtenu après filtration et calcination, on déduit le calcium. Nous avons obtenu les chiffres suivants :

Calcium pour 100.	98,9	99,1	99,2

(1) L'alcool a été d'abord privé d'air par l'ébullition dans le vide à froid, puis saturé de gaz hydrogène pur et sec.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ÉLECTRICITÉ

SUR LA RÉSISTANCE ÉLECTRIQUE DES ACIERS. Note de **M. H. Le Chatelier** (1).

Les recherches sur la résistance électrique des aciers ont, jusqu'ici, principalement porté sur les aciers extra-doux servant à la fabrication des fils télégraphiques. Elles ont mis en évidence ce fait, que les variations de résistance d'un tel métal à un autre dépendaient à peu près exclusivement de leur teneur relative en manganèse.

J'ai pensé qu'il serait intéressant d'étudier d'une façon plus systématique l'influence des divers corps qui peuvent se rencontrer dans les aciers et, en particulier, celle du carbone. J'ai utilisé dans ce but les échantillons qui ont servi à Mme Slodowska Curie pour ses recherches sur les propriétés magnétiques des aciers (2).

Les échantillons d'acier avaient la forme de barreaux carrés de 1 centimètre de côté de 20 centimètres de long. Ils ont été recuits pendant plusieurs heures aux environs de 600°. Leur composition chimique a été déterminée, au laboratoire de l'École des Mines, par MM. Moutone et Goutal. Dans les tableaux suivants, les nombres expriment des résistances spécifiques (microhm-centimètre cube).

INFLUENCE DU CARBONE

	COMPOSITION.		
Résistance.	C.	Mn.	Si.
10.	0,06	0,13	0,05
12,5.	0,20	0,15	0,08
14.	0,49	0,24	0,05
16.	0,84	0,24	0,13
18.	1,21	0,21	0,11
18,4.	1,40	0,14	0,09
19.	1,61	0,13	0,08

La résistance électrique croît donc bien nettement avec la teneur en carbone ; son accroissement est en moyenne de 7 microhms par 1 p. 100 de carbone en poids, ou de 1,5 microhm par 1 p. 100 d'atome de carbone sur 100 atomes de fer et carbone.

Les aciers recuits sont constitués par des lamelles enchevêtrées de *ferrite* (fer pur) et *cémentite* (carbure de fer, Fe^3C). Par extrapolation des résultats précédents, on trouverait, pour la résistance de ces deux constituants envisagés isolément.

Ferrite	9,5
Cémentite.	45

INFLUENCE DU SILICIUM

	COMPOSITION.	
Résistance.	C.	Si.
12,5.	0,2	0,1
38,5.	0,2	2,6
15,8.	0,8	0,1
26,5.	0,8	0,7
33,5.	0,8	1,3
17,8.	1,0	0,1
25,5.	1,0	0,6
32,0.	1,0	1,1

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 13 juin 1898.

(2) *Bulletin* de janvier 1898, p. 36.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ces nombres conduisent, en moyenne, à une augmentation de 14 microhms par 1 p. 100 de silicium en poids, ou 7 microhms pour 1 atome de silicium sur 100 atomes d'alliage, c'est-à-dire à un accroissement de résistance beaucoup plus grand que pour le carbone. On est amené, par analogie avec ce qui se passe pour un grand nombre d'alliages, à admettre que, dans les aciers, le silicium n'est pas isolé à l'état de siliciure défini $FeSi^2$, mais se trouve à l'état de mélange homogène, dissolution solide ou mélange isomorphe, comme l'est le carbone de trempe.

Influence du manganèse. — Le manganèse, comme on le sait, augmente considérablement la résistance des aciers. Ce métal, isomorphe avec le fer, forme avec lui des mélanges homogènes en toute proportion. Mais ces mélanges peuvent exister sous deux états allotropiques inégalement magnétiques qui possèdent également des résistances électriques notablement différentes, comme je l'ai déjà montré pour l'acier-manganèse de M. Hadfield à 13 p. 100 de Mn (1).

	COMPOSITION.		
Résistance.	C.	Mn.	Si.
17,8.	0,9	0,24	0,1
22.	0,9	0,95	0,1
24,5.	1,2	0,83	0,2
40.	1,2	1,8	0,9
66 magn	1	13	0,3
80 non magn.			

Ces nombres conduisent à un accroissement de résistance généralement voisin de 5 microhms par 1 p. 100 en poids ou en atomes de manganèse. Pour l'acier-manganèse magnétique, obtenu en recuisant deux heures à 550° l'acier non magnétique, cet accroissement de résistance n'est plus que de 3,5 microhms.

Influence du nickel. — Le nickel, qui se mêle isomorphiquement avec le fer, augmente notablement sa résistance électrique; mais ces aciers, ainsi que je l'ai montré antérieurement (2), présentent, comme l'acier-manganèse, deux variétés inégalement magnétiques et en même temps inégalement résistantes. L'accroissement de résistance, rapportée par le calcul à 1 p. 100 de nickel, est extrêmement variable avec la proportion de nickel, avec celle de carbone et avec l'état allotropique de l'alliage. Pour des quantités totales de nikel inférieures à 5 p. 100, cet accroissement a varié de 3 à 7 microhms.

Influence du chrome du tungstène et du molybdène. — L'influence de ces corps sur l'accroissement de résistance des aciers est très faible. Elle ne peut être mesurée d'une façon exacte pour les teneurs habituelles inférieures à 3 p. 100, que j'ai seules étudiées. La présence constante du silicium et du manganèse amène déjà, avec les teneurs habituelles inférieures à 0,5 pour 100, des accroissements de résistance égaux et même supérieurs à ceux qui peuvent résulter de la présence de quantités dix fois plus considérables des trois métaux en question. Le peu d'influence des trois métaux : chrome, tungstène et molybdène sur la résistance électrique des aciers, conduit à penser qu'ils sont isolés au milieu du métal à l'état de combinaison définie.

Cette manière de voir est conforme aux résultats obtenus antérieurement par M. Carnot dans l'étude chimique d'aciers de même nature.

(1) *Comptes rendus*, t. CX, p. 283; 1889, et t. CXI, p. 445; 1890.
(2) *Comptes rendus*, t. CXIX, p. 272; 1894.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

INFLUENCE DE LA TREMPE SUR LA RÉSISTANCE ÉLECTRIQUE DE L'ACIER

Note de **M. H. Le Chatelier** (1).

Dans la note précédente j'ai montré que la résistance électrique de l'acier à 0,85 pour 100 de carbone prenait, après trempe à 750°, une valeur une fois et demie plus grande. M. Barus, par contre, a trouvé (2) que, pour les aciers durs, cette résistance pouvait plus que tripler, mais il ne donne ni la composition des aciers étudiés, ni la température de trempe, il indique seulement leur provenance. Il y avait, entre ces résultats, un désaccord tel que de nouvelles expériences étaient nécessaires.

Je dirai, de suite, que ces aciers de même provenance que ceux de M. Barus m'ont donné une teneur en carbone de 1,16 pour 100, c'est-à-dire notablement supérieure à celle des aciers que j'ai employés. J'avais reconnu que, trempés à 950°, ils prenaient, en effet, une résistance triple. Je n'avais pas, dans mes premières recherches, dépassé la température de 750°, qui est celle employée dans l'industrie pour les aciers durs à outils; leur qualité est d'autant meilleure que la trempe a été faite à plus basse température.

Influence de la température de trempe. — Le premier point à élucider était l'influence de la température de trempe; voici deux séries d'expériences relatives à des aciers à 0,84 et 1,13 pour 100 de carbone.

Acier à ,084 de carbone. — Résistance à 15° = 16

Température	710°	740°	810°	850	1 000°
$\frac{\text{R. après trempe}}{\text{R. avant trempe}}$	1	1,3	2,1	2,2	2,2

Acier à 1,13 de carbone. — Résistance à 15° = 18.

Température	710°	740°	810°	850°	950°
$\frac{\text{R. après trempe}}{\text{R. avant trempe}}$	1	1,3	1,6	2,1	3

Ces résultats montrent d'abord que la trempe ne modifie la résistance électrique de l'acier que si elle a été effectuée au-dessus de la température de récalescence (710°); c'est donc la même condition que pour le changement des propriétés mécaniques. La résistance électrique croît ensuite avec la température de trempe jusqu'à une valeur d'autant plus élevée que l'acier est plus riche en carbone. L'accroissement de résistance que le fer éprouve par la présence du carbone de trempe est, en moyenne, de 45 microhms par 1 pour 100 en poids de carbone, ou de 7 microhms par 1 atome pour 100 du même corps. C'est précisément l'accroissement que j'ai trouvé précédemment pour le silicium (3).

On sait, par les recherches de M. Osmond, que le carbone de trempe est réparti d'une façon homogène dans le métal, l'acier trempé étant une véritable solution solide de carbure de fer Fe^3C dans le fer en excès. Cette influence du mélange homogène sur la résistance électrique paraît générale; les impuretés qui, à l'état de traces, augmentent parfois tellement la résistance de certains autres métaux, s'y trouvent également à l'état de solution solide ou de mélange isomorphe, telles les traces d'argent dans le cuivre, ou de cuivre dans l'argent.

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 20 juin 1898.
(2) *U. S. geological Survey*. t. XIV, p. 20; 1885.
(3) *Comptes rendus*, t. CXXVI, p. 1709; 1898.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Influence de la présence de corps autres que le carbone. — Je donnerai seulement ici deux séries de mesures faites l'une sur des aciers au tungstène et l'autre sur des aciers au chrome.

Aciers au tungstène (1).

	Composition chimique.			
	I.	II.	III.	IV.
Carbone	0,6	0,55	0,76	1,41
Tungstène	5	2,9	2,7	2,7
Silicium	0,02	0,2	0,3	0,32
Manganèse	0,3	0,4	0,44	0,38
Résistance à 15°	21	18	18,5	20

Rapport des résistances après et avant trempe.

I.		II.		III.		IV.	
760°	1	750°	1,2	730°	1,4	720°	1
800	1,4	800	1,4	780	1,6	730	1,3
850	1,5	1 100	1,8	850	1,7	850	1,4
1 100	1,8			1 100		1 100	2,2

Aciers au chrome.

	Composition chimique.		
	I.	II.	III.
Carbone	0,5	0,82	1,07
Chrome	2,5	2,8	2.4
Silicium	0,27	0,27	0,36
Manganèse	0,23	0,21	0,21
Résistance à 15°	19,5	21,5	24

Rapport des résistances après et avant trempe.

I.		II.		III.	
740°	1,0	780°	1,3	730°	1,3
800	1,3	1 100	3,1	850	1,5
820	1,5			1 100	3,0
1 100	2.1				

On remarquera combien sont différentes l'influence du tungstène et celle du chrome. Aux températures élevées, ce dernier métal exagère l'accroissement de résistance qu'aurait produit la trempe sur un acier au carbone seul, tandis que le tungstène la diminue. On est conduit à penser que le chrome, métal analogue au fer, reste après la trempe, au moins en partie, à l'état de mélange isomorphe, comme le font en tout état le nickel et le manganèse. Rien de semblable ne se produit avec le tungstène, dont les composés doivent, aussi bien avant qu'après trempe, rester isolés dans la masse.

(1) Un acier à 7 p. 100 de tungstène, employé pour la fabrication de certains outils de tour qui ne sont pas trempés, a présenté une résistance spécifique de 24,5 microhms, et, après trempe à 800°, de 35,50 microhms.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

NOTES DE MÉCANIQUE

HALLE DE COULÉE *Baker*

Nous avons fréquemment signalé les dispositions mécaniques prises dans les forges américaines pour y économiser la main-d'œuvre et accélérer les opérations. Parmi les plus récentes de ces dispositions, celle de *M. Baker*, représentée par les figures 1 à 4 est l'une des plus intéressantes étudiées pour simplifier le travail des halles de coulée.

La poche *a*, qui reçoit la coulée du haut fourneau, est roulée par la locomotive *b*,

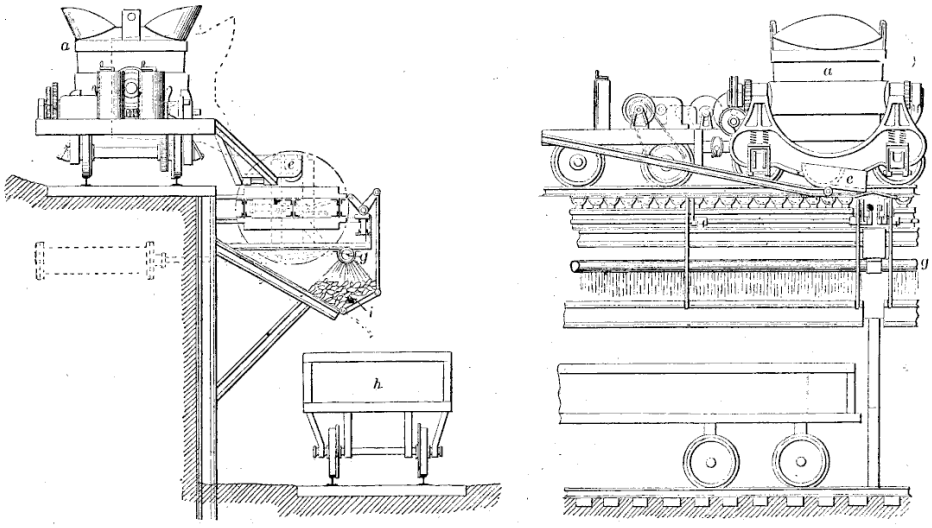


Fig. 1 et 2. — Halle de coulée *Baker*. Vue par bout et élévation de la poche.

à dynamo *c*, avec le bec *e*, dans lequel elle est déversée par la dynamo *d*, et ce bec répartit la fonte dans un panneau de moules assez grand pour en recevoir toute la charge. Quand la fonte s'est suffisamment refroidie, on fait, par le grand cylindre hydraulique indiqué à gauche de la figure 1, basculer le panneau, dont les gueuses tombent dans la trémie *i*, où elles sont arrosées par le tuyau *g*, puis déchargées, complètement refroidies, dans le wagon *h*. La bascule des panneaux se fait par un rochet (fig. 4), qui leur fait exécuter un quart de tour à chaque course, de manière à décharger l'une des faces du panneau puis à présenter l'autre à la coulée. Après leur

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

décharge, on enduit les moules d'une couche de lait de chaux, et, pendant ce temps on aiguille la poche *a* sur une autre voie, puis on la remplace par une poche pleine, que l'on verse dans le panneau suivant.

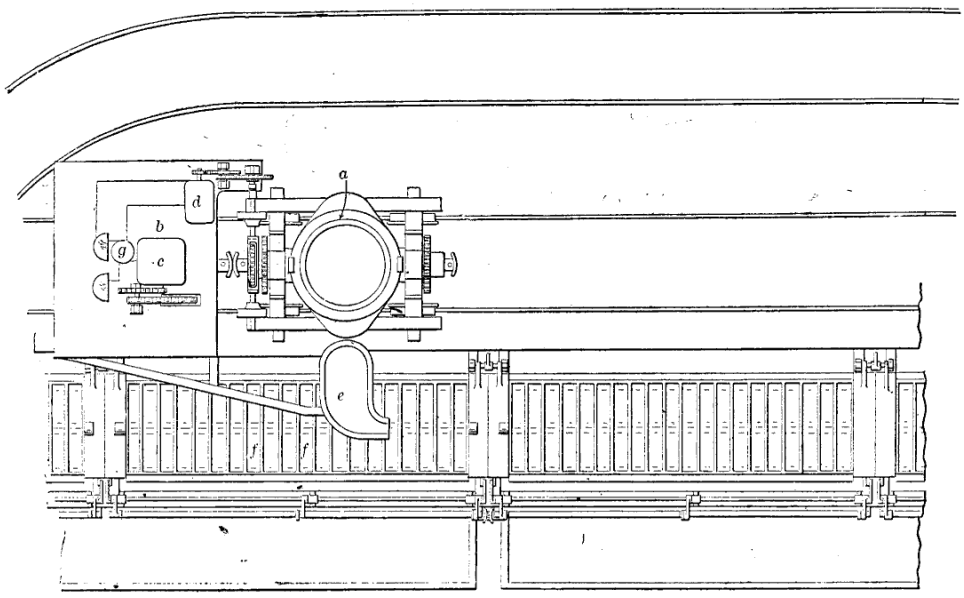


Fig. 3. — Halle de coulée *Baker*. Plan.

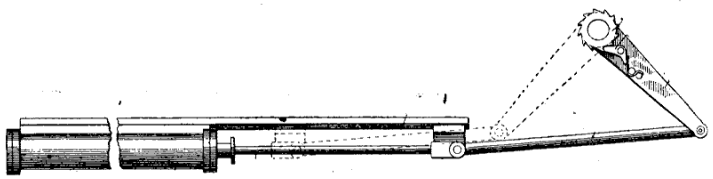


Fig. 4. — Détail du basculeur *Baker*.

La coulée d'une poche de 15 tonnes dure deux minutes et le refroidissement des gueuses cinq à dix minutes, de sorte que la machine peut enlever 60 tonnes par heure (1).

PONT ROULANT DE FONDERIE *Morgan*.

Dans cet appareil, la poche de coulée est supportée par deux crochets l'L' (fig. 5 et 6) faisant partie d'un cadre $L_3L_2L_4$, guidé entre les montants *a*, contreventés en J, par quatre paires de galets orthogonaux (bb) (b'b') disposés de manière à laisser aux crochets, une fois descendus, une certaine liberté, permettant à la poche de se dérober

(1) *Iron Age*, 19 mai 1898.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

devant les obstacles, mais la maintenant rigoureusement guidée quand elle arrive

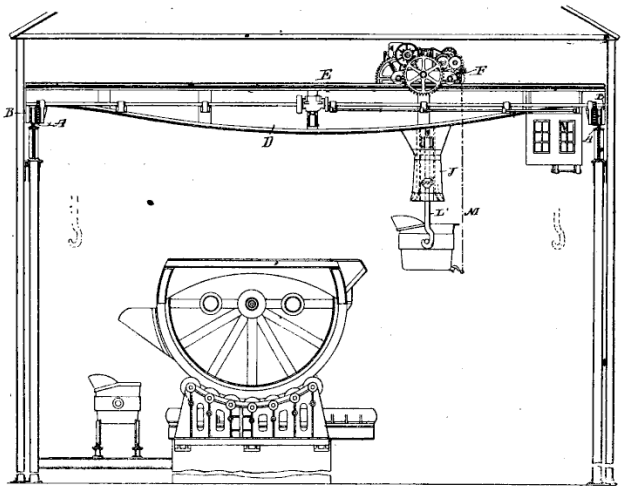


Fig. 5. — Pont roulant *Morgan*. Ensemble de l'installation.

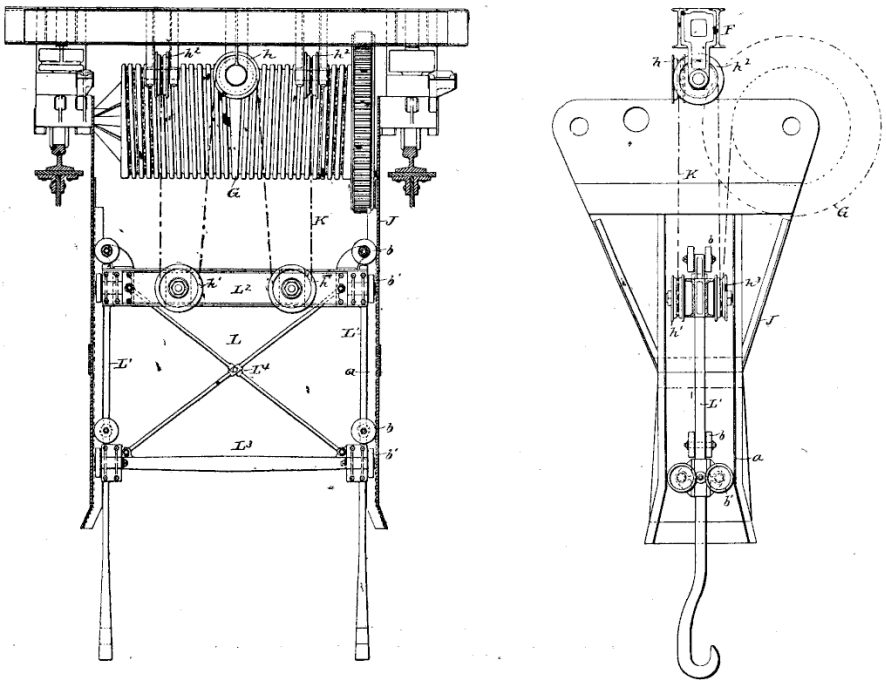


Fig. 6 et 7. — Pont roulant *Morgan*. Détail du treuil.

à hauteur pour être déversée par M., par exemple, dans un convertisseur (fig. 5).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Quant à la levée du cadre L, elle s'opère, du tambour du treuil G, par le câble K, à galets de renvoi $hh_1h_1h_2h_2$, disposés de manière à éviter tout coincement du cadre dans ses guides.

ARRÊT DE MACHINES A VAPEUR *Wright*.

Ce mécanisme a pour objet l'arrêt automatique des machines à vapeur aussitôt qu'elles s'emportent ou se ralentissent au delà d'une certaine limite, ou si le régulateur vient à se briser.

A cet effet, la tige A (fig. 8) du régulateur D est reliée à celle A′, qui com-

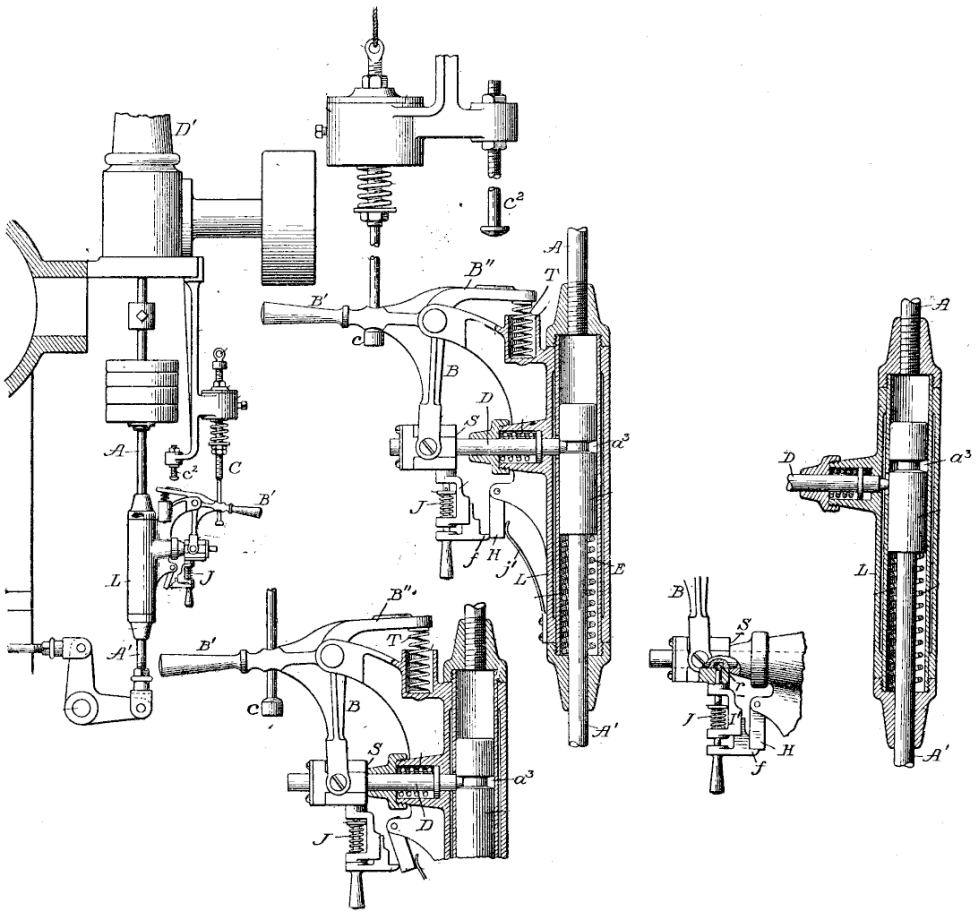


Fig. 8 à 12. — Arrêt *Wright*. — Ensemble et détail des déclics D et r.

mande la distribution par un manchon L′ qui, ordinairement, ne fait qu'un avec A′, grâce à son enclenchement par le verrou D et la gorge a_3. Ce verrou D est enclenché par J en r (fig. 12) avec le coulisseau S du levier coudé BB′B″. Quand la machine

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

s'emporte, le manchon L monte, et B'' vient heurter le taquet C_2, qui fait retirer D de a_3, de sorte que A', relevé par son ressort E, ferme aussitôt le distributeur de vapeur: quand la machine se ralentit trop, la butée de B' sur c produit le même résultat.

Avant l'arrêt normal de la machine, on déclenche J de D et f de H, comme en figure 10, de sorte qu'à l'arrêt le coulisseau S glisse sur D, vers la gauche, sans déclencher D de a_3, ni désarmer le mécanisme de sûreté; puis, une fois la machine lancée, B' quitte le taquet c, et le ressort T ramène S vers la droite, malgré le ressort j', de manière à renclencher f avec H et D en r, prêt à fonctionner.

INJECTEUR *Gamble*.

Le fonctionnement de cet appareil est le suivant :

Quand on ouvre, par le levier S, la soupape X (fig. 13), la vapeur passe de B, par L'

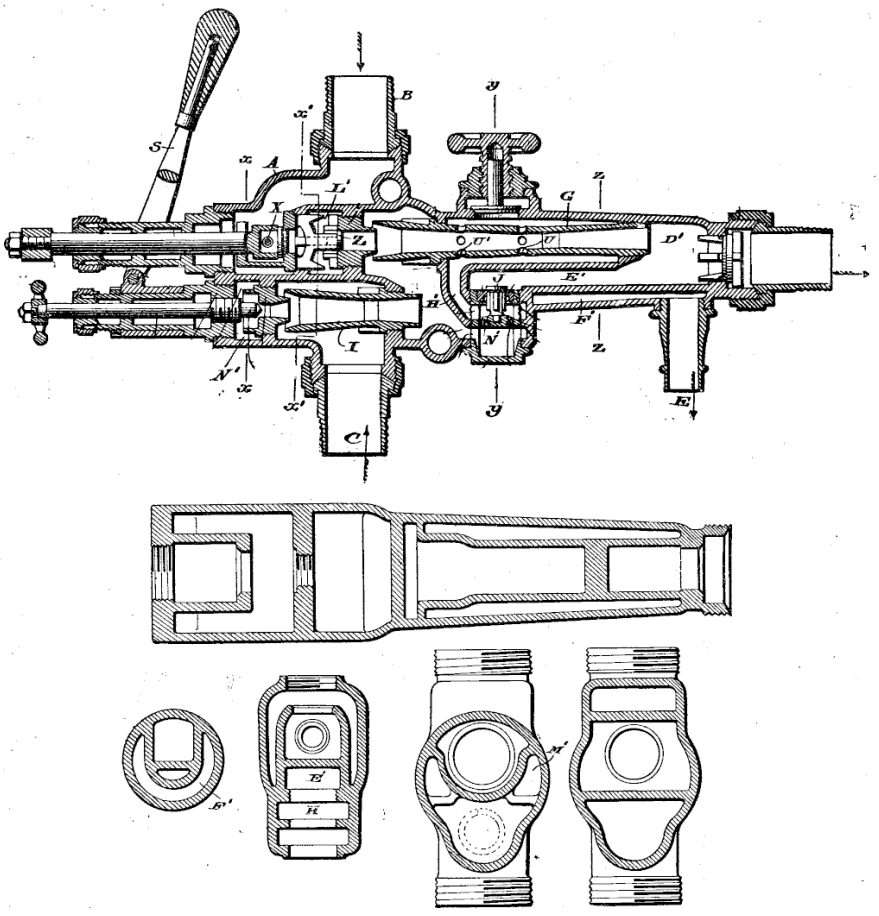


Fig. 13 à 18. — Injecteur *Gamble*. Coupe longitudinale. Détail du corps. Coupes transversales $(x\,x)$, $(x'\,x')$, $(y\,y)$, $(z\,z)$.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

M′, en N′, à l'aspirateur I, qui aspire l'eau par C, et, soulevant le piston N′ et son clapet auxiliaire J, va, par H′ F, au trop-plein E. Une partie de la vapeur passe par G-D′ en E′, et la majeure partie va directement en E′ par les trous U U_2 de G, J restant ouvert par la pression exercée sous le piston N′, dont la surface est égale à deux fois et demie celle de J.

Dès que l'eau sort par le trop-plein E, on achève de reculer S, jusqu'à ouvrir *r* par la soupape F, de manière que la vapeur admise directement en D exerce en E une pression suffisante pour fermer J et le trop-plein, dont le fonctionnement est ainsi tout à fait automatique.

RÉGULATEUR DIRECT *Hershey et Allen*.

Ce régulateur agit directement sur l'excentrique G (fig. 15), pivoté sur le volant A, et qui peut passer de la position de repos ou de pleine admission, indiquée en traits

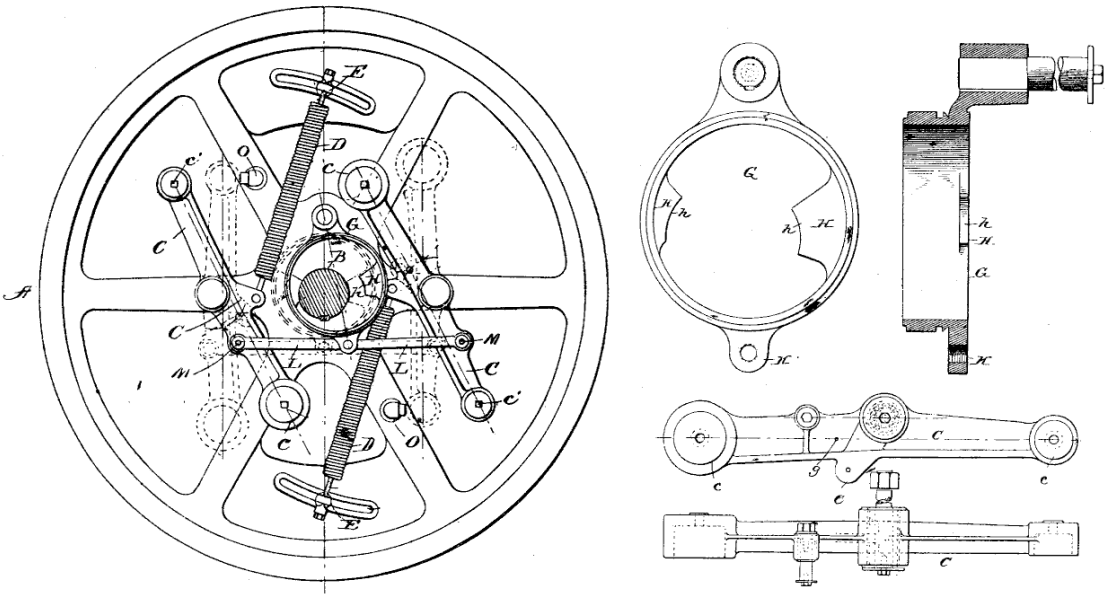


Fig. 19 à 23. — Régulateur *Hershey* et *Allen*. Ensemble. Détails de l'excentrique et des leviers.

pleins, à celle indiquée en traits pointillés, et ce par l'action des bielles L_1L, articulées en K sur l'excentrique et en M M sur les leviers C C du régulateur. Ces leviers, pivotés sur un même diamètre du volant, portent en *c c′* des masses calculées de manière à leur donner l'inertie voulue, mais en ramenant toujours le centre de gravité des ensembles *c*C*c′* en des points *g g*, situés entre les attaches des ressorts DD et les pivots des leviers CC. Quant aux ressorts, on peut les régler avec une grande précision au moyen des coulisses E, décrites de leurs points d'attache sur CC au repos.

Les mouvements du système sont limités par les butées *b*H de l'excentrique G et OO des bras CC.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ce régulateur, très sensible et parfaitement équilibré, fonctionne sans choc malgré l'absence de dash-pots (1).

STUFFING BOX A GARNITURE MÉTALLIQUE *Longstreth*.

On sait que ces genres de garniture sont presque exclusivement adoptés aujourd'hui sur les machines à vapeur aux États-Unis. Parmi leurs types très nombreux, l'un

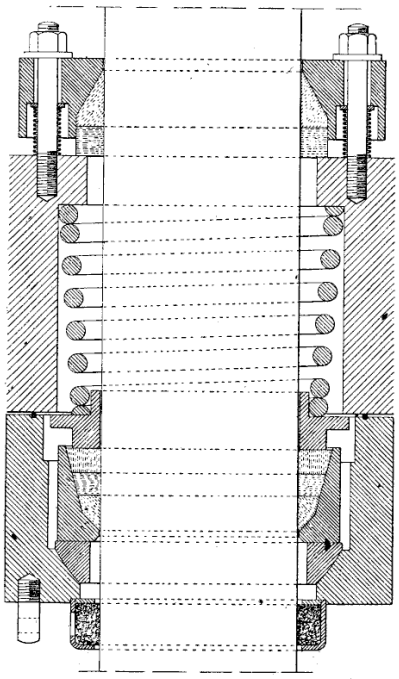


Fig. 24. — Garniture simple *Longstreth*.

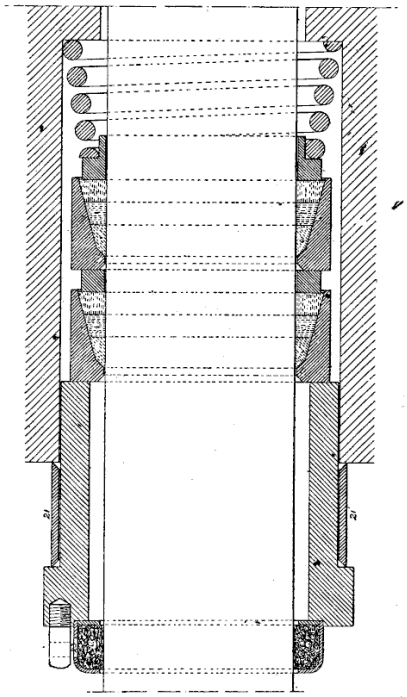


Fig. 25. — Garniture double *Longstreth*.

des mieux étudiés est celui de Ch. Longstreth, construit par la United States Metallic Packing C°, de Philadelphie.

Ainsi qu'on le voit, l'ensemble des stuffing box est disposé de manière à laisser à la tige du piston un libre jeu suffisant pour qu'elle puisse s'adapter à l'usure du piston et de la crosse (2). Les anneaux antifriction sont pressés par un ressort placé dans le creux ordinairement occupé par l'étoupe, et logés dans une capsule de profil intérieur calculé de façon à appuyer fermement les anneaux extrêmes sur la tige. A l'intérieur du cylindre, au haut de la figure 24, se trouve une deuxième garniture très légèrement appuyée sur la tige, et portée par des ressorts qui, dès qu'il se produit un coup d'eau

(1) Voir aussi le régulateur Ide, *Bulletin* d'août 1898, p. 507.
(2) G. Richard. *La Mécanique générale à l'Exposition de Chicago*, p. 544,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dans le cylindre, cèdent, de sorte que la pression de l'eau serre automatiquement la garniture et empêche ainsi l'eau d'y pénétrer.

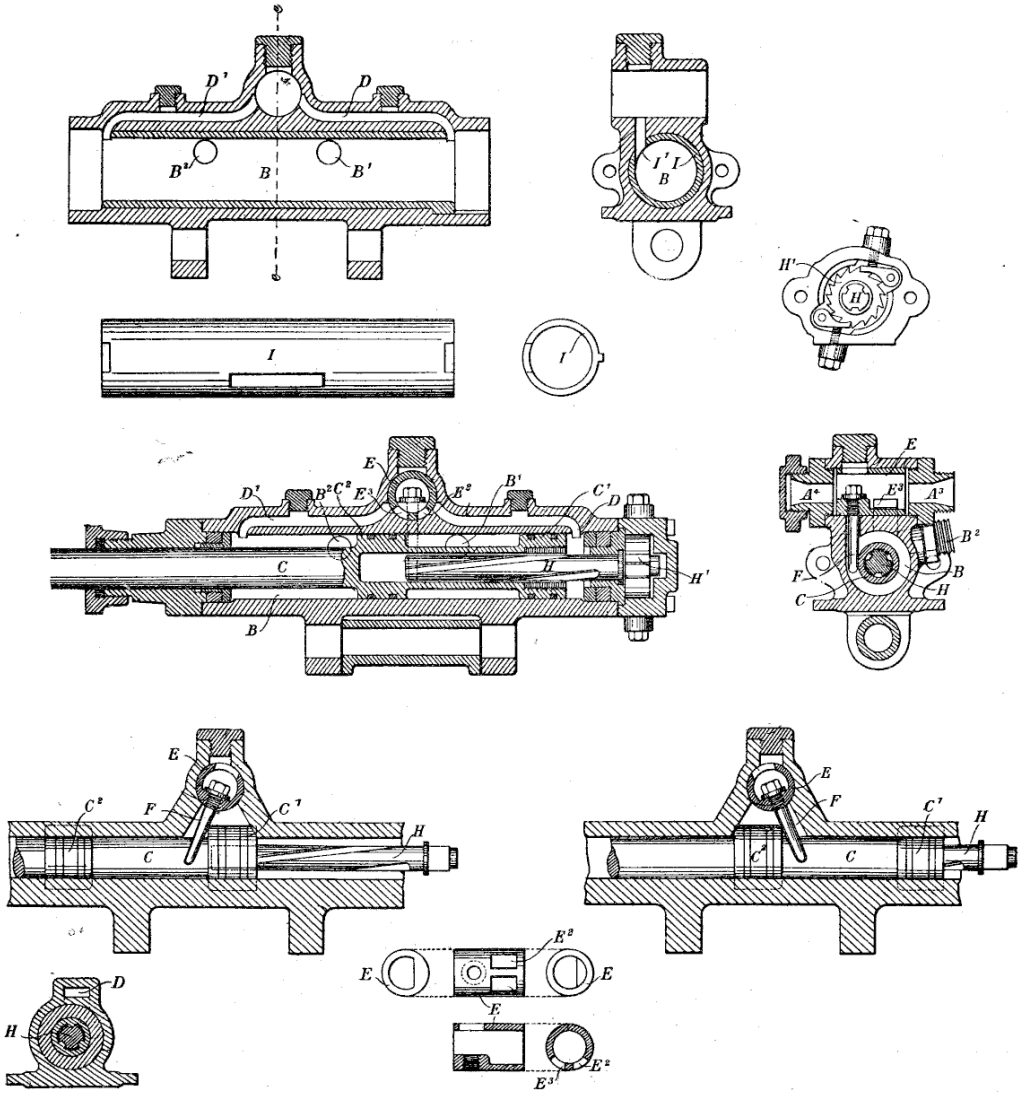


Fig. 26 à 36. — Perforatrice *Hancock*. Détail de la douille I; du rochet H. Ensemble. Détail de la distribution.

Dans les longs stuffing box (fig. 25), on double ou triple les garnitures, et l'on assure l'étanchéité de la bride par le serrage d'un anneau d'acier 2_1, à bords coupants, dont le tranchant pénètre dans la fonte de la bride et du couvercle.

Le stuffing box se termine toujours par une bague de graissage.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

PERFORATRICE A AIR COMPRIMÉ *Hancock*.

L'air comprimé amené par A_3 ou A_4, (fig. 30) suivant la position des conduites, à l'intérieur du robinet E, qui oscille de manière à admettre cet air par E_2D et E_3D', tantôt à droite, tantôt à gauche, dans le cylindre BC_1. Cette oscillation est communiquée à E par la butée même des pistons C_1 et C_2 sur son bras F, comme on le voit en figures 34 et 36 de manière à fermer l'admission de l'air comprimé un peu avant que les pistons C_2 et C_1 ne découvrent les orifices d'échappement B′ et B_2. La tige C des pistons C_1 C_2 est filetée sur la vis à pas très incliné H, et pourvue d'un rochet H′, qui ne la laisse tourner qu'à l'aller des pistons, de sorte qu'il les fait, à chaque retour, tourner, ainsi que le fleuret, d'un angle suffisant pour changer à chaque coup la frappe du fleuret.

Le cylindre B est garni d'une douille I, facile à remplacer après usure, et percée d'une ouverture I′ pour le passage du bras F.

Le mécanisme de cette perforatrice est, on le voit, très simple; facile à visiter et à réparer.

SUR LA DÉTERMINATION DES COURBES TERMINALES DES SPIRAUX. Note de **MM. Ch. Éd. Guillaume et Pettavel** (1).

Dans son célèbre Mémoire *Sur le spiral réglant* (2), Phillips a démontré qu'un balancier bien équilibré, actionné par un spiral cylindrique d'un nombre suffisant de spires, effectue des oscillations isochrones lorsque le spiral est centré sur l'axe du balancier, et qu'il est terminé par des courbes symétriques assujetties aux deux conditions suivantes :

1° Le centre de gravité de chacune doit être situé sur le rayon perpendiculaire à celui qui passe par l'origine de la courbe;

2° Il doit être à une distance du centre exprimée par $\frac{\rho_0^2}{l}$, ρ_0 étant le rayon du spiral au repos, l la longueur de la courbe terminale, entre le point où elle quitte les spires et son encastrement à la virole ou au piton.

Les courbes satisfaisant à ces conditions sont évidemment en nombre infini, et l'on s'arrête, en pratique, à celles qui, pour des raisons de construction, conviennent le mieux au type de chronomètre que l'on se propose de régler. Les courbes de Phillips, déterminées jusqu'ici par les régleurs, l'ont été presque exclusivement par un procédé graphique, consistant à faire des retouches successives à une première courbe tracée de sentiment et en calculant les moments statiques d'une série de tronçons de la courbe par rapport à deux axes rectangulaires.

Il nous a semblé que ce procédé, long et fastidieux, pouvait être avantageusement remplacé par une méthode mécanique, consistant à matérialiser la courbe par un fil de métal, et à ramener son centre de gravité à l'endroit voulu, en vérifiant par une pesée, la position de ce centre après chaque retouche.

Pour réaliser cette idée, nous avons construit l'appareil suivant (fig. 37) :

Sur un socle en fonte repose un disque évidé, portant en son milieu une pointe fine, sur laquelle il peut pivoter. Ce disque, muni des organes nécessaires pour établir son équilibre, porte, en outre, deux pinces A, B destinées à maintenir le fil à ses extrémités. Le socle renferme une tige d'acier, glissant verticalement dans une douille, et portant, à sa partie supérieure, une cuvette trempée et polie. Cette tige peut être élevée ou abaissée à l'aide de la manette M

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 21 mars 1898.
(2) *Annales des Mines*, t. XIX, 1861.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de manière à laisser reposer le disque par son pourtour ou à le faire pivoter sur sa pointe. Deux échelles, placées à angle droit sur le socle, en regard de deux pointes portées par le disque, permettent de mesurer son inclinaison.

Sur un rayon perpendiculaire à celui qui contient le bord de la pince extérieure, le disque porte une coulisse dans laquelle on peut introduire un poids P, dont la position est indiquée par une échelle.

La détermination d'une courbe de Phillips à l'aide de cet appareil se fait de la manière suivante : les pinces étant placées aux deux points que doivent occuper les extrémités de la courbe, on établit l'équilibre du disque à l'aide des contrepoids C,C. On pèse la courbe, et l'on mesure sa longueur, puis on introduit dans la coulisse le poids P destiné à lui faire équilibre. Ce poids peut être le même pour des courbes diverses, à la seule condition que son momen statique par rapport au centre soit égal au produit du poids de la courbe par la distance don-

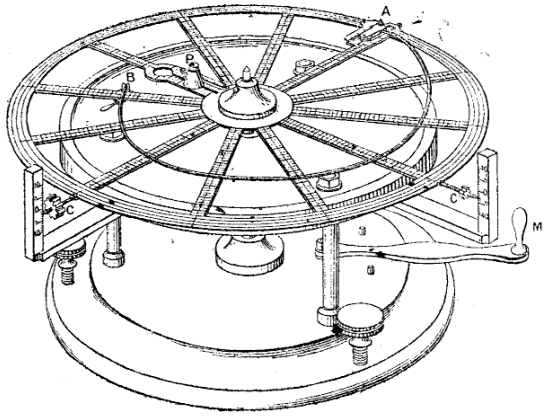


Fig. 37.

née par la formule de Phillips. On met alors en place les deux bouts de la courbe, on détermine le défaut d'équilibre en soulevant le disque sur sa pointe, puis on procède, en mettant chaque fois le disque au repos, à des retouches successives, à l'aide de deux pinces appropriées, jusqu'à ce que l'équilibre soit obtenu.

Le disque de notre appareil a un diamètre de 20 centimètres. Nous avons trouvé qu'un fil de 1 à 2 millimètres de diamètre, en alliage fusible employé dans les circuits électriques, donne de bons résultats au point de vue de la sensibilité et de la facilité des retouches.

Une courbe ayant été obtenue, il suffit d'en faire un calque et de la réduire ensuite.

Notre appareil permet de réaliser, en quelques minutes, une courbe d'un type nouveau (1).

(1) Cet appareil a été construit, avec la collaboration de l'un de nous, à l'École d'Horlogerie et de Mécanique de Fleurier (Suisse).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

PROCÈS-VERBAUX

Séance du 27 mai 1898.

Présidence de *M. Carnot*, président.

M. Collignon, secrétaire, dépouille la correspondance.

M. C.-M. Gariel, président de la Section française de l'*Institut international de bibliographie*, demande l'appui de la Société d'Encouragement pour la constitution, à Paris, d'un *Bureau bibliographique* destiné à assurer la publication de différentes branches du *Répertoire bibliographique universel*. (Commission du *Bulletin*.)

M. Delaurier envoie une note intitulée : *Recherches toutes nouvelles sur la navigation aérienne*. (Arts mécaniques.)

M^me^ Paquet Mille, directrice de l'*Institut polytechnique pour jeunes filles*, présente à l'examen de la Société son programme de cours. (Comité du Commerce.)

M. Paul Gadot, ingénieur sanitaire, 88, rue de la Folie-Méricourt, présente ses *Réservoirs de chasse à deux débits*. (Arts mécaniques.)

M. J.-L. Breton, instituteur à Saint-Martin-de-la-Place (Maine-et-Loire), présente un mémoire intitulé : *Exposé sur les musées communaux ruraux*. (Commité du Commerce.)

M. L. Perrier, président du *2^e^ Congrès international de pêche maritime*, qui aura lieu à Dieppe du 2 au 5 septembre, invite la Société d'Encouragement à y envoyer des délégués. (Comité du Commerce.)

M. H.-C. de Perger, président du *3^e^ Congrès international de chimie appliquée*, qui aura lieu à Vienne du 28 juillet au 2 août, invite la Société d'Encouragement à s'y faire représenter. (Arts chimiques.)

M. Granger remercie le Conseil de sa nomination comme membre de la Société.

Correspondance imprimée. — *M. Collignon* présente au Conseil, avec remerciements aux donateurs, les ouvrages mentionnés à la page 651 du *Bulletin* de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mai, parmi lesquels il signale tout particulièrement le premier volume de l'ouvrage de *M. A. Carnot* intitulé : *Traité d'analyse des substances minérales.*

Il signale aussi, dans le *Bulletin* de mai du *Department of Labor*, de Washington, un important travail de *M. S. Dunham* sur les *mines d'or de l'Alaska.*

Nomination de membre de la Société. — Est nommé membre de la Société : *M. Pierre Darcy*, ingénieur civil à Paris, présenté par *MM. Bordet* et *E. Biver.*

Conférence. — *M. E. Sauvage* fait une conférence sur la *Bibliographie décimale.*

M. le Président remercie et félicite vivement *M. Sauvage* de sa très intéressante conférence, qui sera insérée au *Bulletin.*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

BIBLIOGRAPHIE

Traité d'analyse des substances minérales, par M. **Adolphe Carnot**, membre de l'Institut, inspecteur général des Mines, professeur et directeur des laboratoires à l'École des Mines. **Tome Premier.** *Méthodes générales d'analyse qualitative et quantitative.* (1 vol. in-8°, 992 p.; Paris, Dunod.)

Cet important ouvrage est le résultat de près d'une trentaine d'années de pratique et de recherches dans la docimasie des substances minérales; recherches facilitées par les ressources mises à la disposition de l'auteur par sa situation de directeur des laboratoires de l'École supérieure des Mines, et poursuivies avec une persévérance et un talent dont l'éloge n'est plus à faire. Il comprendra, dans ses trois volumes, l'exposé complet de l'état actuel de la chimie analytique minérale et de ses applications. Nous ne saurions mieux faire, pour en signaler toute la portée, que de reproduire l'introduction même par laquelle l'auteur présente son ouvrage au public.

L'analyse chimique a pour but de déterminer la nature et les proportions relatives des divers éléments qui entrent dans la composition des corps.

Elle s'applique soit à l'examen des substances naturelles, telles que les minéraux, les roches, les eaux, les gaz, les matières d'origine animale ou végétale, soit à l'essai des produits artificiels obtenus dans les laboratoires ou dans les usines.

L'analyse n'est qu'une branche de la chimie; mais elle y occupe une place des plus importantes. La chimie n'est devenue une véritable science, avec des bases certaines, que du jour où Lavoisier y eut introduit, avec l'usage de la balance, la notion précise de la composition des corps. C'est par l'analyse que l'on a pu découvrir les lois de la combinaison des éléments entre eux, fixer leurs poids atomiques, etc. Les principes mêmes de la science chimique sont donc fondés sur l'analyse.

Elle est peu à peu devenue l'auxiliaire indispensable d'un grand nombre de sciences et d'arts industriels. Sans sortir du domaine des substances minérales, où nous avons l'intention de nous circonscrire dans cet ouvrage, il est facile de constater qu'elle a fourni leurs premiers fondements à la minéralogie et à la lithologie, qu'elle est nécessaire à l'exploitation des richesses minérales du sol et à leur mise en valeur, que toutes les industries chimiques, la métallurgie, la céramique, la verrerie, la fabrication des ciments et des chaux, etc., lui font constamment appel. Elle fournit les plus utiles renseignements à l'hygiène sur la composition exacte de l'atmosphère et des eaux douces ou minérales, à l'agriculture sur la composition du sol, des végétaux, des engrais, etc. Nous pouvons même ajouter que c'est, très souvent, pour satisfaire aux besoins nouveaux et aux exigences de plus en plus grandes des sciences ou des arts industriels, que les efforts persévérants des chimistes ont abouti à la création de nouvelles méthodes d'analyse, plus exactes ou plus rapides que les anciennes.

L'analyse chimique comprend deux sortes de recherches, les unes ayant pour objet de découvrir la nature des éléments qui composent le corps à examiner, les autres devant con-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

duire à la détermination de la quantité de chacun de ces éléments. Les premières appartiennent à ce qu'on appelle l'*analyse qualitative;* les secondes constituent l'*analyse quantitative*, soit que l'on se propose de connaître les proportions relatives de tous les éléments contenus, soit que l'on veuille seulement déterminer la proportion ou, en d'autres termes, faire le *dosage* de tel ou tel de ces éléments.

Les opérations par lesquelles on est parvenu à caractériser et à doser les différents corps simples dans les matières plus ou moins complexes de la nature ou de l'industrie, sont extrêmement variées, mais peuvent cependant être ramenées à deux types principaux.

Tantôt on soumet la substance à l'action de la chaleur seule ; ou bien on combine cette action avec celle de l'air ou de certains gaz, ou encore avec l'action de substances destinées à entrer en fusion avec la matière à essayer. Ce sont les opérations de *voie sèche*.

Tantôt, au contraire, on s'efforce de dissoudre les matières au moyen de réactifs appropriés et de produire ensuite, au sein du liquide, des transformations qui permettent soit de reconnaître, soit de doser les parties constituantes de la substance. Ces opérations, susceptibles de varier d'une infinité de manières, appartiennent à ce qu'on a nommé la *voie humide*.

La *voie sèche* a longtemps fourni les seuls procédés employés pour déterminer la richesse des minerais. Seule aussi, d'ailleurs, elle méritait alors d'inspirer confiance ; car la composition chimique des substances étant encore totalement inconnue, les réactions chimiques donnant lieu aux hypothèses les plus singulières, on ne pouvait guère ajouter foi qu'aux opérations capables de fournir en nature le métal lui-même ou du moins quelque composé métallique simple, dont l'aspect et le poids fissent connaître sûrement la nature et la quantité approximative du métal.

Dans un grand nombre de cas, les méthodes d'essai des minerais par voie sèche avaient été calquées, en quelque sorte, sur le traitement métallurgique suivi dans les usines et elles fournissaient, en petit, des produits analogues. Cela même leur valait une juste faveur auprès des praticiens ; car si elles ne donnaient pas tout à fait la teneur véritable des minerais, elles permettaient de prévoir la proportion de métal utile qui pouvait en être retirée, et même de se rendre compte de la qualité probable de ce métal. C'étaient là, à vrai dire, de sérieux avantages.

Aussi, l'usage des opérations de voie sèche a-t-il été très général et s'est-il même conservé dans plusieurs districts industriels, soit pour fixer le prix d'achat des matières premières, soit pour examiner les produits de la fabrication dans ses différentes périodes.

Il faut d'ailleurs ajouter que ces essais ont l'avantage d'être ordinairement rapides, et qu'ils sont souvent assez simples pour être confiés à des ouvriers dépourvus des connaissances théoriques qui seraient indispensables pour conduire une véritable analyse.

Entre des mains exercées, ils fournissent des résultats d'une assez grande précision pour certains métaux, notamment l'or, l'argent, le mercure ; et pour d'autres métaux usuels, tels que le fer, le cuivre, le plomb, l'étain, des résultats encore suffisamment approchés ou du moins présentant des écarts assez réguliers pour que l'on puisse en tenir compte à l'aide de formules connues, si l'on a constaté par des expériences précises les pertes afférentes au mode d'essai employé.

Néanmoins, ces résultats ne suffisent plus aujourd'hui à toutes les exigences de l'industrie. On ne peut plus se contenter, comme autrefois, de connaître, à quelques centièmes près, la quantité de métal utile contenue dans un minerai, une matte ou une scorie.

Le métallurgiste a besoin de savoir avec précision quelles sont les différentes substances qui entrent dans la composition des minerais, des fondants, des combustibles, des matières premières et des produits obtenus dans les phases successives de la fabrication.

La proportion même des éléments nuisibles doit être déterminée avec une exactitude scrupuleuse, surtout lorsque la présence de ces éléments, même en quantités les plus minimes, peut modifier considérablement les propriétés du métal.

Aussi, ne peut-on plus se borner aujourd'hui, dans les laboratoires, à déterminer la teneur utile des minerais par la voie sèche et doit-on fréquemment recourir aux opérations de la voie

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

humide, susceptibles de donner, la plupart du temps, des indications beaucoup plus complètes et plus exactes.

Les méthodes de *voie humide*, c'est-à-dire celles qui procèdent par dissolution, ont, sur les précédentes, l'avantage de permettre d'isoler successivement chacun des éléments qui entrent dans la composition des matières les plus complexes et de les doser avec précision.

Mais elles exigent, du côté de l'opérateur, une connaissance approfondie des réactions chimiques auxquelles il doit faire appel. Il doit savoir la façon dont se conduiront, dans chaque circonstance, les éléments mis en présence, l'influence qu'ils pourront exercer les uns sur les autres, les propriétés et la composition exacte des produits qui se formeront et qui serviront aux dosages demandés.

Il faut joindre à ces connaissances théoriques une certaine habileté de main, qui est, jusqu'à un certain point, naturelle, mais qui s'acquiert aussi ou se perfectionne par l'habitude.

Il faut, en outre, pour réussir, beaucoup de soin, d'attention et souvent de patience; car bien des opérations de la chimie analytique sont de longue durée, et il ne faut pas craindre de les recommencer ou de varier les méthodes jusqu'à ce que la concordance des résultats ne laisse plus de doute sur l'exactitude des dosages.

Il ne faut d'ailleurs pas considérer les méthodes de voie sèche et de voie humide comme des méthodes exclusives et opposées l'une à l'autre. Les essais par la voie sèche ont souvent recours à des opérations, telles que des dissolutions et évaporations, qui appartiennent à l'autre catégorie. Plus souvent encore et même à tout instant, les analyses par la voie humide empruntent à la voie sèche certaines opérations essentielles, tantôt pour réaliser l'attaque des substances au début de l'analyse, tantôt pour opérer la transformation de composés à séparer les uns des autres, tantôt enfin pour amener l'élément que l'on doit doser à l'état de combinaison définie, desséchée ou calcinée, que l'on puisse porter sur la balance.

Quelle que soit la marche suivie dans une analyse *quantitative*, elle doit toujours aboutir à une opération finale qui a pour but, comme l'indique son nom même, de faire connaître la *quantité* de la substance cherchée. Mais cette détermination peut se faire de plusieurs façons différentes.

Les essais par la voie sèche se terminent invariablement par la *pesée* du produit obtenu.

Les dosages par la voie humide, bien qu'ils s'appliquent à des substances beaucoup plus variées, peuvent aussi, dans la plupart des cas, se résoudre en une détermination du *poids* du corps qu'on a isolé à la suite de réactions diverses; mais ce corps, au lieu d'être un métal ou un composé métallique simple, comme cela se présente en général pour la voie sèche, peut aussi être une combinaison plus ou moins complexe de l'élément cherché. Pourvu que cet élément s'y trouve en totalité et que l'on sache dans quelle proportion il y entre, il suffira d'un simple calcul pour trouver le poids de l'élément lui-même d'après celui de son composé.

Le dosage se trouve donc encore réalisé par une *pesée;* c'est ce qu'on appelle la méthode *gravimétrique* ou *pondérale.*

On arrive au résultat final soit par une évaporation, soit par une précipitation, par une dessiccation ou une calcination; ce sont différents procédés de l'*analyse ordinaire par voie humide.*

Ou bien on a recours à un courant électrique pour déterminer le dépôt du métal à peser; c'est alors une *électrolyse.*

Dans certains cas, les opérations ont pour but de dégager ou d'isoler un gaz, et au lieu d'en prendre le poids, on en mesure le volume, en tenant compte des conditions de pression, de température, d'humidité; ainsi se font les analyses *gazométriques.*

Enfin, quelquefois, on peut remplacer le dosage pondéral proprement dit par un procédé expéditif, appelé *procédé colorimétrique,* fondé sur ce que certaines substances communiquent au liquide qui les dissout une coloration spéciale, dont l'intensité varie avec la quantité de ces substances.

Mais on peut procéder autrement au dosage de la substance cherchée dans une dissolution. En versant dans celle-ci, progressivement et par petites quantités, un réactif préparé à

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'avance à un état de dilution bien déterminé ou, comme on dit, de *titre* exactement connu, on peut provoquer au sein du liquide certaines transformations, dont l'achèvement soit marqué par un phénomène bien apparent, tel qu'un changement brusque de couleur, un commencement de précipitation, etc. D'après la mesure de la quantité de réactif qui a été ajoutée, on calculera celle du corps cherché, sur laquelle s'est accomplie la transformation. Quant à la mesure du réactif, elle sera fournie par une simple lecture de volume, faite sur la burette graduée où il était contenu. Cette méthode est appelée *méthode volumétrique* ou *méthode des liqueurs titrées*.

Elle peut être employée dans un très grand nombre de cas et mérite souvent d'être préférée à la méthode pondérale.

Elle est, en effet, la plupart du temps, d'une exécution beaucoup plus rapide, souvent aussi plus facile, parfois d'une plus grande exactitude; elle permet assez souvent de déterminer l'un des éléments d'un mélange sans séparation préalable; enfin, elle donne le moyen de résoudre certaines questions qui échappent à l'analyse pondérale, notamment beaucoup de celles qui se rapportent à l'état de saturation des acides ou des bases, à l'état d'oxydation ou de chloruration des éléments, etc.

Aussi, l'emploi des liqueurs titrées a-t-il mérité une faveur assez générale; il est à recommander principalement dans les usines, où l'on a souvent besoin d'obtenir un résultat en très peu de temps, et dans les laboratoires spéciaux où l'on doit effectuer très fréquemment des dosages de même espèce. On a alors un petit nombre de liqueurs titrées, préparées pour les essais, et on peut les exécuter promptement.

Il n'en est pas toujours et partout de même. Dans les laboratoires où se présente une grande variété d'analyses, la préparation et la vérification du titre des liqueurs qui se modifie plus ou moins rapidement, peuvent occasionner de grandes pertes de temps. En outre, il y a quelques chances d'erreur particulières à ce procédé, si l'on n'a pas réalisé, dans des essais comparatifs, une parfaite identité des conditions où se produisent les réactions : température, degré d'acidité, dilution des liqueurs, etc. D'autres fois, la présence d'un élément qu'on ne soupçonne pas ou qu'on ne peut séparer aisément, peut troubler le dosage de tel autre élément, qui, par la même méthode, se ferait bien en l'absence du premier. Notons enfin que, malgré les progrès accomplis depuis quelques années, les procédés volumétriques ne peuvent encore aborder certains dosages ou n'y aboutissent qu'au prix de complications et de détours qui leur font perdre tout avantage.

En résumé, les deux modes de dosage, pondéral et volumétrique, doivent être cultivés ensemble; il faut demander à chacun les services qu'il est le mieux en état de rendre, suivant les circonstances.

On possède déjà un certain nombre d'ouvrages, dont quelques-uns d'une très grande valeur, qui traitent, les uns de l'analyse qualitative, les autres de l'analyse quantitative. Plusieurs n'exposent que les dosages gravimétriques, d'autres se cantonnent dans l'emploi des liqueurs titrées; d'autres encore sont consacrés exclusivement aux essais par la voie sèche. Nous nous proposons, au contraire, de réunir dans ce traité les différentes méthodes d'essai qui peuvent concourir soit à la recherche qualitative, soit au dosage des divers éléments.

Nous exposerons d'abord, avec quelque détail, les différentes méthodes de *recherches qualitatives*.

Les unes sont essentiellement des méthodes de voie sèche et fournissent, par des opérations assez simples et sur une très petite quantité de matière, de précieux renseignements sur la nature des éléments contenus.

Elles sont caractérisées par les appareils dont elles font usage : le *chalumeau*, la *lampe à gaz*, le *spectroscope*.

Les autres sont des méthodes de voie humide, qui débutent toujours par une dissolution de la matière à essayer.

Quelquefois, on n'y emploie, comme dans les opérations précédentes, qu'une quantité minime de la matière, et on observe, à l'aide du microscope, les réactions produites, les préci-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pitations et surtout les cristallisations. C'est la *méthode microchimique*. Cette méthode, de date récente, n'a guère été mise en pratique jusqu'ici par les minéralogistes ou les pétrographes; elle mérite de se répandre davantage, mais surtout comme moyen de caractériser des composés assez simples (chapitre IV).

Lorsqu'il s'agit de substances très complexes, et qu'il faut opérer des séparations véritables pour arriver à caractériser tous les éléments avec certitude, il faut avoir recours aux méthodes d'*analyses qualitative par voie humide* proprement dite; on consacre alors aux différents essais une quantité un peu notable de la matière à analyser et on applique une marche systématique pour reconnaître tous les éléments contenus. Tel est l'objet du chapitre V de cet ouvrage.

A la suite des recherches systématiques, on trouvera une sorte de tableau où on été résumées les principales réactions que l'on peut mettre en jeu pour s'assurer de la nature de chacun des éléments isolés, métal ou métalloïde (chapitre VI).

Un chapitre spécial (n° VII), placé entre les recherches qualitatives et les opérations de l'analyse quantitative, fait connaître les *réactifs* à employer pour les unes ou pour les autres, leur mode de préparation, la manière de reconnaître leurs impuretés et les moyens de les éliminer, s'il y a lieu.

Pour les *analyses quantitatives*, nous appellerons tout d'abord l'attention sur l'importance des *opérations préliminaires*, en particulier sur la prise d'essai, sur le triage d'un échantillon pur, lorsqu'il s'agit de recherches scientifiques, sur la préparation d'un échantillon moyen, si l'on s'occupe de matières premières ou de produits intéressant l'industrie ou le commerce. Puis nous indiquerons les précautions à prendre pour réduire la matière en parcelles suffisamment fines; pour la dessécher au point convenable; pour peser avec exactitude la portion destinée à l'essai.

Nous nous occuperons ensuite des *opérations de voie sèche*, des moyens de chauffage, des fourneaux et des vases à employer, enfin, de la conduite des opérations : la calcination, le grillage, la réduction, la sulfuration, la distillation, enfin la fusion avec intervention des réactifs oxydants, de réducteurs et de fondants de natures diverses (chapitre IX).

En ce qui concerne les *opérations de voie humide*, nous aurons à nous arrêter sur l'action des dissolvants et les vases à employer, sur la dissolution directe et la dissolution après désagrégation par différents réactifs, sur l'évaporation et la distillation, sur la précipitation, la décantation du liquide, la filtration, le lavage des précipités, leur dessiccation ou leur calcination en vue de la pesée finale.

Le chapitre IX relatif à l'*électrolyse* résumera les notions pratiquement utiles sur la production du courant électrique, sur les électrodes, sur la mesure et le réglage de l'intensité du courant, sur la production des dépôts métalliques.

Dans le chapitre des *méthodes volumétriques*, nous aurons à exposer sous quelles conditions le dosage pondéral peut être remplacé par la lecture du volume d'une *solution titrée*, comment les solutions de ce genre doivent être préparées, quels instruments on emploie pour déterminer exactement leur volume; enfin nous indiquerons le principe et le mode d'application des différentes méthodes par saturation, par oxydation et réduction ou par précipitation.

Nous compléterons l'exposé des méthodes de dosage par voie humide, en faisant connaître les différentes manières dont on peut effectuer les *essais colorimétriques*, soit avec de simples flacons ou éprouvettes calibrées, soit avec des appareils spéciaux appelés colorimètres, destinés à faciliter la comparaison et l'identification des teintes.

Un dernier chapitre sera réservé à l'*analyse des gaz*. Nous aurons à décrire les appareils usités pour la prise d'essai des gaz dans les différentes circonstances où elle se présente, les appareils employés pour leur conservation et pour leur manipulation, les procédés de recherche et de dosage des gaz les plus répandus ou les plus importants pour l'hygiène ou pour l'industrie; à cette occasion, nous donnerons quelques détails sur la disposition et le mode d'emploi des appareils qui sont aujourd'hui le plus usités dans les laboratoires, les usines ou les mines pour l'analyse gazométrique.

La convenance de réunir dans un seul chapitre tout ce qui concerne les gaz nous a conduit

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

à aborder, par exception, dès le premier volume de cet ouvrage, l'analyse quantitative des mélanges gazeux; mais c'est dans les volumes suivants que se trouveront exposées toutes les méthodes d'analyse quantitative pour les substances solides ou liquides.

Nous y ferons l'étude, au point de vue analytique, des différents corps simples et de leurs composés les plus importants; nous exposerons, pour chacun d'eux, les réactions de voie sèche et de voie humide qui peuvent servir à les reconnaître; nous décrirons leurs différents modes de dosage.

Nous insisterons sur les moyens par lesquels on réussit à les séparer les uns des autres; enfin, passant en revue les principales substances qui contiennent ces corps, minéraux, roches ou produits de l'industrie, nous donnerons des exemples d'analyses complètes ou d'essais partiels, assez variés pour pouvoir être appliqués sans peine aux autres substances plus ou moins analogues, dont il serait trop long de décrire séparément l'analyse.

Tel est le plan général de cet ouvrage.

Bulletin de l'Association des Industriels de France contre les accidents du travail. — *Année* 1898. (1 vol. in-8, 270 p. Au siège de l'Association, rue de Lutèce, 3.)

Ce Bulletin renferme, comme ceux des années précédentes, des renseignements très précieux sur les appareils dont s'occupe l'Association, et notamment un fort intéressant rapport de *M. Mamy* sur les résultats du concours de *monte-courroies portatifs*,

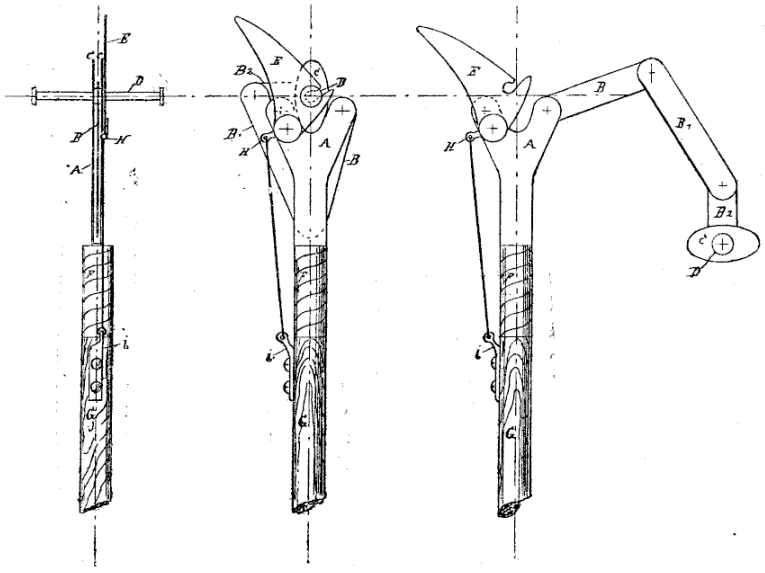


Fig. 1, 2 et 3. — Monte-courroies *Elbs*. — Vue latérale. — Appareil ployé et déployé.

ouvert par l'Association. Le prix de 1 000 francs, institué pour ce concours, n'a pas été décerné, mais on a attribué un second prix de 500 francs à *M. Micault* et deux mentions honorables de 250 francs, l'une à *M. Elbs*, l'autre à *M. Honold*.

Voici la description de ces trois appareils.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Monte-courroies Elbs. — Le monte-courroies de M. Franz Elbs, mécanicien à Ravensburg (Würtemberg), se compose (fig. 1, 2 et 3) d'une perche en bois G, terminée supérieurement par un fort ressort spiral F, en fer plat, qui possède une certaine flexibilité. Ce ressort porte deux lames parallèles A, en tôle d'acier, ayant la forme d'une fourche, et entre lesquelles peuvent se mouvoir les pièces articulées B, B_1, B_2, également en tôle d'acier, et qui forment la partie développable du monte-courroies. La pièce B_2 porte, sur chacune de ses faces, un petit disque ovale C et un doigt porte-courroie D.

Dans la position de repos, la partie développable est repliée sur elle-même, comme l'indique la figure 3, logée entre les pièces A et maintenue par le crochet E, dans lequel s'engage le doigt D. Ce crochet ne peut s'incliner que faiblement, un fil de fer le reliant à la perche G par la languette à œillet H et l'agrafe *i*.

Pour remonter une courroie, on la saisit avec le doigt D, on l'amène sur la poulie au point de prise, et on l'accompagne sur la jante. Par suite de l'entraînement du doigt, le ressort F s'infléchit; le crochet R, s'inclinant avec lui, permet au doigt D de s'échapper de son cran et la partie mobile se développe, suivant le doigt dans son mouvement.

Monte-courroies Honold. — L'appareil de M. Honold est une perche à crochet (fig. 4 et 5) dont la partie supérieure est divisée dans le sens de la longueur en deux parties. L'une d'elles est

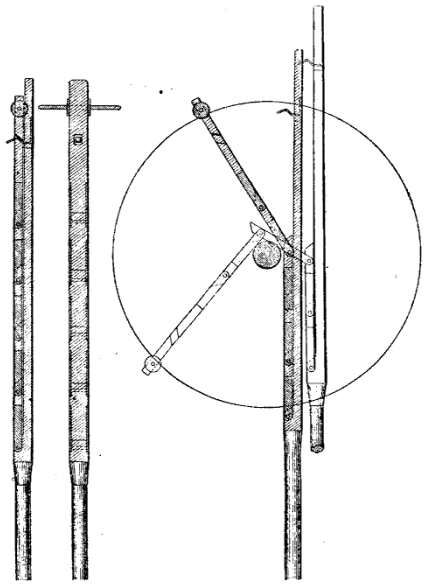


Fig. 4 et 5. — Monte-courroies *Honold.*

fixe; l'autre, qui porte le doigt monte-courroie, est mobile et formée de trois ou quatre pièces articulées qui peuvent se plier, en formant une ligne brisée dans un plan passant par la perche. L'extrémité libre de cette série de tiges articulées porte le doigt. Cette partie mobile est formée d'un bois très dur; elle est rendue, au repos, solidaire de la partie fixe par le ressort R.

Pour remonter une courroie avec cet appareil, on le saisit avec le doigt et on l'amène au point de contact avec la poulie en engageant le doigt entre la courroie et la jante. L'entraînement se produit, et, aussitôt que la rigidité de la perche deviendrait un obstacle, la partie

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

articulée se déploie et permet ainsi au doigt d'être librement entraîné jusqu'au point de sortie.

La perche ainsi constituée ne peut servir qu'à monter des courroies légères et peu tendues. Les courroies lourdes nécessitent l'emploi d'une perche auxiliaire et d'un second ouvrier.

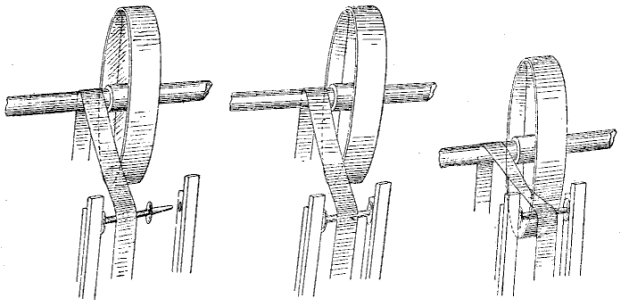


Fig. 6, 7 et 8. — Monte-courroies *Honold*, positions I, II et III.

Cette perche auxiliaire est à peu près semblable à la première; mais, au lieu d'une cheville, elle porte un trou. Pour opérer le montage (fig. 7 et 8), les deux ouvriers se placent

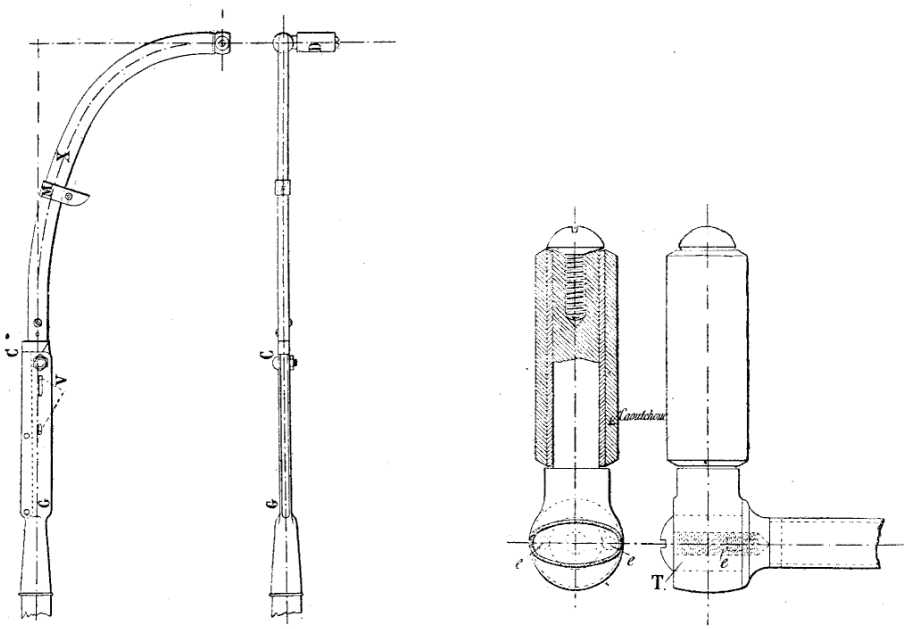


Fig. 9, 10 et 11. — Monte-courroies *Micault*. Ensemble et détail du doigt.

l'un à droite, l'autre à gauche de la courroie. Celui qui porte la perche principale la place sous la courroie; celui qui porte la perche auxiliaire la place de manière que la cheville de la pré-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

cédente pénètre dans l'ouverture ménagée dans la seconde perche. Tous deux alors exercent un effort simultané, qui fait monter la courroie sur la poulie.

Monte-courroies Micault. — Cet appareil est, en principe, une perche à crochet dont la partie supérieure, qui porte le doigt monte-courroie, peut se plier et se fermer sur la partie inférieure, comme une lame de couteau sur son manche.

Un tube C, en fer, fendu et forgé en forme d'U (fig. 9 et 10), porte, à l'une de ses extrémités, une douille G, qui se fixe au sommet d'une perche en bois de longueur convenable, et à l'autre extrémité, la charnière d'un bras pliant X. Ce bras, formé d'un tube aplati et cintré, reçoit à son extrémité libre le doigt monte-courroie D.

Celui-ci (fig. 11) est entouré de caoutchouc; il est monté sur un tourillon T et maintenu

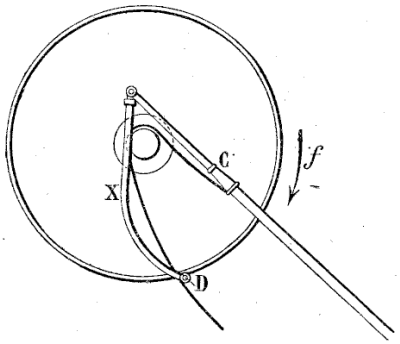


Fig. 12. — Monte-courroies *Micault* replié.

par deux ergots *e*. Il peut tourner de 180° sur lui-même, de façon à se placer à droite ou à gauche de la perche.

Une simple vis, qu'on serre et desserre à volonté, permet ce mouvement.

Dans l'appareil présenté à la Commission, un verrou V permet d'immobiliser le bras dans la position du dessin et de transformer ainsi la perche pliante en une perche rigide.

La figure 12 montre la position que peut prendre l'appareil en se pliant sur l'arbre de transmission.

Dans certains cas, il peut être utile, pour effectuer le montage de la courroie, de prendre appui sur l'arbre, en un point du bras pliant. A cet effet, l'inventeur emploie un talon M, (fig. 10) formé d'une bande de fer feuillard repliée autour du bras et qui peut être fixé au point convenable, en raison du diamètre de la poulie, au moyen d'un boulon.

On trouvera, pages 179-182, la description de quelques dispositifs de sûreté pour *monte-charges*, notamment ceux de la Société de Vennes, à Liège, de MM. E. Saint-Jacques, Bailly et Tanton, ce dernier pour monte-charges de hauts fourneaux. La description des *protecteurs pour machines* à battre de MM. Guichard-Dorier et de la Société française de Matériel agricole et industriel devrait être connue de tous les agriculteurs. Citons encore le remarquable rapport de M. Napias sur l'*Emploi du chromate de plomb dans l'industrie de la teinture* et la création, à Amsterdam, en 1893, d'un *Musée des accidents du travail*, qui renferme déjà plus de 400 modèles d'appareils de protection ou d'hygiène : souhaitons d'en voir bientôt un pareil à Paris.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Compte rendu des séances du 21e Congrès des Ingénieurs en chef des Associations des propriétaires d'appareils à vapeur tenu à Paris en 1897. (1 vol. in-8°, 240 p. Paris, imprimerie Capiomont.)

Ce volume renferme un grand nombre d'observations et d'expériences très intéressantes relatives aux chaudières et machines à vapeur, parmi lesquelles nous signalons :

Deux notes de M. Olry et Bonnet : l'une sur *l'Utilité des visites intérieures des chaudières* à l'occasion des menues réparations occasionnées par les fuites, l'autre sur un cas de *Corrosion rapide par simple oxydation due à l'emploi d'un décincrutant à base de tanin;* un très intéressant mémoire de M. Schmidt sur la *Désincrustation des chaudières*, par la vidange après refroidissement complet (1) ; des essais par MM. Walther Meunier et Compère de la *Grille à souffleur Kudlier*, qui n'a guère donné d'économie avec les houilles ordinaires, mais pourrait rendre des services pour brûler des déchets, etc. Il en a été de même pour le *souffleur Meldrum :* essai de MM. Olry et Bonnet.

Des essais exécutés avec des *surchauffeurs Uhler et Schwoerer*, et sur une machine à triple expansion de Berger André, ont amené MM. Walther Meunier et Ludwig à conclure que la surchauffe, appliquée dans de bonnes conditions, donne toujours de l'économie de vapeur, même avec les moteurs les plus perfectionnés; il faut évidemment déduire de cette économie la plus-value des frais de graissage, d'entretien et d'amortissement des machines, provenant de la surchauffe.

Voici maintenant quelques *essais de machines à vapeur*. Une machine monocylindrique Corliss-Farcot, à enveloppe, avec aéro-condenseur, vide 625mm, timbre 6 kilos, a dépensé : 7kg,25 de vapeur par cheval-heure, à 159 chevaux indiqués, avec admission de 1/10. Machine Weyer et Richemont, à cylindre de 575×1 mètre, timbre 6 kilos, admission 1/10, puissance indiquée 197 chevaux à 60 tours, avec vide de 650 millimètres au condenseur, dépense totale, y compris l'enveloppe : 6kg,58. Peut développer 400 chevaux avec admission aux 3/10. Une machine compound de Chaligny, à cylindres de 280 et 485×500, avec enveloppe, timbre 9 kilos, vitesse 90 tours; réchauffeur intermédiaire très efficace, a dépensé par cheval-heure indiqué 6kg,89 à 69 chevaux avec condensation, 6k,88 à 42 chevaux, puis 9kg,21 à 71 chevaux sans condensation. Une machine Willams à simple effet, triple expension, cylindres de 320, 500 et 790mm × 290 de course, vitesse 304 tours, puissances moyennes indiquées 386 et 299 chevaux : dépense d'eau : 6kg,13 et 6kg,07 par cheval-heure, avec une pression moyenne de 11kg,5 à l'admission. Une turbine de Laval de 100 chevaux a donné les résultats suivants : en pleine et demi-charge, 116 et 60 chevaux, tours par minute : 12 400 et 11 510; pressions à la tubulure d'admission 8kg,22 et 8kg,01 : vides au condenseur 637 et 600 milimètres; dépenses de vapeur par cheval-heure : 9kg,21 et 10kg,32. Un moteur rotatif Filz de 30 chevaux, à 3 cylindres et triple expansion, a dépensé 2kg,94 de vapeur par cheval-heure à 500 tours, avec une pression de 9kg,75 à l'admission.

Les expériences sur les *machines de laminoirs* sont peu nombreuses; aussi celles

(1) *Bulletin* de janvier 1898, p. 94.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

exécutées par MM. Olry et Bonnet sont-elles des plus intéressantes. Je citerai, notamment, l'essai d'une machine du laminoir à blindages construite par Dujardin de Lille; à deux cylindres de $1^m,05 \times 1^m,80$ de course, vitesse normale 60 tours, à condensation, et détente variable par le régulateur; puissance absorbée par le train à vide 763 chevaux, passant, en pleine marche, à 3280 chevaux, avec une vitesse sensiblement constante.

L'étude des *efforts transmis au tourillon de manivelle en tenant compte des forces d'inertie*, et celle de la *consommation des machines annexes des installations mécaniques*, sont l'objet de deux intéressants travaux de M. Compère, qui avait déjà traité ces questions dans le *Bulletin de la Société des Ingénieurs civils*.

Le volume se termine par l'examen de quelques questions concernant les *tuyauteries de vapeur* et la reproduction de quelques *cahiers des charges* pour épreuve des matériaux de construction des chaudières, notamment du fer homogène (*Flusseisen*) qui doit, pour les tôles de fer, résister à 40 ou 43 kilogrammes de traction avec un allongement de 25 p. 100 au moins, pour une longueur de 200 millimètres.

Automobiles sur rails, par M. **G. Dumont**, ingénieur des Arts et Manufactures, vice-président de la Société des Ingénieurs civils de France. (*Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire*. Paris, Gauthier-Villars.)

L'ouvrage de M. Dumont a pour but de passer en revue les différents moyens mécaniques qui sont actuellement employés dans les tramways automobiles.

Après quelques renseignements historiques et des considérations générales, l'auteur étudie successivement les divers modes de traction. Traction par moteur à vapeur (systèmes Nowau, Serpollet, etc.), avec quelques indications sur les moteurs rotatifs applicables à la traction et la description des systèmes sans foyer. Traction par moteurs à air comprimé, Mékarski et Popp-Conti. Traction par moteurs à gaz et à pétrole, avec une description sommaire des voitures employées en Allemagne et en France.

Quelques indications sont données ensuite sur la traction par moteurs à acide carbonique employée aux États-Unis, et sur les différentes solutions adoptées pour l'application des moteurs à ammoniaque aux tramways.

La traction funiculaire est examinée brièvement dans le chapitre suivant. Puis vient l'étude de la traction par moteurs électriques, avec une description des solutions employées pour la transmission de la force, soit par câble aérien, soit par conducteurs souterrains, soit par conducteurs interrompus au niveau du sol, soit enfin que l'énergie soit emmagasinée dans des accumulateurs.

Un exposé rapide sur la question des prix de revient termine l'ouvrage.

Automobiles sur routes, par M. **L. Périssé**, ingénieur des Arts et Manufactures. (*Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire.*)

Après une *Notice historique* passant en revue les essais faits en Angleterre et en France jusqu'à ces dernières années, l'auteur a, dans la première partie, examiné les *mécanismes des voitures automobiles*, les différents moteurs, leur fonctionnement ainsi que les sources d'énergie qu'ils nécessitent.

Dans la deuxième partie, M. Périssé fait une étude générale des différents *véhicules* en usage :

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

voitures de promenade ou de tourisme, solutions adoptées pour les fiacres automobiles, véhicules destinés aux transports en commun des voyageurs, véhicules destinés aux transports des marchandises, etc. Il indique les résultats obtenus au concours des *poids lourds* en 1897 et les prix de revient qu'ont permis d'établir les expériences prolongées faites sur les automobiles de livraison.

Les conclusions de l'ouvrage exposent, pour chaque type de véhicule, les avantages et les inconvénients que la pratique a indiqués et les *desiderata* que l'on peut tirer de l'expérience déjà acquise pour la construction d'automobiles.

Traité pratique de la Machine locomotive, par M. **Maurice Demoulin**, ingénieur des Arts et Manufactures. (4 vol. in-4°, 2 000 p., 973 fig. et 6 pl. Paris, Baudry.)

Le grand ouvrage de M. Demoulin constitue certainement le traité le plus complet qui existe sur la locomotive moderne; il fait le plus grand honneur à son auteur ainsi qu'à ses éditeurs, qui n'ont pas reculé devant les dépenses nécessaires pour le publier avec tout le soin qu'il mérite. Notre collègue, M. Sauvage, a écrit, pour cet ouvrage, une introduction que nous reproduisons ici, et qui fait bien ressortir la portée de l'œuvre de M. Demoulin.

On peut classer en deux grandes catégories la plupart des livres, et surtout les livres scientifiques et techniques : ceux où le lecteur trouve ce qu'il y cherche et ceux qui trompent son attente. Bien que cette division soit essentiellement subjective et que les limites qui séparent ces deux catégories soient fort vagues, elle caractérise assez bien un grand nombre d'ouvrages. Les premiers sont ceux qu'on aime à trouver sous la main, qu'on étudie avec plaisir, qu'on prend dès qu'une difficulté surgit; les autres dorment sur les rayons des bibliothèques, qu'ils encombrent, d'un sommeil rarement troublé.

On rangera sans hésiter dans la première catégorie le *Traité pratique de la machine locomotive*, par M. M. Demoulin. L'abondance, la variété, la nouveauté des dispositions décrites et figurées dans cet ouvrage le rendent nécessaire à ceux qui veulent étudier sérieusement les locomotives, à ceux qui les construisent, à ceux qui en organisent le service. Par un choix judicieux d'exemples, M. Dumoulin donne une idée nette de ce que sont aujourd'hui les locomotives dont il examine tous les détails. Les dispositions exceptionnelles, celles que la pratique a condamnées, ne sont pas mentionnées, à moins qu'elles n'offrent un intérêt spécial pour quelque motif scientifique ou historique. Par contre, les solutions réellement en usage sont largement représentées avec tous leurs points caractéristiques.

Les nombreuses figurent qui illustrent l'ouvrage, figures dont l'importance est si grande dans un traité de ce genre, méritent une mention particulière. La plupart de ces figures ont été exécutées spécialement, de manière à représenter bien clairement les pièces étudiées, en éliminant les accessoires et les détails inutiles qui paraissent habituellement sur les dessins servant à la préparation des livres techniques. Il en résulte que ces figures sont des représentations à la fois très claires et très exactes, aussi utiles à l'étudiant qu'au dessinateur qui veut les imiter. Comme toutes les parties de la locomotive y sont classées avec beaucoup d'ordre, l'ouvrage de M. Demoulin constitue une collection fort commode et unique en son genre.

Ce travail n'est pas limité aux locomotives de notre pays, mais il comprend celles des principaux chemins de fer du monde entier, ce qui en augmente beaucoup l'intérêt. Les points caractéristiques de la construction dans les divers pays sont indiqués avec grand soin. Il existe en effet, en matière de locomotives, de véritables écoles, caractérisées par des dispositions

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

spéciales : c'est ainsi que les locomotives anglaises forment une catégorie bien tranchée, et sont facilement reconnaissables. Il en est de même pour les locomotives américaines, qui offrent dans l'ensemble de grandes analogies entre elles, et dont certaines dispositions, fort remarquables, sont de plus en plus imitées en Europe. Plus variées, mais cependant reconnaissables à certains détails, sont les locomotives françaises. Il en est de même en Allemagne. Les locomotives belges forment une classe bien tranchée. De même la Suisse, la Russie offrent des exemples intéressants.

Comme en matière de beaux-arts, les différentes écoles tendent aujourd'hui à se rapprocher; souvent les traits caractéristiques de l'une sont adoptés par les autres, et ce fait augmente l'intérêt des études générales de M. Demoulin.

De plus, son livre a le mérite de paraître bien à son heure. Comme pour la plupart des machines de l'industrie, les constructeurs de locomotives en modifient souvent les types. Mais, pendant de longues périodes, ces modifications ne portent que sur des points accessoires. Au contraire, certaines époques voient s'accomplir des transformations importantes Depuis quelques années, la construction des locomotives subit une de ces évolutions caractérisée surtout par la grande augmentation de la puissance des chaudières et par l'adoption générale des trains articulés, autrefois moins en faveur en Europe qu'en Amérique.

Le traité de M. Demoulin décrit tous ces types nouveaux qui, sur certains chemins de fer, ne sont guère encore qu'à l'état d'exception, mais qui y sont adoptés en principe, et qu'on verra bientôt se multiplier rapidement.

Les pièces de machines ne sont pas définies seulement par les formes que représentent les dessins, mais aussi par la nature du métal employé pour les construire, les dimensions de la pièce dépendant de la résistance plus ou moins grande de ce métal. Aussi les descriptions et les figures sont-elles complétées, dans le traité de M. Demoulin, par des indications détaillées sur la nature et la qualité des matériaux qui les composent; les conditions qui définissent ces qualités, les essais qui permettent de les vérifier sont étudiés soigneusement; la comparaison de différents cahiers de charges, donnée à la suite des descriptions, est intéressante et fort utile pour les praticiens.

La publication d'une œuvre aussi importante sur la locomotive sera accueillie avec satisfaction non seulement par ceux que le sujet même intéresse spécialement, mais par tous ceux qui ont souci du développement de l'instruction technique dans notre pays; on arrive en effet à connaître les machines par la pratique, par l'enseignement oral et par les livres; mais on est universellement d'accord aujourd'hui pour penser que la pratique seule est insuffisante, et que les cours et les livres sont indispensables. Plus les bons ouvrages techniques se multiplieront, mieux les sujets qu'ils traitent seront connus, plus rapides seront les progrès dans la construction des machines. Et ce ne sont pas seulement les résultats immédiats de la diffusion des connaissances qu'il faut considérer : la concurrence des nations entre elles ne s'exerce pas seulement dans la vente des produits; mais cette concurrence se produit aussi, de la façon la plus noble et la plus féconde, sur le terrain de l'étude et de la science. Ce n'est même que par les idées qu'une nation peut prendre pendant longtemps une place considérable dans le monde. Sous ce rapport, la publication de bons livres est une marque de vitalité dans un pays.

Parmi les machines, l'étude de la locomotive n'est-elle pas une des plus attrayantes? C'est l'engin qui a transformé les conditions matérielles de l'existence dans le courant du XIXe siècle, en permettant le transport rapide et facile des personnes et des choses. Une question parfois posée, quand on parle de l'outillage actuel de l'industrie, est la suivante : les progrès de l'art de l'ingénieur ne doivent-ils pas prochainement substituer d'autres moteurs à nos machines à vapeur, à nos locomotives actuelles? Certes, il est bien hasardeux et peu utile de spéculer ainsi sur les transformations possibles de machines; cependant, il n'est pas téméraire de penser que les locomotives à vapeur ne sont pas voisines du terme de leur carrière. Elles ont été appropriées aux divers services qu'on leur demande par une longue suite d'études et par les résultats de la pratique la plus étendue; elles se prêtent à tant d'applications variées qu'il

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

faudrait bien du temps avant que d'autres moteurs puissent en prendre la place d'une manière générale. Ces moteurs pourraient être ceux où le combustible : gaz, pétrole, charbon pulvérisé, brûle dans le cylindre même, ou bien ceux qui utilisent les transmissions électriques. Mais, jusqu'ici, les premiers de ces moteurs n'ont été construits pour de très grandes puissances qu'à titre d'exception, et presque tout reste à faire pour qu'ils deviennent de forts engins de traction.

La transmission électrique pour la traction des véhicules a déjà des applications fort importantes sur les tramways. Elle semble aussi devoir être employée à la remorque des trains des grands chemins de fer dans certaines conditions exceptionnelles et sur des sections à la fois courtes et très chargées. Sans doute, on verra se multiplier ces applications; mais quant à remplacer la locomotive à vapeur d'une manière générale, on n'y doit pas songer pour le moment.

On peut donc, en toute sûreté, entreprendre l'étude de la locomotive telle qu'elle est aujourd'hui, sans craindre d'acquérir des connaissances qui n'auraient bientôt plus qu'un intérêt rétrospectif.

Une dernière remarque, qui montre que le livre de M. Demoulin intéressera une classe nombreuse de lecteurs. Pendant longtemps, dans notre pays et dans toute l'Europe continentale, on ne prêtait guère attention aux locomotives, et la preuve en est dans le mépris absolu, qu'on peut encore constater, de tout ce qui touche à la beauté des formes, à l'élégance de ces appareils.

Tandis qu'en Angleterre, où on a toujours admiré la locomotive, l'apparence extérieure en était l'objet des plus grands soins, les locomotives continentales étaient encombrées d'un fouillis de tuyaux, de tringles et d'accessoires maladroitement placés, et souvent même offraient à l'œil dans leurs grandes lignes des proportions choquantes.

Aujourd'hui, il n'en est plus de même : presque partout on aime la locomotive assez pour la respecter; on prend la peine de lui donner un aspect simple et élégant, comme il convient à cet engin, qui joue un rôle si important sur les chemins de fer. Il est donc probable que le grand travail de M. Demoulin sera bien accueilli par de nombreux lecteurs, et on ne saurait trop le féliciter d'avoir entrepris la tâche longue et difficile de décrire la locomotive avec tous ses détails variés et d'avoir su accomplir cette tâche d'une façon si complète.

Traité pratique de la Législation du Bâtiment et des Usines, par **M. Barberot**, architecte. (1 vol. in-8°, 1 300 p., 250 fig. Paris, Baudry.)

Les innombrables lois, décrets, ordonnances, règlements, etc., mi-abrogés ou en vigueur, qui régissent, en France, les constructions forment un tout confus, dont les éléments épars sont difficiles à rassembler, et que vient encore compliquer la jurisprudence, qu'il est indispensable de consulter aussi, puisque c'est elle qui fixe l'esprit et la portée de ces lois spéciales.

L'ouvrage de M. Barberot a pour objet de condenser, dans un espace restreint, les documents et renseignements de ce genre, jusqu'à présents épars ou publiés séparément et dont la connaissance est indispensable aux constructeurs, architectes, ingénieurs, propriétaires, locataires, avocats, etc., etc.

L'auteur cite des faits, des articles de lois, des jugements ou des usages consacrés. Chaque exemple est accompagné de l'article du Code, de la loi, de la date du jugement des tribunaux, de l'arrêt de la Cour de cassation ou du Conseil d'État. Partout où cela a été nécessaire pour bien fixer l'esprit de la sentence, il reproduit les considérants

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

qui l'expliquent, précisent les conditions de la cause et donnent ses motifs de jugement.

Pour donner à cet ouvrage toute sa valeur pratique, l'auteur a établi : 1° une table analytique très détaillée et très complète ; 2° une table alphabétique de tous les sujets contenus dans l'ouvrage ; 3° des tables de législation donnant, par ordre chronologique ou par ordre numérique, les lois, décrets, ordonnances, arrêtés, règlements et articles du Code civil.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

LIVRES ET OUVRAGES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE

EN JUIN 1898

De la Petite Encyclopédie de chimie industrielle, publiée sous la direction de *M. Billon*. **Le Sucre. L'Eau**. 2 broch. in-18, 150 p. Paris, Bernard.

De la Petite Encyclopédie du Bâtiment, publiée sous la direction de *M. Barré*. **Charpente et bois. Maçonnerie en général**, 2 broch. in-18, 150 pages. Paris, Bernard.

De l'Encyclopédie Léauté. **Les Automobiles sur routes**, par M. L. Périssé. **Les Automobiles sur rails**, par M. L. Dumont. Paris, Gauthier-Villars.

Du ministère du Commerce (Office du travail). **Statistique des grèves et des recours en conciliation et à l'arbitrage survenus pendant l'année 1897**, 1 vol. in-8, 300 pages. Imprimerie Nationale.

Du ministère des Travaux publics. **Recueil des lois, ordonnances et décrets concernant les services dépendant du ministère des Travaux publics**, 1re *série, vol. V* (1841-1847), 2e *série*, 1er *fascicule* (1895), 2 vol. in-8, 630 et 250 p. Paris, Ve Pousset.

De la Société des Ingénieurs civils de France. **Cinquantenaire**, 1848-1898.

Station viticole de Nauphle-le-Château. **Observations recueillies de 1892 à 1897**, par M. P. Mouillefert. Extrait des *Annales agronomiques*, mai 1898.

Le Chauffage industriel et les Fours à gaz, par M. E. Damour. 1 broch. in-8, 142 p. Paris, Baudry.

Les Fruitières du Doubs, par M. C.-J. Martin, 1 broch. in-8, 50 p. Besançon, imprimerie du Progrès.

Association lyonnaise des propriétaires d'appareils a vapeur, **22e année, exercice 1897**. 1 broch. in-8, 62 p. Lyon, imprimerie Storck.

Association des industriels de France contre les accidents du travail. **Bulletin de 1898**. 1 vol. in-8, 270 p. Au siège de l'Association, 3, rue de Lutèce.

De la Smithsonian Institution. **Catalogue of Earthquakes on the Pacific Coast, 1769-1897**, par M. E. J. Holden. 1 vol. in-18, 250 p.

Le Conseiller de l'Inventeur, par MM. Boramé et Julien, 1 vol. in-8, 300 p. Paris, Fritsch.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

De M. H. Chapmann, **The Adulteration of Portland Cement,** par MM. H. Stanger et B. Blount, 1 broch. in-8, 38 p.

De la Bibliothèque du Conducteur des travaux publics. **Topographie,** par MM. Prévot et Roux, 1er vol. **Instruments,** 1 vol. in-8, 440 p., 272 fig. Paris, Dunod.

Du ministère de l'Agriculture. **Annales de l'Institut agronomique.** *Année 1892-96*, 1 vol. in-8, 460 p. Paris, Berger-Levrault.

De la Société des Sciences de l'Agriculture et des Arts de Lille. **Mémoires,** 5e série, fascicules à 7. Lille, L. Danel.

Traité pratique de la Machine locomotive, par M. M. Demoulin, 4 vol. in-4, 2 000 p., 73 fig. Paris, Baudry.

Traité pratique de la Législation du Bâtiment et des Usines, par M. Barberot. 1 vol. in-8, 1 300 p., 250 fig. Paris, Baudry.

De la Royal Society of Edinburg. **Proceedings,** vol. XXI (1895-96 et 1896-97), et **Transactions,** vol. XXXVIII, part. 3 et 4 (1895-96), et vol. XXXIX, part. 1 (1896-97).

Association alsacienne des Propriétaires d'Appareils à vapeur. *Section française.* Exercice 1897. 1 broch. in-8, 71 p. Nancy. Imprimerie Berger-Levrault.

De l'Institution of Mechanical Engineers. London. **Proceedings,** juillet et novembre 1897. Construction des vélocipèdes (par *M. Osmond*). Distribution d'eau de Birmingham (*Davey*). Machines rapides à graissage automatique (*Morcom*). Expériences sur les ventilateurs (*W. G. Walker*). Statistique graphique des ateliers (*Jameson*).

De M. Armengaud aîné. **Traité pratique des marques de fabrique et de commerce,** 1 vol. in-8, 320 p. Paris, librairie technologique Armengaud aîné, 21, boulevard Poissonnière.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

LITTÉRATURE

DES

PÉRIODIQUES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE DE LA SOCIÉTÉ

Du 15 Mai au 15 Juin 1898

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.
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).
La . . . . La Locomotion automobile.
Ln. . . . . La Nature.
Ms. . . . . Moniteur scientifique.
Mc . . . . Revue générale des matières colorantes.
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.).
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 reservés au Cnam et à ses partenaires

AGRICULTURE

Bétail. Alimentation des vaches à la noix de Kola. *Ap.* 26 *Mai*, 741.
— Utilisation des betteraves et pommes de terre. *Ap.* 9 *Juin*, 826.
Câprier (Le). *Ap.* 19 *Mai*, 712.
Chêne à feuilles de saule. Ap. 26 *Mai*, 754.
Consoude fourragère d'Aroux (Breil). *BMA. Mai*, 354.
Engrais. Pertes d'ammoniaque dans le fumier de ferme. *Ag.* 21 *Mai*, 808.
— Progrès de la chimie agricole. *Cs.* 31 *Mai*, 440.
Foins. Inflammation spontanée (Grandeau). *Ap.* 2 *Juin*, 778.
Ferrure des chevaux en terrains marécageux. *Ag.* 11 *Juin*, 940.
Graines. Résistance à l'immersion dans l'eau. *Ap.* 26 *Mai*, 752.
Lait. Stérilisation à Arcy. *Ag.* 21 *Mai*, 827.
— Conservation. *Ap.* 9 *Juin*, 819.
— Progrès de l'industrie fromagère. *Ag.* 4 *Juin*, 894.
Lavande. Distillation de la —. *Ag* 4 *Juin*, 900.
Machines agricoles. Cultivateur Ransonne. *E.* 27 *Mai*, 679.
— Charrue Kohlert. *E.* 3 *Juin*, 713.
— — Théorie de la — (Lefebvre). *Ap.* 9 *Juin*, 829.
Mouton. Gale du —. Emploi des produits nicoteux. *BMA. Mai*, 522.
Navets fourragers. Ap. 2 *Juin*, 799.
Nord. Monographie agricole du département du — (Cormon). *BMA. Mai*, 359.
Prairies. Plantes nuisibles dans les —. *Ap.* 19-26 *Mai*, 721, 747.
Reboisement de la Loire. Ag. 21 *Mai*, 818.
Russie. Institutions agricoles (Jagnier). *BMA. Mai*, 488.
Saône-et-Loire. Monographie agricole (Battanchon). *BMA. Mai*, 454.
Vigne et fumures phosphatées. *Ap.* 19 *Mai*, 703.
— Reconstitution en terres calcaires. *Ap.* 2 *Juin*, 796.
— Black-Rot dans le sud-est. *Ap.* 19 *Mai*, 726; *Ag.* 28 *Mai*, 854.
— Micro-organisme des vins tournés. *CR.* 16 *Mai*, 1443.
— Expériences de vinification dans le Gard en 1897 (Kayser et Barba). *BMA. Mai*, 432.

CHEMINS DE FER

Ateliers des chemins de fer anglais (Morandière). *Rgc. Mai*, 332.
Chemins de fer belges. Statistique pour 1896. *Rgc. Mai*, 383.
— aux États-Unis. Législation. *Rgc. Mai*, 892.
— du Canada (Weyl). *EM. Juin*, 387.
— chinois. *E'.* 20 *Mai*, 469-474-482; *Gc.* 11 *Juin*, 92.
— Transsibérien. E'. 3 *Juin*, 519.
— du Burnah. *E.* 5 *Juin*, 681.
— métropolitain de Berlin. *Rgc. Mai*, 303.
— Afrique allemande. *Société d'Encouragement de Berlin.* 7 *Mai*, 287.
— électrique central. London. *Rgc. Mai*, 407.
Locomotives. Principaux types en Europe et en Amérique (Martin). *Gc.* 28 *Mai*, 4 *Juin*, 60-76.
— Diverses. *Dp.* 21 *Mai*, 141.
— Construction de la (Hughes) *Rgc. Mai*, 370.
— Entretien et dépenses des — (W. Johnson). *E.* 27 *Mai*, 675.
— anglaises en 1897. *Rgc. Mai.* 401.
— américaines, dépense de combustible. *Id.*, 401.
— Expériences avec l'auto-indicateur Brillié. *Rgc. Mai*, 360.
— Type Consolidation du Cleveland-Cincinnati. *Gr. RM. Mai*, 529.
— compound du *Georgia. Ry. RM. Mai*, 530. — du Nord français. *E.* 3 *Juin*, 705.
— à crémaillères. *VDI.* 21 *Mai*, 578. *Dp.*; 21 *Mai*, 141. Vauclain. *RM. Mai*, 529. Abdt. 201-20, *Mai*, 317.
— Tender du Trans-Mandchourien. *RM. Mai*, 531.
— Surchauffeur Von Grubinski. *RM. Mai*, 529.
— Tubes. Conductibilité des — (Petroff). *IC. Avril*, 72.
— Accumulateurs de chaleur pour chaudières locomotives Wigoura, *IC. Avril*, 724.
— à voie de 0m,60 pour le Lynton-Barnstaple. *Ry. E'.* 10 *Juin*, 547.
Matériel roulant. Éclairage à l'acétylène en Allemagne. *Rgc. Mai.*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Matériel roulant. Roues de wagons en Europe. *USR. Mai*, 1.

Signaux. Appareil de sécurité pour le block-system. *Ri.* 21 *Mai*, 203.

— Gare de Glandorf. Enclenchements. *ZOI* 3 *Juin*, 343.

Voie. Rails. Altérations microscopiques, Andrews. E. 20 *Mai*, 617.

— — En acier (Price Williams). *E.* 3 *Juin*, 711.

— — Enclenchement d'aiguilles Evans. *E.* 3 *Juin*, 714.

TRANSPORTS DIVERS

Automobiles. Concours des fiacres. *La.* 2 *Juin*, 338; *Ln.* 4 *Juin*, 7. *Gc.* 11 *Juin*, 94; *E'*, 10 *Juin*, 550.

— *à vapeur*, wagons de la Lancashire Steam Motor C°. *E.* 20 *Mai*, 628.

— — House. *E.* 27 *Mai*, 669.

— — pour poids lourds. *E.* 27 *Mai*, 5 *Juin*, 666-685.

— Concours de Liverpool. *La.* 9 *Juin*, 360; *E'.* 27 *Mai*, 502, 3 *Juin*, 533.

— Steam Carriage and Wagon C°. *E'.* 27 *Mai*, 502; *E.* 19 *Juin*, 725.

— *A pétrole* avec transmission électrique Morrison. *La.* 9 *Juin*, 354.

— — Roots et Venables. *RM. Mai*, 531-532.

— — Epstein Grivel. *Id.*, 532.

— — Divers. *Ri.* 4-11 *Juin*, 222, 233.

— — Fortier. *La.* 2 *Juin*, 344.

— — Boult. *La.* 2 *Juin*, 346.

— *Électriques.* Patin. *La.* 26 *Mai*, 326.

— — Oppermann. *La.* 2 *Juin*, 349.

— — Morris et Salom. *La.* 9 *Juin*, 359.

Locomotives routières américaines. E'. 10 *Juin*, 547.

Tramways *électriques. E. Mai*, 638.

— à contacts superficiels (Pellissier). *EE.* 20 *Mai*, 316.

— à 3e rail (Murphy). *EE.* 28 *Mai*, 375.

— à traction mixte d'Aubervilliers. *EE.* 11 *Juin*, 455.

— Emploi de survolteurs aux stations centrales (Woodbridge). *EE.* 28 *Mai*, 379.

— Histoire des (E. Girard). *EE.* 29 *Mai*, 379.

— Détermination des vitesses maxima de régime (Tripier). *EE.* 11 *Juin*, 437.

Vélocipédie. Divers. *Dp.* 4-11 *Juin*, 196, 214.

— Évolution du cycle (Starley). *SA.* 20 *Mai*, 601.

— Histoire (Bourlet), *Gc.* 28 *Mai*, 4-11 *Juin*, 57, 73, 88.

— Motocycles. Werner. *Ln.* 28 *Mai*, 405. Belcher et Nibet. *La.* 26 *Mai*, 330.

— Influence de la pression de l'air dans les pneumatiques. *RM. Mai*, 533.

— Freins Berner. Lane. *RM. Mai*, 534.

— Pédale Pott. *RM. Mai*, 534.

CHIMIE ET PHYSIQUE

Acides nitrique. Absorption par les sels ferreux (Thomas). *SeP.* 20 *Mai*, 419.

— carbonique. Action sur les borates solubles. (Jones). *American Journal of Science. Mai*, 442.

— acétique. Fabrication. *Rt.* 25 *Mai*, 10 *Juin*, 228, 252.

— azotique et petite quantité d'eau, réactions (Berthelot). *ACP. Juin*, 207.

— Sulfurique. Action sur les métaux. (Berthelot). *ACP. Juin*, 176. sur le carbone aux hautes températures. *Id.* 206.

Alcool. Dosage de petites quantités. *Cs.* 31 *Mai*, 500.

Amidon. Hydrolyse par les acides (Johnson). *Cs.* 31 *Mai*, 477.

Analyse spectrale de minéraux non conducteurs. (De Gramont). *CR.* 23 *Mai*, 1513.

Air atmosphérique. Nouvel élément (Ramsay et Travers). *CR.* 6 *Juin*, 1610.

Asphaltes. Analyse technique des — (Peckmann). *Cs.* 31 *Mai*, 438.

Brasserie. Divers. *Cs.* 31 *Mai*, 477.

— Conservation des houblons. *IoB. Avril*, 2941.

— Estimation du malt. *IoB. Avril*, 300.

— Le Malt, expériences sur le. *Cs*, 31 *Mai*, 478.

— Levures. *Id.* 480.

Chaux et Ciments. Divers. *Cr.* 31 *Mai*, 458.

— Four Holden. *E.* 20 *Mai*, 648.

— Bétons de ciment de Portland (Lundsteigen). *Ms. Juin*, 436.

— Prise des ciments hydrauliques calcaires (Michaelis). *Ms. Juin*, 439.

— Constitution des ciments hydrauliques. (Spencer et Newbery). *Ms. Juin*, 423.

— Relations entre la composition, la durée de la prise et la résistance des ciments (Ackermann). *Ms. Juin*, 432.

— Additions de scories de haut fourneau

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

aux ciments hydrauliques (Ebbers). *Ms. Juin*, 442.

Chaux et ciments. Essais des ciments de Portland à l'invariabilité de volume. *Le Ciment. Mai*, 75.

— Influence de l'eau de mer sur les mortiers hydrauliques. *Le Ciment. Mai*, 76.

Chlorures alcalins, réactions sur l'argent (Berthelot). *ACP. Juin*, 205.

Cincronine. Dérivés de la — (Grimaux). *JSP.* 20 *Mai*, 430.

Céramique. Accord des pâtes et des couvertes (Granger). *Ms. Juin*, 385.

Désinfectants divers. *Cs.* 31 *Mai*, 484.

Dilatatomètre interférentiel compensé. Tutton. *RSL.* 26 *Mai*, 208.

Égouts. Traitement des eaux. (Grossmann). *Cs.* 31 *Mai*, 421.

— Essai des eaux par l'oxygène (Hill). *Id.* 425.

Équivalent mécanique de la chaleur. Méthode nouvelle de détermination (Baille et Féry). *CR.* 23 *Mai*, 1494.

Esprit de bois et de cellulose. (Semousen). *Cs.* 31 *Mai*, 484.

Explosifs. Divers. *Cs.* 31 *Mai*, 488.

— Poudre Maxim Schupphaus. *E.* 10 *Juin*, 739.

Fécule (La) (Dubosc). *Mc. Juin*, 231.

Formes atomiques d'après les modifications cristallines des éléments (Addison). *CN.* 3 *Juin*, 251.

Gaz. (Liquéfaction frigorifique des) (Hampson). *Cs.* 31 *Mai*, 411.

Gaz d'éclairage. Divers. *Cs.* 31 *Mai*, 442, 501.

— Détermination du soufre. *ScP.* 20 *Mai*, 433.

— Usine d'Halifax. *E'.* 10 *Juin*, 550.

— Congrès de l'industrie du gaz en France (1898). *Gc.* 21-28 *Mai*, 45, 64.

— *Acétylène* (L') (Ruffel). *Rs.* 21 *Mai*, 657.

— — à Berlin. *Dp.* 11 *Juin*, 217.

— — (Chloruration de l'). (Mouneyrat). *ScP.* 5 *Juin*, 448, 452.

— — Brûleurs divers. *Dp.* 28 *Mai*, 171.

— — Gazogène Dusser. *E.* 3 *Juin*, 713.

— — Éclairage des trains en Allemagne. *Ri.* 4 *Juin*, 224.

Gluten. Répartition dans l'amande du grain de froment. (Fleurant). *CR.* 31 *Mai*, 159.

Glucinium. Fluorure anhydre; préparation (Lebeau) *Cr.* 16 *Mai*, 1418.

Graisses. Distillation à haute pression (Bolig). *Cs.* 31 *Mai*, 467.

Huile de croton (Javillier). *Pc.* 1er *Juin*, 524.

Hydrogène. liquide. *N.* 19 *Mai*, 55; *ACP. Juin* 145; *RSL.* 8 *Juin*, 256.

— Combustion de l'hydrogène mélangé avec un gaz oxygéné (Berthelot). *ACP. Juin*, 167,

— et oxydes du carbone; équilibres chimiques (Berthelot). *ACP. Juin*, 170.

Industrie chimique en Russie. E. 3 *Juin*, 701.

Laboratoire. Analyse de la soude caustique. *CN.* 30 *Mai*, 229; des phosphates d'os (Poquillon). *Ms. Juin*, 508.

— (Appareils de). *Cs.* 31 *Mai*, 489.

— Dosage du manganèse en carbonate. *CN.* 27 *Mai*, 242 en sulfate (Gooch et Austin). *CN.* 3 *Juin*, 255.

— — De l'acide phosphorique dans les superphosphates (Vignon). *CR.* 23 *Mai*, 1522.

— — de l'acide formique en présence d'acide acétique (Leys). *ScP.* 5 *Juin*, 472.

— Trompe soufflante Bourget et Berlemont. *ScP.* 5 *Juin*, 479.

— Tube autoclave Pfungst. *Ri.* 4 *Juin*, 224.

— Terres rares; détermination des. *Cs.* 31 *Mai*, 491.

Lumière. Influence chimique de l'action de l'oxygène sur le sulfure de carbone (Berthelot). *ACP. Juin*, 155.

Nitration de la cellulose (Vignon). *CR.* 9 *Juin*, 1658.

Osmose des liquides à travers une membrane de caoutchouc vulcanisé (Flusin). *CR.* 23 *Mai*, 1497.

Oxysulfure de carbone. Sur une réaction de (l') (Berthelot). *ACP. Juin*, 205.

Ozoniseur industriel. Andreoli. *Ie.* 25 *Mai*, 206. *Élé*, 11 *Juin*, 369.

Ordures ménagères, Traitement à New-York. *Rt.* 10 *Juin*, 242.

Pétrole. Divers. *Cs.* 31 *Mai*, 445.

Phosphoglycérates acides (Adrian et Trillot). *Scp.* 5 *Juin*, 455.

Poids atomiques. (Comité des) Rapport pour 1897. *CN.* 28 *Mai*, 239.

— des gaz. (Marqfoy). *CR.* 23 *Mai*, 1504.

— calculés par la méthode des densités limites (Berthelot). *CR.* 23 *Mai*, 1501.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Résines et Vernis. Divers. *Cs.* 31 *Mai*, 469.
Optique. Télescope Dussand. *Ln.* 21 *Mai*, 385.
— Détermination des franges d'ordre élevé (Perot et Fabry) *CR.* 9 *Juin*, 1624.
— Pouvoir rotatoire du quart *r* dans l'infrarouge (Dongier). *CR.* 9 *Juin*, 1627.
— Verres périscopiques Oswalt. *CR.* 16 *Mai*. 1446.
Rayons X. N. 26 *Mai*, 88.
— *CR.* 31 *Mai*, 1564, 1588. 9 *Juin* 1642.
— *EE.* 419, 421.
— *Fi. Juin*, 441.
Papier. (Détérioration des). *SA.* 20 *Mai*, 597.
— (Fabrication du). *Dp.* 21-28 *Mai*, 149, 168, 4 *Juin*, 191.
Phosphorescence des mélanges de sulfure de strontium (Mourelo) *CR.* 23 *Mai*, 1508.
Physique. (*Revue annuelle de*) (Poincaré). *Rgds.* 30 *Mai*, 418.
Poids moléculaires des gaz liquéfiables (D. Berthelot). *CR.* 16 *Mai*, 1415.
Pyrites. Four à Strickney. *Eam.* 4 *Juin*, 675.
Réfraction atomique des métaux dans les carbonyles métalliques et formules de constitution de ces dérivés (Ferreira et da Silva). *ScP.* 5 *Juin*, 441.
Rhubarbe. Falsification de la (Sayre). *Pc.* 1er *Juin*, 540.
Safranine. (Synthèse de la) (Joubert). *CR.* 23 *Mai*, 1516.
Solubilité. Théorie pour les sels tri-ioniques. (Noyes et Woodworth). *Technologic. Quarterly. Mars*, 65.
Soude à l'ammoniaque. Influence de l'addition du sel pendant la carbonisation (Jurisch). *Cs.* 31 *Mai*, 455.
Stérilisation des empaquétages (Prescote et Underwood). *Technologie Quarterly. Mars*, 6.
Sucrerie. Divers. *Cs.* 31 *Mai*, 475. Analyse du sucre de brasserie. *Cs.* 31 *Mai*, 496.
Tannage. Divers. *Cs.* 31 *Mai*, 474.
— au chrome. *Cs.* 31 *Mai*, 453.
Terres ytriques des sables monazités (Boudouard). *CR.* 9 *Juin*, 1648.
— Divers. *Cs.* 31 *Mai*, 446, 452, 453.
Teinturerie. Progrès en teinture, blanchiment et impression en 1897 (Buntrock). *Mc. Juin*, 216.
— Brevets divers. *Id.* 246.
— Teinture de la laine et constitution de cette fibre (Prudhomme). *Mc. Juin*, 209.
Teinturerie. Aniline (Dosage de l'). (Schaposchnikoff.) *Mc. Juin*, 213.
— Indigan et dérivés de l'indigotine. *Cs.* 31 *Mai*, 430.
— Rouge de paranitraline. (Green). *Mc. Juin*, 214, 241.
— Acides glauconiques. *Cs.* 31 *Mai*, 450.
— Couleurs nouvelles. *Mc. Juin*, 225.
— Jaune d'alizarine. FS. (Brandt). *SiM. Avril*, 105.
— Revue des matières colorantes (Reverdin). *Ms. Juin*, 393.
— Action de la lumière sur les couleurs (Sheurer). *SiM. Avril*, 119.
— Teinture sur mordants métalliques. *Id.* 124, 131. Impressions photographiques sur tissus par couleurs (Carter). *Cs.* 31 *Mai*, 436.
— Dérivés azoïques des safranines (Historique des) (Grassmann). *Ms. Juin*, 397.
Travail maximum. Principe du (Tommasi). *ScP.* 5 *Juin*, 439.
Zirconium. Poids atomique (Venable). *CN.* 20 *Mai*, 231.
Zones de réactions (Colson). *CR.* 23 *Mai*, 1505.

COMMERCE ET ÉCONOMIE POLITIQUE

Alcoolisme. (Lutte locale contre l'.) *Rso.* 1er *Juin*, 879.
Allemagne (Questions sociales en). *Rso.* 16 *Mai*, 802.
— Progrès industriel. *E.* 27 *Mai*, 665.
Apprentissage et petite industrie en Allemagne (loi). de 1897). *Rso.* 16 *Mai*, 784.
Associations ouvrières de production, leur situation actuelle. *Ef.* 28 *Mai*, 733.
Blés et farines. (Droit sur les). *Il. Mai*, 574.
Brevets au Japon. *E.* 3 *Juin*, 700.
Bureau de bienfaisance. Ef. Mai, 691.
Change. Question du — dans les pays à finances avariées. *Ef.* 11 *Juin*, 801.
Chine. (Concurrence américaine en). *E.* 3 *Juin*, 698.
Chômage. (Assurance contre le). *Ef.* 4 *Juin*, 763.
Colonisation anglaise. Cause de son développement (U. Guérin). *Rso.* 16 *Mai*, 765.
et les compagnies à chartes. (Lyall). *SA.* 3 *Juin*, 633.
Dettes publiques des États d'Europe. SL. Mai, 568.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Éducation technique française et anglaise. *E.* 27 *Mai*, 495.
France. Commerce extérieur et milieu social. *Ef.* 4 *Juin*, 761.
Impôt (L') et le suffrage universel. *Ef.* 28 *Mai*, 728.
— sur le tabac dans les différents pays. *Ef.* 28 *Mai*, 725.
Japon. (Avenir de la civilisation occidentale au) *Ef.* 28 *Mai*, 730.
— (Statistique du) *Rs.* 4 *Juin*, 720.
Métaux précieux. Mouvement international de. 1888 à 1896. *SL. Mai*, 569.
Octrois. (Suppression des). *Ef.* 20 *Mai*, 695.
Partage successoral dans la région rhénane (Lois de). *Rso.* 1er *Juin*, 873.
Propriété industrielle. *Fi. Juin*, 425.
— (Congrès de la). *E.* 10 *Juin*, 732.
Pétrole. Commerce en Russie, Chine, Indes danoises. *USR. Mai*, 54.
Polytechnics de Londres. *Rso.* 1er *Juin*, 846.
Production coopérative. *E.* 10 *Juin*, 731.
Russie (La) et les idées révolutionnaires. *Rso.* 1er *Juin*, 905.
Sucre. Législation belge. *IL. Mai*, 587.
Travail. Conditions du — en Europe. *USR. Mai*, 23.
Tonkin (Le). *Ef.* 11 *Juin*, 804.

CONSTRUCTIONS ET TRAVAUX PUBLICS

Chauffage à l'eau chaude. *EM. Juin*, 430.
Ciment armé. Construction en — système Bonna. *Le Ciment. Mai*, 67.
— Calcul des poutres. *Ac. Juin*, 113.
— Pont de Topeka. *Le Ciment. Mai*, 65.
— En poutre arquée Hennebique (*Id.*) 72.
— (Épreuves des). *ZOI.* 10 *Juin*, 356.
— Murs de grands réservoirs. *Gm. Mai*, 385.
Exposition de 1900. Palais des Champs-Élysées. *Gc.* 28 *Mai-4 Juin*, 53, 69.
Échafaudage léger de 30 mètres *Gm. Mai*, 453.
Galeries nouvelles du Muséum. *Gc.* 21 *Mai*, 37.
Incendies. Protection en Europe. *E.* 27 *Mai*, 658.
Ponts à poutres en arcade Vierendeel, *IC. Avril*, 727.
— du Wiener Statdbahn *ZOI.* 20 *Mai*, 313.
Tunnel de Boston Méthode du bouclier. *Gc.* 4 *Juin*, 78.

ÉLECTRICITÉ

Aimantation. (Énergie dissipée dans l'.) Maurain. *EE.* 4 *Juin*, 409.
Ambroïne. Sa fabrication. *Ic.* 10 *Juin* 233.
Bouteille de Leyde. (Décharge de la) (Swyngedauw). *CR. Juin*, 1628.
Compteur Aron. *EE.* 4 *Juin*, 415.
Courants alternatifs. (Calcul des) (Guye). *EE.* 28 *Mai*, 363.
Dynamos (Les (Parshall et Hobart). *E.* 27. *Mai*, 654.
— à courant continu (Les) (Morday). *Elé*, 28 *Mai*, 344.
— Commutation Étincelles. (Girault). *Ie.* 25 *Mai*, 10 *Juin*, 202-231.
— Soames. *E.* 37 *Mai*, 679.
— Démarrage et régulation des moteurs (Menges). *EE.* 4 *Juin*, 447.
— *Alternomoteur.* Divers (Guilbert). *EE.* 11 *Juin*, 405.
— Moteurs asynchrones polyphasés Boucherot. *Elé*, 21-28 *Mai*, 321, 340.
Éclairage à Paris et à Berlin. *EE.* 4 *Juin*, 422.
— domestique. *Société d'Encouragement de Berlin.* 7 *Mai*, 111.
— *Incandescence.* Lampe Nerst. *EE.* 21 *Mai*, 336. Auer. *Elé*, 11 *Juin*, 375.
Écrans électromagnétiques et influence de la fréquence sur l'énergie dissipée dans l'aimantation. (Maurain). *ACP. Juin*, 208.
Électro-chimie. Électrodes pour chlorures alcalins. Becker. *EE.* 21 *Mai*, 338.
— (Application industrielle de l'). (Evans). *N.* 2 *Juin*, 113. Électrolyseur Evans. *E.* 27 *Mai*, 679.
— Dissociation des électrolytes (Jones et King). *CN.* 27 *Mai*, 243.
— Soude électrolytique Hargreaves. *Eam.* 21 *Mai*, 611. Diaphragmes Becker. *EE.* 11 *Juin*, 469. Procédé Rhodin. *Ie.* 10 *Juin*, 221.
— Théorie de l'électrolyse (Hollard). *Rgds.* 30 *Mai*, 411.
— Boues précipitées dans l'affinage électrolytique du cuivre (Analyse des) (Hollard). *ScP.* 5 *Juin*, 470.
— Zinc électrolytique. État de l'industrie. *Ms. Juin*, 418.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Électro-chimie. Électrolyse des dissolutions. *Cs.* 31 *Mai*, 462.
— Chlorates, bromates, iodates et hypochlorites (Vaubel). *Cs.* 31 *Mai*, 464.
— Argent et cuivres argentifères. *Cs.* 31 *Mai*, 467.
— Analyse électrolytique. Précipitation de l'argent. Dosage au calcium (Arth). *EE. Juin*, 452.
Magnétisme (Effet d'un chauffage prolongé sur les propriétés magnétiques du fer) (Roget). *RSL.* 8 *Juin*, 258.
Mesures. Différence de phase entre deux courants sinusoïdaux (Rossi). *EE.* 21-28 *Mai*, 322-353.
— Compteur de temps pour courant continu ou alternatif Siemens et Halske. *EE.* 21 *Mai*, 337.
— Comparaison de très faibles résistances (Muller et Wallau). *Ie.* 25 *Mai*, 210.
— De l'intensité des champs magnétiques (Bouty). *EE.* 4 *Juin*, 400-441.
— Électro-dynanomètre absolu Deprez. *CR.* 9 *Juin*, 1608.
Ondes de Hertz (les). *VDI.* 4 *Juin*, 629.
Piles étalons (les) (Mac Intosch). *L'électrochimie. Mai*, 58.
— Chaleur intérieure et chaleur transmissible au circuit (Tommasi). *Elé.* 4 *Juin*, 359.
Rhéostat automatique à disque en charbon Ferrand. *Elé.* 28 *Mai*, 337.
Sélecteurs pour manœuvre à distance des commutateurs (Voisenat). *EE.* 4 *Juin*, 393.
Stations centrales d'Amparo. *Gc.* 28 *Mai*, 63.
— Fribourg. *Ie.* 10 *Juin*, 225.
Télégraphie. Lignes aériennes et sous-marines (Larose). *EE.* 21 *Mai*, 309.
— Hertrienne Goisot. *EE.* 28 *Mai*, 370-372-373. Ducretet. *Lu.* 4 *Juin*, 1.
Transformateurs. Épaisseur des tôles (Dittenberger). *EE.* 28 *Mai*, 362.
Tubes de Geissler (théorie) Gill. *American journal of science, Juin*, 399.

HYDRAULIQUE

Amélioration de l'Hoogli (V. Hercourt). *IC. Avril*, 619.
Cours d'eau à fond mobile (Le Brun). *IC. Avril*, 636.
Dragage du Mississipi. *EM. Juin*, 458.
Force hydraulique de la Muotta. *ZOI.* 3 *Juin*, 141.
Lit fluvial (Mécanisme du). Lockhtine. *IC. Avril*, 648.
Moulin à marées Wright. *RM. Mai*, 537.
Pompes Worthington des eaux de Ridgewood Brooklyn. *RM. Mai*, 534.
— Clapets de pompes de Laval. *RM. Mai*, 537.
Roue Jones. *RM. Mai* 536.

MARINE, NAVIGATION

Ancre Bowering. *E.* 20 *Mai*, 647.
Ascenseurs du canal de Marne et Saône. *Ac. Juin*, 62.
Constructions navales sous le règne de Victoria. *E'.* 3 *Juin*, 526.
— Résistance des bateaux d'après modèles. *ZOI.* 10 *Juin*, 358.
Machines marines du Chebucto. *E'.* 20 *Mai*, 470.
— de l'Europa, 10 *Juin*, 728.
— Rupture des arbres. *Rt.* 25 *Mai*, 222.
— auxiliaires du *Kaiser Wilhelm. E.* 10. *Juin*, 720.
Marine de guerre Américaine et Espagnole. *Lu.* 21 *Mai*, 396.
— du Japon. *E'.* 20 *Mai*, 635. Croiseur *Takassago. E'.* 4 *Juin*, 535.
— du Chili. Croiseur *O. Higgins. E'.* 20 *Mai*, 472.
— des États-Unis. Canonnière garde-côte. *E'.* 27 *Mai*, 498. *Rmc. Mai*, 346-382. Contre-torpilleurs de 30 nœuds, Bailey. *Rmc. Mai*, 331. Destruction du *Maine* (Bucknill). *E.* 27 *Mai*, 3-10 *Juin*, 650-687-716. *E'.* 27 *Mai*, 662.
— Anglaise. *E.* 3 *Juin*, 697. *Rmc. Mai*, 296. Torpilleur *Fame, id.* 323. Croiseur *Terrible. E'.* 10 *Juin*. 535.
— Allemande (progrès de la). *Rs.* 4 *Juin*, 717.
— Italienne. *Rmc. Mai*, 317. Croiseur *Calabria, id.* 233.
— Lance-torpilles. Armstrong. *E'.* 27 *Mai*, 497.
— Torpilleurs (les). *Rmc. Mai*, 350.
Navigation (la). (Ruthven) *N.* 2 *Juin*, 104.
Paquebot Princesse-Clémentine. Ic. Avril, 731.
Pêches diverses. *Rmc. Mai*, 401.
Phare d'Eckmuhl. *E.* 20 *Mai*, 623.
— de Prongo. *E'.* 3 *Juin*, 520.
Port de Saint-Nazaire. *Ln.* 21 *Mai*, 395.
— Dock à Glasgow. *E'.* 20 *Mai*, 475.
Tonnage (Évaluation du). *E.* 10 *Juin*, 742.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

MÉCANIQUE GÉNÉRALE

Air comprimé. Compresseur hydraulique Taylor. *Ri.* 21 *Mai*, 201.
— Cummings. *RM. Mai*, 543.
Aviation mécanique (l'). *La.* 19 *Mai*, 312.
Accouplements automatiques. VDI. 28 *Mai*, 610.
Bascule ensacheuse automatique Richardson. *Ri.* 4 *Juin*, 221.
Câble lisse Chaudouet. *Bam. Mai*, 414.
Chaudières marines (tirage des), (*Chasseloup-Laubat*). *IC. Avril*, 679.
— du *Kaiser-Wilhelm. E.* 27 *Mai*, 649.
— *à tubes d'eau* Strikland, Knab, Workmann, Truffault. *RM. Mai*, 527. Haythorn. *E'.* 10 *Juin*, 547. Durr. *Rmc. Mai*, 364.
— verticale Gordon. *RM. Mai*, 527.
— Clapet d'arrêt Pile. *Ri.* 28 *Mai*, 213. Koch. *VDI.* 4 *Juin*, 644.
— Entraînements d'eau, dosage calorimétrique. *VDI.* 28 *Mai*, 601; 4, 11 *Juin*, 636, 662.
— Économiseurs, réchauffeurs d'eau d'alimentation (les). *Rt.* 25 *Mai*, 11 *Juin*, 219, 256.
— Cheminée (abatage d'une). *VDI.* 11 *Juin*, 675.
— Grille-Playford. *RM. Mai*, 528. Proctor. *E.* 10 *Juin*, 726.
— *surchauffe*. Application aux machines à vapeur (Sinigaglia). *RM. Mai*, 445.
Chronographe d'artillerie Smith. *E.* 3 *Juin*, 692.
Compteurs pour grains Raggett. *E.* 27 *Mai*, 680.
Coussinets à galets Bergeron. *Rt.* 25 *Mai*, 237.
Engrenages moulés (les). (Horner). *E.* 10 *Juin*, 715.
Froid. Patinage de Brighton. *E.* 27 *Mai*, 639.
— Compresseur à ammoniac Odermann. *RM. Mai*, 543. Cohen. (*Id.*), 544.
— Liquéfaction des gaz (Hampson). *Cs.* 31 *Mai*, 411.
Graisseur Hambruch. *Ci.* 4 *Juin*, 258.
Levage. Appareils pour la manutention des fourrages (Ringelmann). *Ap.* 19 *Mai*, 715.
— Débardeur pour betteraves (Devant). *Bam. Mai*, 401.
— Transbordeur Behrends. *ODI.* 21 *Mai*, 575.
Levage. Grue de secours de l'Atchison Topeka. *Rj. RM. Mai*, 537.
— Manivelle de sûreté Wolff. *RM. Mai*, 538.
— Transbordeur Link-Belt. *RM. Mai*, 538.
Machines-outils. Aléseur Ross. *RM. Mai*, 541.
— Forgeage : procédés de (Codron). Chaînes. *Bam. Mai*, 349.
— Fraiseuses diverses. *Dp.* 21, 28 *Mai*, 147, 164; 4, 11 *Juin*, 186, 200. Pour petits pignons Mathoin. *RM. Mai*, 541. Pour cylindres de locomotives. *VDI.* 11 *Juin*, 674.
— à courber les tôles Fielding et Platt. *E.* 27 *Mai*, 639.
— à tailler les pignons hélicoïdaux Fiegehen. *RM. Mai*, 525.
— Laminoir à tubes Pilkington. *RM. Mai*, 539.
— Marteau pneumatique Ridgeley-Johnson. *E'.* 27 *Mai*, 504. Boyer. *Ri.* 28 *Mai*, 214.
— Mortaiseuse Smith. *RM. Mai*, 540.
— Perceuse pour coussinets. *RM. Mai*, 542. Crossby. (*Id.*)
— Raboteuse à outils doubles Bird. *E.* 27 *Mai*, 673.
— Tour alésoir Colburn et Baker. *RM. Mai*, 523.
— Machines-outils hydrauliques. Emploi de l'amplificateur de pression. *RM. Mai*, 541.
— Presse à bandages Potter. *RM. Mai*, 547.
Machines à vapeur. Verticales pour stations électriques. *VDI.* 28 *Mai*, 608.
— Consommation des machines, annexes des installations mécaniques (Compère). *IC. Avril*, 662.
— Enveloppes; essais de Grosvenordale. *RM. Mai*, 547.
— Équilibrage des. *E'.* 27 *Mai*, 508.
— *Condenseurs* à air Palmer. *RM. Mai*, 548.
— — à surfaces Cobb (*Id.*), 549.
— — Valve de Ledward. *RM. Mai*, 548.
— *Distributions* Corliss-Wheelock (Bertau). *RM. Mai*, 502. Diagramme des. *VDI.* 11 *Juin*, 669. Hargreaves. *RM. Mai*, 547. Forster. (*Id.*), 548.
— Diagramme de Zeuner (Fox). *Fi. Juin* 447.
— Pompes à air (les) (F.Hall). *RM. Mai*, 495.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Machines à vapeur. *Régulateur;* Muller. *Dp.* 21 *Mai*, 147. Rices. *RM. Mai*, 549.
— **à gaz.** Divers. *Dp.* 28 *Mai*, 161; 4, 11 *Juin*, 181, 201. Griffin. *E.* 20 *Mai*, 641. Lizotte. *RM. Mai*, 522. Bertheau-Decauville. (*Id.*), 550, 551.
— à gaz de haut fourneau. *Gc.* 21 *Mai*, 40; *Ri.* 21 *Mai*, 4 *Juin*, 204, 234; *RM. Mai*, 552; *EM. Juin*, 420; *E.* 10 *Juin*, 743; *SuE.* 1 *Juin*, 495.
— *à pétrole.* Divers. *Dp.* 28 *Mai*, 161. Crossby de 14 chevaux. *E'.* 27 *Mai*, 499. Baines et Norris. *RM. Mai*, 250. Hunt. (*Id.*), 552.

Moulins à vent (Les). Rateau. *RM. Mai*, 476.

Résistance des matériaux. Mécanisme de la déformation permanente (Faurie). *Co.* 28 *Mai*, 675.
— Essai pratique des fers et aciers (Kreutzpointer). *Fi. Juin*, 401.

Tachymètre Metcalf. *Gc.* 21 *Mai*, 49.

Tubes en acier étiré (Résistance des). *SuE.* 1 *Juin*, 511.

MÉTALLURGIE

Alliages de métal blanc des chemins de fer français. *Bam. Mai*, 420.

Aluminium (Soudure de). *L'Électrochimie. Mai*, 66.

Argent et Or. Production des États-Unis en 1897. *Eam.* 14 *Mai*, 576.

Bismuth, Cuivre, Tellure, Zinc, Arsenic, Plomb (Schnoebel). *VDI.* 21 *Mai*, 582.

Fer et acier. Ateliers du Creusot. *E.* 20-27 *Mai;* 5; 10 *Juin*, 619, 652, 683, 717.
— Théorie de la dissolution. *SuE.* 1er-15 *Juin*, 506, 552.
— Phosphore. Effet sur la résistance du fer (West) *E.* 3 *Juin*, 694.
— Lingots creux. Cameron. *E.* 21 *Mai*, 679.
— *Haut fourneau* (Équilibre calorifique du (Rocour). *Ru. Avril*, 1.
— — Réductibilité des minerais. (Détermination de la) (Wiborgh). *Ms. Juin*, 410.
— *Fonte.* Influence du phosphore sur la résistance et la réductibilité (West). *Ms. Juin*, 410.

Fer et acier. Machines à mouler. *Pm. Juin*, 87.
— Aciers au nickel, cobalt, manganèse. Travail des (Société des hauts fourneaux d'Anzin). *Ms. Juin*, 415.
— Moulages d'acier. Fabrication Kern. *Ms. Juin*, 414.
— Valve réversible pour fours. *Gc. Juin*, 97.
— Creuset Baumann. *SuE. Juin.* 547.

Or. Divers. *Cs.* 31 *Mai*, 459.
— au Rand (Yelman). *Em. Juin*, 401.
— Procédé Black-Étard. *Cs. Mai*, 460.

Plombs argentifères (Cubilot pour). *Eam.* 28 *Mai*, 639.

MINES

Bocard. Morison. *E.* 3 *Juin*, 689.

Californie. Roches et minerais (Turner). *American journal of science. Mai*, 421.

Chine. Richesses minérales. *Societé d'Encouragement de Berlin.* 7 *Mai*, 132.

Cuba (Mines de). *Ln.* 21 *Mai*, 388.

Colombie britannique. Mines en 1887. *Eam.* 4 *Juin*, 669.

Concentration des minerais (Richards). *Technology Quarterly. Mars*, 54.

États-Unis. Industrie minérale statistique de 1897. *Eam*, 28 *Mai*, 635.

Haveuse Jeffray. *Eam.* 21 *Mai*, 613.

Nouvelle-Calédonie. Ressources minérales. *Eam.* 28 *Mai*, 741.

Or. Alaska. *DoL. Mai*, 297; *SA.* 10 *Juin.* 649.
— Nouvelle-Zélande. *Gc.* 11 *Juin*, 85.
— Guyane française (Levat). *Rs.* 4 *Juin*, 705, 745.
— à Barbacoai (Colombie). *Rt.* 10 *Juin*, 259.
— Mine Simmer et Jack au Transvaal. *Eam.* 4 *Juin*, 671.

Parachutes Laporte. *Ri.* 21 *Mai*, 205
— électrique Bladray. *Gc.* 21 *Mai*, 47.

Sand Blast pour mines. *Eam.* 14 *Mai*, 583.

Trieurs magnétiques (Wedding). *Société d'Encouragement de Berlin.* 7 *Mai*, 263.

Le Gérant : Gustave Richard.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

97e ANNÉE. Cinquième Série, Tome III. JUILLET 1898.

BULLETIN

DE

LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT

POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

SÉANCE GÉNÉRALE DU 24 JUIN 1898

PRÉSIDENCE DE M. AD. CARNOT

PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ

Le fauteuil de la présidence est occupé par M. Ad. Carnot, *président de la Société*. A ses côtés siègent : MM. Carpentier, Hirsch et Levasseur, vice-présidents, et M. Collignon, secrétaire.

M. *le Président* invite M. Moissan, lauréat du grand prix d'Argenteuil, à prendre place au Bureau, puis il ouvre la séance par le discours suivant :

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

DISCOURS DE M. ADOLPHE CARNOT

PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ

MESSIEURS ET CHERS COLLÈGUES,

Avant de distribuer les récompenses à nos lauréats et de dire comment ils les ont méritées, ce qui est le principal but de notre fête annuelle, nous ne devons pas manquer de remplir le devoir que nous impose une pieuse tradition et de rendre un nouvel hommage aux regrettés Collègues qui nous ont quittés pour toujours, après avoir travaillé avec nous à l'œuvre de progrès de la Société d'Encouragement.

Parmi les pertes que nous avons à déplorer aujourd'hui, nulle ne fut à la fois plus inattendue et plus cruelle, plus vivement sentie par nous, que celle de notre cher secrétaire, M. AIMÉ GIRARD, membre de l'Institut, membre de notre Comité des Arts chimiques, M. *Tisserand* publiera prochainement, dans notre *Bulletin*, une notice sur AIMÉ GIRARD, disant quelle fut sa belle carrière de savant, quels éminents services il sut y rendre à notre pays, quel vide il a laissé dans cette grande industrie de l'agriculture, à laquelle il s'était particulièrement consacré depuis nombre d'années ; je ne parlerai ici, comme l'a déjà fait M. Troost en le conduisant à sa dernière demeure (1), que du membre de notre Conseil, du secrétaire de notre Société, de l'ami que nous avons perdu et qui, pendant plus de vingt ans, a mis au service de notre Société son énergie, son intelligence et le meilleur de son cœur. D'un esprit à la fois très large et pénétrant, ayant à sa disposition toutes les ressources de la science et une expérience incomparable des personnes et des choses de l'industrie chimique, Aimé Girard savait résoudre, comme en se jouant, les difficultés les plus ardues que lui imposaient ses fonctions de secrétaire. Charmés de son accueil, séduits par sa bonté, convaincus par la clarté et l'autorité de son raisonnement, ceux mêmes dont il était obligé de combattre les illusions s'en retournaient presque contents. Cette grande bonté, cette inépuisable bienveillance, vous en retrouverez la trace dans les notices qu'il a consacrées, ici même, aux ouvriers que nous récompensons chaque année et dont personne ne savait mieux que lui reconnaître les mérites et les vertus. Tout récemment

(1) *Bulletin* d'avril 1898, p. 377.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

encore, c'est sur son initiative que notre Société instituait ce que nous avons appelé les *médailles Dumas*, pour récompenser ceux d'entre eux, qui, sans quitter les ateliers, ont su s'élever à un poste important dans leur industrie. Aimé Girard a été frappé par la mort le 12 avril 1898, subitement, en pleine activité, alors que nous comptions tous le voir nous seconder pendant de longues années encore, avec la vaillance, l'entrain, le dévouement absolu qu'il y mettait, toutes les fois qu'il s'agissait de rendre service à notre Société; nous n'en ressentons que plus vivement cette grande perte et nous adressons de tout notre cœur à la famille de notre cher absent l'assurance de nos plus vives sympathies.

M. Charles de Comberousse, membre de notre Comité des Arts mécaniques, nous a été enlevé en décembre 1897, à l'âge de 71 ans, après une longue et cruelle maladie. Sa vie tout entière fut consacrée à l'enseignement, notamment à l'École centrale et au Conservatoire des arts et métiers; il a laissé à d'innombrables élèves le souvenir de leçons remarquables à la fois par la sûreté de la doctrine et la clarté de l'exposition. Président du Conseil de perfectionnement de l'École centrale, président de la Société des Ingénieurs civils en 1885, élu membre de notre Conseil en 1898, M. de Comberousse sut déployer, dans ces hautes et multiples fonctions, une activité, un dévouement, une compétence, qui justifièrent pleinement le choix qu'avaient fait de lui ses collègues, malgré une modestie qui se dérobait volontiers aux honneurs. Auteur de nombreux ouvrages de mathématique et de géométrie, ainsi que d'une remarquable histoire de l'École centrale, M. de Comberousse n'a cessé de travailler que lorsqu'il fut terrassé par la maladie. Il laisse parmi nous, comme l'a si bien dit son collègue aux Arts et Métiers, M. Imbs, de sincères et unanimes regrets (1).

M. Schutzenberger, membre de l'Institut, membre du Comité des Arts chimiques, a, comme son collègue, M. Aimé Girard, rendu d'éminents services à la chimie industrielle, tant par son enseignement au Collège de France et à l'École municipale de physique et de chimie de la ville de Paris, dont il était le directeur, que par ses nombreuses découvertes, dont M. Troost vous a parlé dans la notice qu'il lui a consacrée (2). Sa mort imprévue, qui fut pour la science française une grande perte, nous a douloureusement frappés et a laissé dans nos rangs un vide difficile à combler.

M. Gauthier-Villars, chef de l'importante maison de librairie connue

(1) *Bulletin* d'août 1897, p. 1025.
(2) *Bulletin de décembre* 1897, p. 1550.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de tous nos savants, avait dû, depuis quelques années déjà, cesser de prendre une part active à nos travaux. Il s'est éteint au mois de février de cette année, après une longue maladie, entouré de l'estime et de l'amitié de tous ceux qui le connaissaient. Vous savez tous quels services ont rendus à la science les publications sorties de ses presses; elles ont toujours été éditées avec un soin, une correction, qui font le plus grand honneur à l'imprimerie française; je dois ajouter aussi, avec un désintéressement rare, mais qui ne doit pas surprendre ceux qui connaissaient le caractère élevé de notre collègue. Nous savons que ces nobles traditions ne sont pas perdues; M. Gauthier-Villars a laissé à la tête de son œuvre un continuateur digne d'elle, à qui nous adressons de nouveau le témoignage de notre plus vive sympathie.

Nous avons à signaler la mort de *sir Henry Bessemer*, dont le nom est resté attaché à son admirable invention de la méthode et de l'appareil employés pour convertir directement la fonte en acier fondu. Il a été le plus hardi novateur dans l'industrie de l'acier. Il était membre correspondant de notre Comité des Arts chimiques.

Parmi les membres de notre Société, la mort nous a successivement enlevé : *MM. Schlumberger*, chimiste des plus ingénieux et lauréat de notre Société; *Dumont*, ingénieur mécanicien; *Gottschalk*, ancien et regretté président de la Société des ingénieurs civils de France; *Maumené*, dont les travaux de chimie industrielle sont des plus appréciés; *Roure*, chef de l'importante manufacture de parfumerie de Grasse; *Lebeuf*, à deux reprises lauréat de notre Comité du commerce; *Normand*, constructeur mécanicien du plus haut mérite; *Guiard*, ingénieur en chef des ponts et chaussées; *Coupier*, ingénieur des poudres et salpêtres; *Hély d'Oissel*, ingénieur civil des mines, vice-président de la Société de Saint-Gobain; *Henri Schneider*, directeur des usines du Creusot, qu'il sut maintenir à la tête des établissements métallurgiques; enfin *E. Levassor*, l'un des initiateurs les plus éminents de l'industrie des automobiles.

Vous voyez combien est remplie cette année la liste des membres de la Société que nous avons perdus; ils sont si nombreux que je ne puis guère vous dire que leurs noms dans cette séance, en adressant à leurs familles le témoignage de nos unanimes regrets.

Sans se laisser abattre par les deuils, ni décourager par les difficultés, notre Société poursuit son œuvre presque centenaire aujourd'hui.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Aux encouragements qu'elle donnait précédemment à l'industrie nationale par ses prix et ses médailles décernés aux auteurs d'inventions utiles et aux travailleurs de la main et de la pensée, elle a ajouté, depuis peu d'années, un nouveau système d'encouragements, qui consiste à confier à de jeunes savants des recherches expérimentales à faire dans l'intérêt de l'industrie et à leur faciliter, par des subventions, l'exécution de ces recherches sous la direction ou le contrôle des membres les plus compétents de ses Comités spéciaux. Les premiers essais dans ce sens ont parfaitement réussi et nous ont valu les importants travaux de M. *Mahler* et de M. *Sérullas*. Dans le même esprit ont été entreprises plusieurs études des plus intéressantes.

La *Commission des alliages*, constituée par les représentants de plusieurs comités spéciaux, a eu la satisfaction de recevoir deux remarquables mémoires : l'un de M^me^ Sklodowska Curie, l'autre de M. Charpy, qui ont été insérés dans les n^os^ de janvier et de juin 1898 du *Bulletin* de la Société. Le beau travail de *M^me^ Sklodowska Curie* porte sur les *Propriétés magnétiques des aciers trempés*. Il a déjà été, de la part des savants et des électriciens français et étrangers, l'objet d'éloges mérités. Le très intéressant mémoire de *M. Charpy*, sur les *alliages antifriction*, était attendu avec impatience par les métallurgistes et les mécaniciens, auxquels il apporte, sur une question encore obscure, des données scientifiques et pratiques nouvelles et des plus importantes (1).

Notre Comité des Arts mécaniques a confié à *M. Frémont*, ingénieur mécanicien, lauréat de l'Institut, expérimentateur ingénieux et précis, l'importante étude du *poinçonnage des métaux ;* les premiers résultats de ces études ont été publiés dans un intéressant mémoire paru au *Bulletin* de septembre 1897 ; ils jettent un jour nouveau sur l'un des problèmes les plus difficiles de la technologie encore trop négligée des machines-outils et démontrent quels services importants rendrait une étude expérimentale approfondie de ces machines. Cette étude, comme celle d'un grand nombre d'autres questions de mécanique appliquée, est actuellement très difficile en France, où il n'existe pas de laboratoire de mécanique. La création d'un laboratoire de ce genre serait assurément fort utile ; mais nous ne pouvons songer à une entreprise aussi coûteuse ; nous devons nous borner à l'appeler de tous nos vœux et, en attendant, à seconder de notre mieux, comme

(1) *Bulletin* de juin 1898, p. 670.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

nous l'avons fait pour M. Frémont, les expérimentateurs de bonne volonté.

Vous vous rappelez avec quel succès le système d'*unification des filetages* élaboré par notre Société et désigné sous le nom de *filetage français* s'est répandu dans toute la France; vous savez la faveur avec laquelle il est accueilli à l'étranger, faveur qui nous permet d'espérer le voir bientôt universellement adopté. Nous aurons ainsi rendu aux mécaniciens du monde entier un grand service. Encouragé par ce succès, notre Comité de mécanique se préoccupe actuellement d'une autre *unification*, également des plus importantes, celle des *engrenages*, dont l'étude est déjà très avancée et dont nous espérons pouvoir vous faire connaître, l'an prochain, les heureux résultats.

Dans les domaines de la *céramique* et de la *verrerie*, nous avons déjà publié les belles études de *M. Damour* sur la *Dilatation et la coloration des pâtes et couvertes céramiques* et celles de *MM. Grenet* et *Chatenet* sur la *Dilatation des verres*. Continuateur de ces travaux, *M. Coupeau* nous a donné, cette année, un très important travail sur les *Dilatations des pâtes céramiques*, qui paraîtra bientôt dans notre *Bulletin*.

Ces courtes indications suffisent pour démontrer combien nous avons eu raison de nous engager, depuis quelques années, dans cette nouvelle voie des études et des recherches expérimentales sur des questions qui touchent à l'industrie. L'importance des services ainsi rendus nous est attestée non seulement par les nombreux témoignages que nous en recevons de toutes parts, mais aussi par les subventions que nous apportent quelques industriels plus particulièrement intéressés au succès de nos travaux. C'est ainsi que, cette année même, *M. Boulanger*, directeur de la faïencerie de Choisy-le-Roi, nous a remis une somme de 1 000 francs, pour être consacrée aux études sur les *pâtes céramiques*, entreprises sous le patronage de notre Comité de Chimie. Nous lui en adressons ici, de nouveau, nos plus vifs remerciements.

Nous remercions aussi les collaborateurs de notre *Bulletin*, *MM. Haller*, *Delahaye*, *Leproux*, *Feret*, *Ringelmann*, *Ronna*, *Schribaux*, qui nous ont permis de présenter à nos lecteurs des études des plus intéressantes sur la *parfumerie*, l'*industrie du gaz*, les *ciments*, l'*agriculture*, l'*industrie minière*, les *eaux et les égouts de Rome*, études dont l'intérêt justifie largement les dépenses nécessaires pour leur publication.

Puis viennent nos *conférenciers*. Vous vous rappelez avec quel succès

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

M. Bechmann nous a entretenus de l'assainissement de Paris ; *M. de Chasseloup-Laubat*, des grands paquebots ; *M. Gréhant*, du grisou ; *M. Pérard*, des pêches maritimes ; *M. Pillet*, des grandes constructions américaines ; *M. Paul Renaud*, de l'électrotechnie agricole ; *M. Résal*, des ponts de Paris ; *M. Jean Rey*, des phares et des feux-éclairs ; *M. Sauvage*, de la bibliographie décimale. Nous serons heureux de leur remettre tout à l'heure notre médaille commémorative à titre de remerciement ; puisse ce souvenir les engager à venir de nouveau nous prêter leur bienveillant concours.

Nous décernons cette année, pour la huitième fois, le *grand prix de 12 000 francs du marquis d'Argenteuil*, destiné à récompenser l'auteur de la découverte la plus utile au perfectionnement de l'industrie française. Ce prix a été décerné successivement à Vicat, Chevreul, Heilmann, Sorel, Champonnois, Poitevin, Lenoir et Berthelot ; le nom du lauréat d'aujourd'hui, M. Moissan, ne peut qu'ajouter à l'éclat de cette liste glorieuse. Dans un instant, M. Troost vous retracera, avec l'autorité que nous lui reconnaissons tous, la brillante carrière de M. Moissan ; il vous dira par quelles découvertes il parvint si vite aux premiers rangs parmi les savants de notre pays, sans exciter, par ses rapides succès, d'autres sentiments que l'admiration et la sympathie la plus vive.

La préparation, à l'état de liberté et de pureté complète, de l'insaisissable fluor rendit, dès 1886, le nom de M. Moissan célèbre dans le monde scientifique ; à la suite de ce magistral début, vinrent les travaux sur la production du diamant cristallisé, du graphite et des autres variétés du carbone ; sur la préparation, à l'état métallique, du tungstène, du molybdène, du vanadium, de l'uranium, du chrome ; puis la belle série des études sur les carbures métalliques, au nombre desquels il faut signaler le carbure de calcium, qui a donné, comme vous le savez, naissance à l'industrie de l'acétylène et au nouvel et brillant éclairage par ce gaz. Les travaux exécutés par M. Moissan avec l'aide de son four électrique sont, à la fois, du plus haut intérêt scientifique et d'une grande portée industrielle. Ils constituent l'une des assises les plus fermes de l'électro-métallurgie moderne, qui vient à peine de naître et dont on ne peut encore deviner l'importance future.

C'est à notre Comité des Constructions et Beaux-Arts que revient, cette année, la mission de désigner le lauréat de la *grande médaille* de notre So-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ciété. Son choix, unanimement approuvé par notre Conseil, s'est porté sur M. Paul Mame, chef actuel de la grande maison d'imprimerie et d'édition de Tours. Les chefs-d'œuvre sortis des presses de la maison Mame sont connus de vous tous; ils ont été, tant en France qu'à l'Étranger, l'objet des récompenses les plus élevées dans les expositions. *M. Pector*, dont vous allez entendre le très intéressant rapport, vous montrera, mieux que je ne pourrais le faire, l'honneur qu'ils font à la librairie française. J'insisterai seulement ici sur un caractère particulier de la maison Mame, sur la façon équitable, presque paternelle, dont elle traite les questions qui concernent le bien-être et la sécurité de ses ouvriers et de leur famille. Prêchant, par un noble exemple, les doctrines les plus élevées de la paix et de la concorde sociales, les hommes de bien qui se sont succédé à la tête de cette grande entreprise méritent, à notre époque plus que jamais, l'approbation et l'encouragement de tous ceux qui s'intéressent aux questions sociales, dont dépend l'avenir même de notre civilisation. C'est donc de tout cœur que nous nous associons aux paroles par lesquelles notre rapporteur félicitera tout à l'heure M. Paul Mame d'être resté, en cette matière comme en art et en industrie, le digne successeur de ses ancêtres.

L'accord et la confiance entre le patron et ses ouvriers sont une grande force pour les entreprises industrielles; ils leur permettent souvent de triompher des difficultés les plus graves. Ils ont, d'autre part, l'avantage de donner à l'ouvrier lui-même une sécurité précieuse; c'est dans de pareilles maisons, en effet, que se rencontrent, le plus souvent, ces ouvriers, dont les années de service vont à un demi-siècle et qui sont devenus, pour ainsi dire, membres de la famille du patron. Nous aurons, à la fin de cette séance, le grand plaisir de témoigner par une récompense notre profonde estime à quelques-uns de ces collaborateurs dévoués et si utiles de nos industries.

On ne saurait trop honorer de tels exemples; aussi considérons-nous comme un grand bonheur de pouvoir, chaque année, grâce à la généreuse initiative de *M. Fourcade*, récompenser par un prix de 1 000 francs l'ouvrier de l'industrie des produits chimiques qui, parmi les candidats à ce prix, a passé le plus grand nombre d'années consécutives dans une même maison. Ce prix est décerné, cette année, à M. Fagan, qui compte quarante-huit ans de service dans les établissements Malétra.

Il me reste à vous faire connaître les récompenses accordées, sur le rap-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

port de nos Comités spéciaux et après approbation du Conseil, aux travaux originaux relatifs à des questions, que notre Société avait jugées particulièrement intéressantes pour l'Industrie et qu'elle avait mises au concours.

Nous décernons à M. Guillaume le *prix de 2 000 francs*, institué par notre Comité des Arts chimiques pour l'*étude expérimentale des propriétés de métaux ou alliages d'un usage courant*. Vous avez tous présente à la mémoire la remarquable communication que nous a faite M. C.-E. Guillaume sur les *Aciers au Nickel* (1) et les ingénieuses expériences par lesquelles il nous démontrait, d'une façon si frappante, les propriétés nouvelles et inattendues de ces alliages si variés, qui se rattachent, comme vous l'exposera dans un instant M. Jordan, à tout un ordre de faits relativement nouveau, d'un grand intérêt à la fois scientifique et pratique.

Le prix de 1 000 francs, institué par le Comité des Arts chimiques, pour une *étude sur les matières albuminoïdes des grains*, est décerné à M. Fleurent, professeur suppléant au Conservatoire des Arts et Métiers, pour son remarquable travail sur la composition immédiate et élémentaire des matières albuminoïdes extraites du grain des céréales et des graines des légumineuses. L'auteur est arrivé à des résultats, dont les conséquences pratiques sont de la plus haute importance pour les industries de la meunerie et de la boulangerie. Le rapport a été fait par M. Livache, membre du Conseil.

Notre Comité d'Agriculture a proposé un prix de 2 000 francs pour une *étude sur la constitution physique et la composition chimique des terrains d'une région de la France*. Ce prix est décerné à M. Cord, ingénieur agronome, auteur d'une *Étude agricole et géologique des terrains du département de la Lozère*. M. Risler vous en présentera tout à l'heure une analyse, qui vous permettra de saisir l'importance et l'intérêt de ce beau travail.

Le second prix de 2 000 francs de notre Comité d'Agriculture, pour la *meilleure étude sur l'agriculture et l'économie rurale d'une province*, n'a pas été décerné intégralement cette année ; mais nous avons donné, sur le montant de ce prix, deux encouragements : l'un de 1 000 francs à M. Pagès, pour son *Étude agronomique du Cantal*, l'autre, de 500 francs, à M. Mazel, pour son *Étude sur l'agriculture du Vivarais*.

Deux autres encouragements, de 500 francs chacun, sont accordés par le Comité des Arts chimiques : l'un à M. Campredon, pour son *Guide du*

(1) *Bulletin* de mars 1898, p. 260.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

chimiste métallurgiste; l'autre à M. BIGOT, pour les *Émaux de grand feu,* qu'il a présentés à la Société dans la séance du 10 décembre 1897.

Je vous rappelais tout à l'heure que, sur la proposition de notre regretté secrétaire, Aimé Girard, la Société avait fondé les *médailles Dumas*, destinées à consacrer le mérite des hommes qui, entrés dans une industrie comme simples ouvriers, s'y sont peu à peu élevés jusqu'au poste de chef de service ou de directeur.

Les lauréats de nos *médailles Dumas* sont, cette année : M. BUCERON, chef de service des études de la maison Muller et Roger, et M. MARCHAL, directeur des fabriques de produits chimiques de la Société des Salines de l'Est. Leur carrière, digne d'éloges à tous égards, est, au point de vue social, d'un excellent exemple; car elle montre qu'on peut, par le travail, la persévérance et la bonne conduite, vaincre des difficultés en apparence insurmontables, et, après les débuts les plus humbles, parvenir à de hautes situations dans l'industrie.

Vous le voyez, Messieurs, cette année encore, notre Société d'Encouragement a su, tant par ses travaux personnels que par les récompenses décernées à ses lauréats, rester à la hauteur de sa noble mission. Nous adressons à tous ceux, qui nous y ont aidés, nos plus vifs remerciements.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

GRAND PRIX DU MARQUIS D'ARGENTEUIL

RAPPORT fait par **M. Troost** sur les titres de **M. Moissan** au grand prix de 12000 francs du marquis d'Argenteuil.

La Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale doit décerner cette année le grand prix de 12000 francs fondé par le marquis d'Argenteuil pour *la découverte la plus utile au perfectionnement de l'Industrie française.*

Par ce grand prix, qui n'est accordé que tous les six ans et qui alterne avec celui de même valeur fondé par la Société d'Encouragement, le Conseil consacre l'importance des grands services rendus à l'industrie, et rattache à son histoire les noms d'illustres savants et de très éminents industriels qui comptent parmi nos gloires, et dont le souvenir doit être conservé dans nos annales, comme ceux de Chevreul, de Pasteur, de Berthelot, de Vicat, de Champonnois, de Poitevin, de Lenoir, de Benjamin Normand, de Lippmann, etc.

Il est heureux d'ajouter aujourd'hui à cette liste le nom de M. Moissan, membre de l'Institut. Après ses brillants succès dans l'isolement du fluor et la reproduction artificielle du diamant, M. Moissan a créé, dans ces dernières années, la métallurgie des très hautes températures. Cette métallurgie à la fois simple et rapide a ouvert à l'industrie des voies nouvelles en mettant à sa disposition des métaux à peine entrevus jusqu'ici et qu'elle peut utiliser soit par eux-mêmes, soit par leurs alliages avec les métaux usuels.

M. Moissan a, de bonne heure, manifesté sa prédilection pour la chimie minérale, sur laquelle les belles découvertes d'Henri Sainte-Claire Deville fixaient alors l'attention du monde savant.

Il a consacré plusieurs années à l'étude des propriétés qui distinguent les oxydes métalliques préparés à basse température de ces mêmes oxydes fortement calcinés, et que Chevreul appelait du nom pittoresque d'*oxydes cuits*.

Le sujet présentait d'autant plus de difficultés qu'il avait déjà exercé la sagacité d'un grand nombre de chimistes, parmi lesquels, outre Chevreul, je citerai seulement Magnus, Henri Sainte-Claire Deville et Debray.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

M. Moissan n'en réussit pas moins à obtenir des résultats nouveaux et intéressants. Il s'y montra déjà l'habile expérimentateur, doué de l'esprit d'invention dont il devait faire preuve dans les importantes recherches qu'il allait entreprendre.

Ne reculant pas devant les difficultés de toute nature qui avaient arrêté des savants tels que Davy, les frères Knox, Louyet, Frémy, Gore, Nicklès, etc., il s'attaqua à cette irritante question de l'isolement du fluor, qui montrait la chimie impuissante à réaliser la séparation d'un corps simple que l'on trouve cependant dans un grand nombre de composés naturels.

Dans ces recherches, il ne devra pas sa découverte à une expérience heureuse, faite au hasard, il s'avancera pas à pas et avec méthode vers son but. Les travaux de Frémy sur la décomposition des fluorures métalliques avaient donné tout ce qu'il était possible d'obtenir dans cette voie, M. Moissan s'adressa aux combinaisons du fluor avec les métalloïdes, espérant qu'elles seraient plus faciles à décomposer que celles où le fluor est uni aux métaux. Après avoir fait un certain nombre d'expériences sur le fluorure de bore et sur le fluorure de silicium, il a abordé l'étude des fluorures de phosphore qui étaient très incomplètement connus.

Il échoua dans ses essais d'extraire le fluor des fluorures de phosphore, mais il fit connaître trois composés gazeux nouveaux.

Après les fluorures de phosphore, M. Moissan a repris l'étude du fluorure d'arsenic obtenu par Dumas. Il en a vérifié les propriétés physiques et les propriétés chimiques; il en a même vérifié, bien malgré lui, et à plusieurs reprises, les propriétés toxiques dans les essais qu'il a tentés pour le dédoubler sous l'action d'un courant électrique.

Ce composé, qui est liquide à la température ordinaire, est formé d'un corps solide, l'arsenic, et d'un corps gazeux, le fluor; il semblait par suite présenter d'excellentes conditions pour les expériences d'électrolyse.

Le résultat fut encore négatif, mais cette étude a fourni, sur la décomposition d'un fluorure liquide, de précieux renseignements qui conduisirent M. Moissan à essayer l'électrolyse de l'acide fluorhydrique.

Préparé par ses expériences antérieures à écarter les difficultés qu'il devait rencontrer et qui avaient arrêté ses devanciers, il allait atteindre le but poursuivi avec tant de ténacité.

L'électrolyse de l'acide fluorhydrique hydraté donne simplement de l'hydrogène à l'une des électrodes, tandis qu'à l'autre se dégage de l'oxygène à l'état d'ozone. C'était donc à l'acide fluorhydrique anhydre qu'on devait

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

s'attaquer; mais on savait, depuis Faraday, que l'acide fluorhydrique anhydre ne conduit pas le courant. Il fallait le rendre conducteur par l'addition d'un autre corps. C'est ce qu'avait parfaitement compris, quelques années auparavant, M. Gore, qui essaya de lui donner de la conductibilité par l'addition successive de divers électrolytes.

Malheureusement les corps employés par M. Gore étaient décomposés eux-mêmes soit par le courant, soit par le fluor mis en liberté, et le but dont il approchait sans cesse se dérobait toujours.

M. Moissan devait être plus heureux. Il avait constaté que l'addition d'une petite quantité de fluorhydrate de fluorure de potassium avait donné de la conductibilité au fluorure d'arsenic, l'emploi du même corps donna le même résultat avec l'acide fluorhydrique anhydre, le courant fournit à l'une des électrodes l'hydrogène et à l'autre le fluor. Mais quand on opérait la décomposition à la température ordinaire, le liquide s'échauffait, d'abondantes vapeurs d'acide fluorhydrique se dégageaient et forçaient l'opérateur à abandonner l'expérience; de plus, le fluor attaquait rapidement l'électrode positive en platine.

M. Moissan a triomphé de cette double difficulté en opérant l'électrolyse à une très basse température, facile à produire et à maintenir longtemps constante : c'est en effet en électrolysant le mélange d'acide fluorhydrique anhydre et de fluorhydrate de fluorure de potassium à la température de — 50°, obtenue par l'évaporation rapide du chlorure de méthyle, que, le 26 juin 1886, il put réaliser la mémorable expérience tentée en vain par les plus illustres chimistes. Le fluor, qu'on n'avait fait qu'entrevoir, était isolé.

M. Moissan ne s'est pas arrêté sur ce coup d'éclat; il a continué ses travaux avec la même persévérance, le même esprit inventif et la même habileté d'expérimentateur; il a pensé avec raison qu'il devait compléter son œuvre par la détermination des constantes physiques et des principales réactions chimiques du fluor.

Il a, par des expériences très délicates, déterminé la densité du fluor. Il a pu, avec M. Dewar, en refroidissant le fluor par l'oxygène liquéfié, l'obtenir à l'état de liquide jaune clair, bouillant à — 187° et ne se solidifiant pas à — 210°. A ces basses températures, le fluor qui, à la température ordinaire, attaque tous les corps, n'attaque plus ni le verre, ni le mercure, il ne réagit plus guère que sur l'hydrogène libre ou combiné.

M. Moissan a complété l'étude des propriétés chimiques du fluor en examinant méthodiquement son action, aux différentes températures, sur les

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

divers corps simples, métalloïdes ou métaux, et sur les principaux composés : oxydes, sulfures, chlorures, sels. Il a produit directement un grand nombre de combinaisons impossibles à obtenir avant lui. C'est ainsi qu'il a constaté que le carbone, qui résiste à l'action du chlore même aux températures les plus élevées, est très facilement attaqué par le fluor, soit à froid, comme le carbone amorphe, soit au rouge sombre comme le graphite; et cette réaction a fourni un nouveau caractère pour différencier les divers états allotropiques du carbone.

Après ces travaux d'une haute portée scientifique, M. Moissan a entrepris les recherches qui devaient ouvrir des voies nouvelles à l'industrie.

Les températures les plus élevées que nous puissions atteindre dans les fourneaux de nos laboratoires ne dépassent guère 1500° à 1600°; on y est limité par la fusion de la porcelaine et des terres réfractaires.

H. Sainte-Claire Deville et Debray ont réussi, grâce au chalumeau alimenté par le gaz de l'éclairage et l'oxygène, à atteindre, dans des fours en chaux vive, la température de 2000° et à créer la métallurgie des métaux de la mine du platine et de leurs alliages.

M. Moissan, ayant eu besoin de températures très supérieures à 2000° pour ses expériences sur les différents états allotropiques du carbone, a songé à utiliser la chaleur fournie par l'arc voltaïque. Ses fours électriques en chaux vive et en magnésie lui ont permis de réaliser dans des creusets ou dans des tubes en charbon, des températures d'environ 3500° et d'étendre ainsi considérablement la chimie des hautes températures.

Après avoir commencé ses premiers essais avec des courants de 35 à 40 ampères et 55 volts, fournis par le moteur à gaz de 8 chevaux de l'École de Pharmacie, il les a continuées avec des courants de 440 ampères, donnés par une machine à vapeur de 45 chevaux mise à sa disposition par le Conservatoire des Arts et Métiers. Il a même fini par utiliser des courants de 1000 à 1200 ampères, à l'aide d'une machine de 300 chevaux de la Société Edison.

L'emploi du four électrique a donné à M. Moissan le moyen d'aborder un certain nombre de problèmes jusqu'alors insolubles. C'est ainsi, qu'en saturant la fonte de fer avec du charbon à la température de 3500° et la refroidissant ensuite brusquement, de manière à empêcher l'augmentation de volume qu'elle éprouverait en se refroidissant lentement, il a obtenu, dans l'intérieur du culot de fonte soumis ainsi à une très forte compression, les diverses variétés du carbone; le carbone amorphe, le graphite, le diamant

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

noir et enfin le diamant transparent, en cristaux très petits, mais en tous points semblables à ceux que l'on trouve dans les mines de diamant du Cap ou du Brésil.

Appliquant le four électrique à d'autres recherches, M. Moissan a constaté, qu'à ces températures élevées, le charbon réduit en quelques minutes les oxydes regardés comme irréductibles, tels que l'alumine, la silice, les oxydes d'uranium, de vanadium, etc.; et il a préparé en lingots de plusieurs kilogrammes les métaux les plus réfractaires, à peine entrevus jusqu'alors, bien que leurs composés soient très abondants dans la nature.

M. Moissan a pu mettre ainsi à la disposition de l'industrie, à l'état pur, des métaux tels que le chrome, le molybdène, le tungstène, l'uranium, etc., métaux pouvant se limer et se polir facilement, et qui, tant par eux-mêmes que par les alliages dans lesquels on les fera entrer, donneront naissance à de nombreuses applications.

C'est ainsi que l'alliage d'un de ces métaux réfractaires, le tungstène ou le titane, par exemple, avec l'aluminium, qu'il sera facile d'éliminer, permet d'introduire le corps réfractaire dans un bain d'acier fondu, auquel il communique des qualités le rendant susceptible d'emplois imprévus; c'est ainsi que peut être facilement obtenu l'acier au chrome, qui a acquis une grande importance pour la fabrication des obus de la marine.

En reculant la limite des températures pratiquement réalisables, M. Moissan a créé une nouvelle métallurgie, dont l'industrie tirera un heureux parti. Cette métallurgie est d'autant plus avantageuse que la chimie des hautes températures est une chimie moins complexe : les composés qui y prennent naissance ont des formules simples. Les composants n'y forment en général qu'une seule combinaison qui, souvent, est elle-même décomposable à une température plus élevée. C'est ainsi que le titane, qui forme avec l'azote un azoture sous l'action d'un courant de 400 ampères et de 60 volts, fournit, sous l'influence d'un courant de 1200 ampères et de 70 volts, un bain de titane fondu exempt d'azote.

Parmi les combinaisons qui prennent naissance et qui résistent le mieux aux plus hautes températures de l'arc voltaïque, se trouvent celles du carbone avec les métaux. Elles ont fourni à M. Moissan des corps cristallisés, de composition très simple, doués de remarquables propriétés utilisables dans l'industrie, et permettant d'interpréter certains phénomènes naturels jusqu'ici inexplicables.

Tel est le carbure de calcium, corps bien cristallisé qui, se décomposant

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

au contact de l'eau à la température ordinaire, donne de la chaux hydratée et un gaz qui est de l'acétylène pur. L'industrie s'est immédiatement emparée de cette réaction ; elle y a trouvé le moyen d'obtenir, en tous lieux et avec des appareils fort simples, un très brillant éclairage, qui se répand de plus en plus.

Tel est le carbure d'aluminium, également bien cristallisé, qui, au contact de l'eau, produit un gaz identique au méthane qui se dégage depuis des siècles de certaines fissures du sol.

Tels sont encore les carbures de cérium et d'uranium qui, dans les mêmes circonstances, fournissent à la fois des carbures d'hydrogène gazeux, des carbures d'hydrogène liquides et des carbures d'hydrogène solides.

Cette réaction de l'eau sur les carbures métalliques formés aux températures élevées et qui, par suite, existent probablement dans les masses profondes de notre globe, a peut-être joué un rôle important dans la formation géologique des hydrocarbures naturels gazeux, liquides et solides qui constituent certains schistes et certains pétroles.

Elles permettraient d'expliquer les manifestations de quelques éruptions volcaniques.

Ces remarquables travaux, poursuivis sans interruption pendant plus de vingt ans, font le plus grand honneur à la science française. Ils sont hautement appréciés par les savants et les industriels des deux mondes qui applaudiront à la présentation, faite par le Comité des Arts chimiques de la Société d'Encouragement et ratifiée par la décision unanime de son Conseil : de décerner le Grand Prix du Marquis d'Argenteuil à M. Moissan, membre de l'Institut, professeur à l'École supérieure de Pharmacie.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

CONSTRUCTIONS ET BEAUX-ARTS

RAPPORT fait sur *les titres* de **M. Paul Mame,** imprimeur-éditeur à Tours, à la grande médaille d'or, dite de Jean Goujon, par **S. Pector,** membre du *Comité des Constructions et Beaux-Arts*.

MESSIEURS,

La grande médaille d'or, dite de Jean Goujon, qui est décernée tous les six ans par la Société d'Encouragement sur la proposition de son Comité des Constructions et des Beaux-Arts, a été attribuée en 1880 à M. Charles Garnier, architecte de l'Opéra, en 1886 à M. Ferdinand Barbedienne, fabricant de bronzes à Paris, et en 1892 à M. Émile Froment-Meurice, orfèvre-joaillier-bijoutier à Paris.

Le Comité des Constructions et des Beaux-Arts avait à rechercher cette année, pour la quatrième fois, un nom à proposer à vos suffrages et qui fût, sans conteste, digne de les obtenir.

Il a pensé qu'après avoir récompensé dans la personne de ses précédents lauréats les grandes manifestations artistiques de l'architecture, de l'industrie du bronze et de celle de l'orfèvrerie avec ses branches si intéressantes de la joaillerie et de la bijouterie, la Société d'Encouragement serait heureuse de donner un témoignage de haute estime et de sympathie à une industrie qui a toujours occupé, et à juste titre, une place importante dans notre pays; nous voulons parler de l'imprimerie.

Il est inutile de rappeler ici, car vous les connaissez tous, les services éminents que cette belle industrie de la fabrication des livres a rendus, depuis son invention, aux lettres, aux sciences et aux arts; chacun des perfectionnements qu'elle a réalisés (et ils sont aussi nombreux que variés) a été mis immédiatement au service du progrès dans toutes les branches des connaissances humaines, et l'on peut dire, sans crainte d'être démenti, qu'elle mérite, à tous égards, les plus sérieux encouragements.

Le Comité des Constructions et Beaux-Arts ayant décidé que c'était l'industrie du livre qu'il convenait de récompenser en 1898, il lui restait à

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

remplir une tâche fort délicate ; celle de choisir le chef de maison qu'il proposerait à vos suffrages.

Plusieurs maisons en effet étaient dignes de cet honneur, et le Comité a dû examiner avec la plus scrupuleuse attention les titres de chacune d'elles ; après les avoir passées successivement en revue, le Comité a pris la détertermination de vous proposer d'accorder la grande médaille d'or, dite de Jean Goujon, à M. Paul Mame, imprimeur-éditeur, à Tours.

Sa maison, si honorablement connue dans le monde entier, a été fondée à la fin du siècle dernier (1796), par Armand-Augustin-Ferdinand Mame, qui était né le 18 mai 1776 et qui est mort le 2 janvier 1848.

Son fils, Alfred-Henri-Amand Mame, né à Tours le 17 août 1811, a pris la direction des affaires le 1er janvier 1834 et a eu pour associé depuis cette époque jusqu'en 1845 son cousin et beau-frère M. Ernest Mame. C'est ce dernier qui a été maire de Tours et député d'Indre-et-Loire.

En 1859, M. Alfred Mame, qui avait dirigé seul depuis 1845 l'important établissement de Tours, a associé à ses travaux son fils unique M. Paul Mame, puis il a pris pour collaborateurs ses petits-fils M. Edmond Mame (1881) et M. Armand Mame (1885), de sorte que trois générations ont travaillé simultanément à la même œuvre de famille, M. Alfred Mame n'étant mort que le 12 avril 1893.

La ville de Tours lui a fait de magnifiques funérailles, et c'était justice, car il avait un profond amour pour son pays. Il l'avait prouvé à maintes reprises et notamment pendant l'année néfaste de 1870 où il évita à sa ville natale les horreurs d'un bombardement en offrant sa garantie pour le paiement de l'énorme indemnité de guerre imposée à la ville par l'armée ennemie.

Les discours prononcés sur sa tombe ont rappelé que les pauvres n'adressaient jamais un vain appel à sa générosité ; aussi étaient-ils nombreux autour de son cercueil ceux qu'il avait aidés et soulagés dans les dures épreuves de la vie et qui avaient tenu à honorer sa mémoire.

L'établissement de MM. Mame occupe dans la ville de Tours une superficie de deux hectares et comprend un vaste ensemble de bâtiments où s'exécutent méthodiquement les travaux d'impression et de reliure qui ont fait donner avec raison à cette usine le nom de : *Fabrique de livres*, car il en sort chaque année près de 6 millions de volumes.

Le personnel qui concourt à cette production colossale se compose d'environ 1 000 individus qui reçoivent annuellement un salaire de plus de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

850 000 francs répartis suivant le travail de chacun, soit aux pièces, soit à la journée.

Rien n'a été négligé pour assurer aux ouvriers les conditions d'hygiène les plus favorables; aussi les ateliers sont-ils construits dans de vastes proportions, tenus avec la plus rigoureuse propreté, bien ventilés, et éclairés à la lumière électrique afin d'éviter les inconvénients produits par la chaleur du gaz.

Nous venons de citer le chiffre considérable des livres offerts chaque année au public par la maison Mame; un grand nombre de ces ouvrages sont d'un prix très minime et la maison qui les lance dans le commerce a ainsi contribué dans une large mesure à la diffusion des connaissances utiles et à l'instruction ainsi qu'à l'amusement des masses.

Ses catalogues en font foi; mais malgré l'intérêt que présente ce genre de productions, malgré les services qu'il rend à la cause de l'enseignement et de la morale, ces titres ne nous auraient pas semblé suffisants pour motiver l'attribution de la médaille de Jean Goujon, si ces catalogues ne contenaient pas nombre d'ouvrages où l'art est brillamment représenté et qui ont valu à la maison Mame une longue série de récompenses dans les grandes expositions françaises et étrangères.

C'est ainsi qu'après avoir obtenu à Londres en 1851 la Prize Medal, elle a reçu en 1855 la grande médaille d'honneur à la suite de l'Exposition universelle de Paris, où elle avait présenté ce monument de typographie artistique qui s'appelle : *la Touraine.*

Ce splendide in-folio, illustré par Français, K. Girardet et Catenacci, avait été proclamé par le jury un chef-d'œuvre et le public a ratifié cette sentence.

Le Missel illustré par Hallez (1861),

La Bible illustrée par Gustave Doré (1866),

Les Jardins, par Arthur Mangin (1867),

Les Chefs-d'Œuvre de la langue française, 13 volumes parus de 1865 à 1880,

La Chanson de Roland (1872),

Le *Charlemagne* de M. V. Vétault, édité en 1877,

Le *Saint Louis* de M. H. Wallon et la *Sainte Élisabeth* du comte de Montalembert, parus en 1878,

Le *Saint Martin* de M. Lecoy de la Marche (1881),

La Céramique (1882),

La *Jeanne d'Arc* de M. Sépet (1883),

Polyeucte (1889),

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ont motivé les autres récompenses hors ligne accordées à la maison Mame lors des expositions de Londres en 1862, de Paris en 1867, de Rome en 1870, de Vienne en 1873, de Paris en 1878, de Barcelone et de Rome en 1888 et de Paris en 1889.

Depuis lors ont paru : *Clovis* (1895) et la *Vie de Jésus-Christ* (1896-1897).

Ce dernier ouvrage, véritable monument d'art religieux, a particulièrement attiré l'attention du Comité des Beaux-Arts; il se compose de deux volumes in-folio, illustrés de 368 aquarelles de Tissot et de 160 croquis et dessins explicatifs du même artiste. Chacun se rappelle le grand et légitime succès obtenu par les aquarelles de James Tissot lorsqu'elles ont été exposées au Salon du Champ-de-Mars en mai 1894. La maison Mame a voulu populariser ces œuvres remarquables, et elle y est parvenue à force de soins et de dépenses.

Leur reproduction en couleurs a été obtenue par les procédés nouveaux de la photographie mise au service de la photogravure et de la chromolithographie qui permettent de donner des fac-similé exacts des originaux.

Il n'est que juste de rappeler le concours apporté en cette circonstance à la maison Mame par l'imprimerie Lemercier; le texte rédigé d'après les quatre évangiles a été composé en caractères elzéviriens spécialement fondus pour cet ouvrage.

M. James Tissot, qui a conçu tout le plan, et qui a consacré à ce travail dix ans de sa vie, en a surveillé l'exécution d'un œil attentif et sévère; le résultat obtenu forme un ensemble harmonieux qui est de nature à satisfaire les amateurs les plus difficiles. Il a, du reste, remporté le plus grand succès à l'exposition de Bruxelles qui a eu lieu en 1897, et à la suite de laquelle un grand prix a été décerné à la maison Mame et la croix d'officier de la Légion d'honneur donnée à son directeur M. Paul Mame.

Messieurs, nous estimons, et nous sommes persuadé que vous approuverez notre sentiment, que ce rapport destiné à relater les titres de M. Paul Mame à la médaille de Jean Goujon serait incomplet si, après avoir énuméré ces titres d'une manière aussi exacte, et néanmoins aussi succincte que possible, il négligeait de mettre sous vos yeux un résumé très rapide des institutions patronales dont la création est due à l'initiative de sa famille et à la sienne propre. Ce n'est pas l'un des côtés les moins intéressants de l'œuvre capitale que nous avons à vous signaler.

En 1867, lors de l'exposition universelle de Paris, un prix de 10 000 francs,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

nouvel ordre de récompenses créé pour les établissements où règnent à un degré éminent l'harmonie sociale et le bien-être des ouvriers, a été décerné à la maison Mame.

Cette récompense exceptionnelle ainsi que le grand prix décerné à cette maison en 1889, dans la section d'économie sociale, se justifiaient par la création de caisses de secours mutuels pour les hommes, d'une dotation pour les femmes et les enfants malades, de pensions de retraite pour la vieillesse, et d'une caisse de participation aux bénéfices; par la construction de soixante-deux maisons ouvrières pouvant chacune loger une famille de dix personnes, moyennant un loyer de 50 centimes par jour (chaque maison ayant un petit jardin), par la fondation de crèches, de salles d'asile et d'écoles gratuites qui reçoivent de nombreux enfants.

La question des salaires, si brûlante dans d'autres centres manufacturiers, n'a jamais altéré la bonne harmonie entre les patrons et les ouvriers Mame; c'est un fait qui honore les uns et les autres.

Nous citerons comme exemple de cette heureuse entente d'abord la durée peu ordinaire des services d'un grand nombre d'employés et d'ouvriers. C'est ainsi qu'on conserve dans la maison le souvenir d'un ancien prote, M. Preignon, qui est resté attaché à l'imprimerie pendant 60 ans; ensuite le souvenir offert à M. Alfred Mame par ses ouvriers, lors de ses noces de diamant, le 8 janvier 1893, et enfin le don de 200 000 francs fait par M. Alfred Mame à l'occasion de cette fête mémorable. Cette somme a été distribuée entre tous les ouvriers et employés sur les bases les plus équitables, soit le montant de quatre journées de travail multiplié par les années de service.

Ce sont là, Messieurs, des faits de nature à nous consoler du spectacle affligeant des désaccords qui existent trop souvent entre gens intéressés à s'entendre; ils nous réconfortent en nous donnant l'espoir que dans l'avenir on arrivera à les faire disparaître en s'inspirant des traditions de la maison patriarcale dont nous avons cherché à résumer l'histoire, histoire qui se condense dans sa noble et courte devise : *Arte et labore*.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

COMITÉ DES ARTS CHIMIQUES

PRIX FOURCADE

RAPPORT fait par **M. E. Collignon**, *secrétaire*, 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.*

Le lauréat de ce prix, que nous décernons chaque année à l'ouvrier qui, parmi les candidats présentés, a fourni dans un même établissement le service le plus long, est aujourd'hui *M. Émile-Hyacinthe* FAGAN, né le 19 juin 1836, à Grand-Quevilly, et qui compte quarante-huit ans de service aux *Établissements Malétra.*

En 1849, à l'âge de 13 ans, M. Fagan entra dans l'usine de produits chimiques de M. Malétra, à Petit-Quevilly, comme manœuvre; il y travailla à ce titre jusqu'en 1856. Il dut alors quitter l'usine pour faire son service militaire, au cours duquel il prit part à la campagne d'Italie.

Libéré du service, il rentra aussitôt dans l'usine comme ouvrier soudier, et occupa ce poste pendant dix ans. On ne connaissait alors, pour la fabrication de la soude par le procédé Leblanc, que le four à main : le travail était très pénible, et ne pouvait être exécuté que par des hommes robustes, adroits et travailleurs.

En récompense de sa bonne conduite, de son activité et de sa régularité, Fagan, au bout de ces dix années, devint contremaître soudier.

Pendant ce temps, la maison se transformait : M. Malétra père avait légué son œuvre à ses fils, et le dernier de ceux-là avait constitué une société anonyme permettant de répondre au développement des affaires.

C'est alors que les fours à soude à main furent remplacés par des fours tournants, appareils puissants, qui produisaient chacun 30 tonnes de soude par jour; Fagan fut un contremaître précieux pour le montage, la mise en route et la conduite de ces fours.

Continuant à se distinguer tant au point de vue de la conduite que de l'activité et de l'intelligence dans le travail, Fagan fut, en 1884, élevé au

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

poste de contremaître principal, poste qu'il remplit encore aujourd'hui, malgré ses 62 ans, avec toute l'expérience, l'autorité et l'estime que lui ont données ses quarante-quatre années de bons et loyaux services dans une même usine.

M. Fagan mérite donc, à tous égards, tant par la durée que par la qualité de ses services, la récompense que nous sommes heureux de lui décerner aujourd'hui.

RAPPORT fait par **M. S. Jordan**, au nom du *Comité des Arts chimiques*, sur le prix proposé pour *l'étude expérimentale des propriétés physiques ou mécaniques d'un ou plusieurs métaux ou alliages d'usage courant. Recherches de M. Guillaume sur les aciers au nickel.*

Le programme des prix mis au concours par notre Société et ressortissant au Comité des Arts chimiques, comprend trois prix relatifs à la métallurgie : celui pour la fabrication courante d'un acier ou fer fondu doué de propriétés spéciales utiles par l'incorporation d'un corps étranger; celui pour la découverte d'un nouvel alliage utile aux arts, et celui pour l'étude expérimentale des propriétés physiques ou mécaniques d'un ou plusieurs métaux ou alliages. On pourrait croire que, à une époque comme la nôtre, qui a vu depuis une vingtaine d'années tant d'inventions et de perfectionnements importants dans les industries métallurgiques, qui assiste à une extension si prodigieuse de l'emploi du métal dans les arts de la paix ou de la guerre, les concurrents ont abondé pour les prix dont il s'agit.

Il n'en a rien été. Depuis vingt ans, vous n'avez eu que quatre récipiendaires : en 1884 M. P. Manhès, pour le cupro-manganèse et ses applications; en 1890 M. Brustlein, pour les aciers au chrome; en 1884 M. Roberts Austen, pour ses recherches sur les alliages; en 1888 et en 1895 M. Osmond, pour ses travaux sur les aciers au carbone et sur la métallographie microscopique. Cependant bien d'autres métallurgistes, français comme étrangers, auraient pu venir concourir pour des prix que la Société eût certainement été heureuse de leur décerner : ceux d'entre vous, qui sont au courant des progrès de l'industrie des métaux, le savent tout comme votre rapporteur. Si ces métallurgistes ne l'ont pas fait, s'ils ne le font pas, il faut l'attribuer à la concurrence qui existe entre les industriels, concurrence qui les porte

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

à conserver pour leur propre bénéfice les découvertes qu'ils ont pu faire et les résultats qu'ils ont pu obtenir et qui les empêche de les rendre publics pour une simple satisfaction d'amour-propre. La grande métallurgie exige, pour sa pratique, des établissements et des capitaux importants qui sont la plupart du temps la propriété de sociétés auxquelles appartiennent aussi les résultats des expériences faites chez elles et à leur frais; et les satisfactions d'amour-propre ne sont pas celles que recherchent surtout les actionnaires des sociétés anonymes. Il faut des circonstances bien particulières pour qu'une découverte métallurgique vienne solliciter de votre Société l'encouragement que, sous forme de prix, elle peut donner à ses auteurs.

Nous en trouverons un exemple dans l'histoire des aciers au nickel qu'il peut être intéressant de résumer ici. Nous savons tous que le nickel est un métal dont la découverte est ancienne et remonte au milieu du siècle dernier, tout au moins pour ce qui concerne l'Europe, puisque les Chinois l'employaient déjà pour la fabrication de leur *pacfong* (alliage ternaire de cuivre, zinc et nickel). Ses propriétés un peu singulières, à l'état pur comme dans ses alliages, lui méritent peut-être le nom bizarre qui lui a été attribué à l'origine, comme à son parent le cobalt. Les difficultés de son obtention au moyen des minerais sulfureux et cuivreux complexes, qui ont été au début les seules matières premières propres à le fournir, ont longtemps empêché l'abaissement de son prix de revient et son emploi ailleurs que dans des alliages cuivreux d'un prix relativement élevé. Il a fallu la découverte des gisements de garniérite de la Nouvelle-Calédonie, et plus tard des nickels sulfurés du Canada, permettant un traitement métallurgique moins coûteux, pour réduire le coût du nickel de plus des trois quarts, et lui permettre d'entrer dans des alliages de moindre valeur.

On avait fabriqué depuis longtemps du nickel pur : on savait que ce métal présente la particularité de former avec le fer et le cobalt, ses parents, s'il est permis de s'exprimer ainsi, un trio unique de métaux magnétiques à la température ordinaire. On avait appris à fabriquer toute une série d'alliages du nickel, avec le cuivre et le zinc surtout, et ils avaient pris une place importante dans les arts. Quant aux alliages du fer avec le nickel, ils avaient bien été fabriqués au laboratoire et étudiés à certains points de vue, dès 1820, par Faraday en Angleterre, par Berthier en France ; la présence du nickel était connue dans les fers météoriques.

Mais la fabrication industrielle de ces alliages fer-nickel est beaucoup

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

plus récente : elle est d'invention française, et ses débuts se rattachent intimement à l'introduction dans les usines des minerais verts de la Nouvelle-Calédonie. C'est vers 1884, si votre rapporteur est bien informé, que M. Marbeau et la Société du Ferro-Nickel produisirent leurs premiers alliages, soit à Paris, soit à l'usine de Lizy-sur-Ourcq; c'est à l'Exposition universelle de 1889 que le Ferro-Nickel montra en public pour la première fois des alliages de fer et nickel à diverses teneurs. En 1889 aussi un métallurgiste anglais, M. J. Riley, fit dans un congrès de l'Iron and steel Institute une communication sur les propriétés de ces alliages : il avait expérimenté des produits fabriqués au creuset par la Société du Ferro-Nickel, et réussi dans ses propres usines, avec le concours des ingénieurs de cette Société, à en fabriquer au four à sole Siemens-Martin.

En France, on avait fait aussi, à Montataire et à Imphy, quelques essais de fabrication qui n'avaient pas fourni, semble-t-il, de résultats encourageants, sans doute à cause des proportions variables de carbone, de manganèse notamment qui obscurcissaient les propriétés réelles des alliages fer-nickel de diverses teneurs. Au Creusot, au contraire, dès 1888, une étude méthodique de ces alliages du nickel avec le fer et avec les aciers, avait été entreprise par M. Werth, le collaborateur bien connu de M. Osmond, devenu plus tard le directeur des aciéries de Fourchambault et d'Imphy, où il continua ses recherches, et avait permis d'arriver à des résultats pratiques importants. Ces études, faites à un point de vue industriel, ne furent pas et n'ont pas été publiées; mais la fabrication des aciers au nickel au four Martin fut installée au Creusot, et bientôt ses résultats attirèrent l'attention des métallurgistes de tous les pays, lorsqu'en 1890 les essais faits à Annapolis, sur une plaque de blindage en acier-nickel fournie par MM. Schneider et C^ie^, eurent mis en pleine lumière les propriétés remarquables de cet acier, qui ne contenait cependant que 5 p. 100 de nickel. Le bruit causé par ces essais fut énorme : la cause des alliages de fer et nickel était gagnée; une fois encore les arts de la guerre avaient provoqué un progrès important pour l'industrie métallurgique.

Depuis cette date, grâce surtout aux travaux de M. Werth, la fabrication est devenue tout à fait industrielle : partout on s'est préoccupé, et on se préoccupe encore d'étudier ces nouveaux alliages qui présentent des particularités des plus intéressantes, tant en ce qui concerne leurs propriétés mécaniques qu'en ce qui concerne leurs propriétés électriques et magnétiques et leur traitement calorifique.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les publications sont devenues nombreuses, sinon en France, au moins en Angleterre, en Allemagne, en Amérique. Dans notre pays, les créateurs et les propagateurs de l'industrie de ces alliages sont restés à peu près muets; et si votre Bulletin contient une ou deux notes à leur sujet, elles sont d'origine étrangère. On peut regretter qu'aucun des spécialistes autorisés n'ait cru pouvoir réunir et résumer en connaissance de cause ce qu'ils savent maintenant de ces alliages.

Les recherches ont porté tantôt sur les propriétés mécaniques, tantôt sur les propriétés magnétiques, tantôt sur les propriétés thermiques, si importantes à bien connaître pour ce qu'on appelle maintenant le traitement calorifique du métal; elles ont toutes constaté des changements plus ou moins brusques de ces propriétés pour certaines températures et pour certaines compositions des alliages, en définitive l'existence de points de transformation ou points critiques, situés à certaines températures qui se trouvent les mêmes, qu'elles aient été déterminées par une méthode ou par une autre. Les transformations allotropiques du fer sont assez bien connues maintenant, grâce surtout aux travaux de M. Osmond. Pour le nickel pur on ne connaît qu'un point de transformation du nickel α en nickel β, révélé tout d'abord par l'apparition et la disparition du magnétisme entre 300° à 400° environ, phénomène connu depuis très longtemps et confirmé plus récemment par les recherches de Tait sur la thermo-électricité, de Pionchon sur les chaleurs spécifiques (1886), de M. Osmond sur le refroidissement, etc. Entre ces deux extrêmes, fer pur et nickel pur, les points de transformation sont connus pour un certain nombre d'alliages, par les travaux de M. Hopkinson, de MM. H. et A. Le Chatelier, de M. Osmond. Leur position, du reste, peut être assez largement modifiée par la présence de corps étrangers comme le carbone, le chrome, le manganèse, comme la comparaison de certaines recherches tend à le démontrer. La présence de faibles quantités de carbone qui transforment en acier-nickel l'alliage binaire fer-nickel modifie souvent assez les propriétés de celui-ci (comme cela a été montré par plusieurs métallurgistes, M. Hadfield notamment) pour qu'il soit nécessaire d'y prendre garde dans les recherches et de distinguer entre les aciers-nickel et les alliages binaires. Les travaux de M. Guillaume sont venus ajouter encore à ce qu'on savait précédemment un certain nombre de points, relatifs surtout aux alliages entre 25 p. 100 et 50 p. 100 de nickel. Au delà de cette dernière teneur tout reste encore à étudier, et ces alliages réservent peut-être aux expérimentateurs de nouvelles surprises.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les recherches de M. Guillaume, physicien du Comité international des Poids et Mesures, commencées en 1895, ont été résumées par lui dans les communications qu'il a faites à l'Académie des sciences pendant le courant de l'année 1897 et qu'il a présentées à notre Société, dans le but de concourir au prix des alliages : elles sont également exposées dans une communication faite en 1897 au Bureau international des Poids et Mesures, au point de vue métrologique comme au point de vue physique. Elles sont relatives aux propriétés magnétiques, aux dilatations, aux propriétés mécaniques, aux déformations permanentes, étudiées sur une série nombreuse d'alliages ou plutôt d'aciers préparés aux aciéries d'Imphy, avec des teneurs en nickel comprises entre 5 p. 100 et 44,4 p. 100, et contenant en même temps pour quelques-uns une certaine proportion de chrome. Elle ont conduit M. Guillaume à diviser ces aciers en deux catégories, savoir :

Alliages *réversibles* (ceux à teneur en Ni supérieure à 25 p. 100 environ), qui perdent à l'échauffement et reprennent au refroidissement leur magnétisme à la même température;

Alliages *irréversibles* (à teneur en Ni égale ou inférieure à 25 p. 100) qui, lors de l'échauffement, perdent leur magnétisme à une certaine température, et qui lors du refroidissement ne le reprennent qu'à une température plus basse, inférieure à 0° pour certains, ou qui ne le reprennent pas, même dans l'air liquide, comme l'acier à 22 p. 100 de Ni et 3 p. 100 de chrome.

Votre rapporteur n'entreprendra pas de résumer ici ces recherches, puisque, depuis que vous l'avez chargé du présent rapport, M. Guillaume les a exposées lui-même devant la Société dans la remarquable conférence du 11 mars dernier, d'une façon aussi intéressante que complète. Vous avez pu voir qu'à côté de l'intérêt scientifique de ces recherches, elles ont produit immédiatement un résultat pratique par la découverte d'un alliage (celui à 35 ou 36 p. 100 de Ni) qui se dilate très peu, dix fois moins que le platine, et qui recevra certainement des applications des plus utiles dans la construction des instruments métrologiques ou chronométriques. Il n'est pas besoin de faire remarquer que, bien que M. Guillaume ne se soit pas occupé des transformations du carbone dans les aciers-nickel, une partie de ses recherches rendra aussi des services industriels pour le traitement calorifique de ces aciers, qui amène chez eux des changements de propriétés singuliers. Quelques-uns de ces changements permettent des applications industrielles intéressantes : votre rapporteur citera comme exemple certaines plaques de blindage homogènes en acier-nickel qui, sans cémentation préalable, peuvent

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

être, comme l'a montré M. Werth, durcies sur la face d'impact par un chauffage au rouge cerise, tandis que l'autre face est malléabilisée par un chauffage au rouge sombre.

Votre Comité des Arts chimiques, Messieurs, vous propose de féliciter M. Guillaume de ses intéressantes recherches et de lui décerner le prix de 2 000 francs, que votre Société consacre, cette année, à l'étude expérimentale des propriétés d'un ou plusieurs métaux ou alliages.

PRIX DE 1 000 FRANCS, POUR *une étude sur les matières albuminoïdes des grains.*

Ce prix est décerné à M. FLEURENT, pour ses travaux sur la *Composition immédiate des matières albuminoïdes des grains* (1).

RAPPORT présenté par **M. Ad. Carnot** au nom du *Comité des Arts chimiques*, sur l'ouvrage publié par **M. Campredon** : *Guide pratique du Métallurgiste et de l'Essayeur* (Libr. polyt. Baudry et Cie, 1898).

M. L. Campredon, directeur du laboratoire métallurgique et industriel de Saint-Nazaire, a présenté à la Société d'Encouragement un volume de 880 pages, qu'il a justement intitulé *Guide pratique du Chimiste métallurgiste et de l'Essayeur*, dans lequel il a réuni et bien présenté une série de renseignements utiles pour l'essai ou pour l'analyse des minerais et des métaux les plus usuels, des combustibles, des matériaux réfractaires, des scories, des gaz de foyers, etc.

Il a donné la description d'un grand nombre d'appareils de laboratoire et signalé les précautions à prendre pour les essais à faire soit isolément, soit par séries. Il a souvent ajouté aux détails déjà connus de fort bonnes observations personnelles, principalement en ce qui concerne le fer et les combustibles.

L'ouvrage se divise en trois parties :

La première contenant les données générales (chapitres Ier à VI); la

(1) *Bulletin* de mai 1898, p. 547.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

deuxième présentant les indications relatives aux minerais, métaux, etc. (chapitres I à XX); la troisième formée d'une série de tableaux numériques.

1re Partie. — *Données générales.*

Le chapitre Ier ayant pour titre « Prélèvement et préparation des échantillons », présente un intérêt réel, spécialement en ce qui concerne les métaux fondus. Cette partie très développée est illustrée de nombreuses figures et accompagnée de tableaux montrant la répartition irrégulière des impuretés dans une masse métallique solidifiée et les variations de composition que subit la fonte pendant la durée d'une même coulée. Plusieurs exemples de liquation montrent que le manganèse, le soufre et le carbone tendent à prendre une marche ascendante, tandis que, pour le phosphore et le silicium, les résultats sont moins probants.

Le chapitre II décrit les principales opérations, les appareils et réactifs les plus employés. Il est à regretter peut-être de ne pas rencontrer, à côté de la nomenclature des réactifs, la recherche de leurs impuretés et leur purification.

Le chapitre III traite des essais de combustibles; toutes les questions importantes concernant l'analyse ou la détermination du pouvoir calorifique y sont présentées d'une façon claire, complète et précise.

Le chapitre IV expose un peu succinctement les méthodes d'analyse des principaux mélanges gazeux industriels; on y trouve la description des appareils d'Orsat et de Stead et celle de l'eudiomètre de Riban. L'auteur aurait pu y ajouter quelques indications sur l'emploi des grisoumètres.

Le chapitre V décrit les principaux essais physiques et chimiques auxquels doivent être soumis les matériaux réfractaires.

Dans le chapitre VI, qui ne comprend qu'une douzaine de pages, l'analyse des eaux industrielles se trouve exposée d'une façon sommaire (toutes les méthodes proposées ne sont pas à l'abri de la critique).

2e Partie. — *Minerais, métaux, alliages, scories, etc.*

Les divers métaux sont successivement étudiés dans un ordre alphabétique. La disposition uniforme des matières formant les différents chapitres, facilite beaucoup les recherches.

On rencontre d'abord les réactions caractéristiques de chaque métal (qui auraient besoin d'être plus développées), les principes de sa métallurgie, la nomenclature de ses minerais, leurs essais par les principales méthodes de voie sèche et de voie humide, enfin l'étude des produits métallurgiques, alliages et sous-produits.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le chapitre de l'*aluminium*, qui occupe une vingtaine de pages, contient les documents les plus récents.

Dans le chapitre consacré à l'*argent*, une intéressante étude faite sur la coupellation prouve que les pertes par la volatilisation sont insignifiantes lorsque l'opération est bien conduite, tandis que les pertes dues à l'absorption de l'argent par la coupelle sont notables dans tous les cas.

Le chapitre du *chrome* est trop écourté (deux pages à peine); même observation pour le cobalt.

Nous avons remarqué, dans le chapitre assez étendu traitant du *cuivre*, la description d'un appareil très simple, permettant la détermination électrolytique de ce métal par séries, c'est-à-dire menée simultanément dans un certain nombre de solutions. La description de cet appareil serait tirée de l'ouvrage anglais de M. Bertinger (1895).

L'auteur a consacré au *fer* un chapitre très étendu (200 pages environ), où se trouve traité avec détail le dosage des éléments ordinairement contenus dans les minerais et ceux des produits fabriqués. Signalons particulièrement l'appareil conseillé par M. Campredon pour la détermination du soufre et les remarques concernant la détermination volumétrique du manganèse par le permanganate (pages 471 et 539); M. Campredon insiste pour démontrer que le titre du permanganate employé doit être établi non pas à l'aide d'une solution ferreuse mais bien avec une solution de manganèse, confirmant ainsi l'observation que nous avons eu occasion de publier en 1892 dans le *Bulletin de la Société chimique*.

Nous présenterons enfin, comme particulièrement intéressant, le chapitre du *plomb*, contenant un certain nombre d'indications pratiques (tours de main, comparaisons de méthodes) dues en partie au concours amical de M. Guillaume, chimiste à l'usine Couëron (Société Pontgibaud).

Nous regrettons que l'auteur n'ait pas cru devoir réserver un chapitre spécial aux essais qualitatifs, insuffisamment développés à notre avis.

L'ouvrage de M. Campredon n'est d'ailleurs pas présenté comme un traité complet d'analyse chimique; mais on y trouve un choix de méthodes, puisées aux meilleures sources, et, pour la plupart, consciencieusement étudiées. L'auteur s'est attaché à ne décrire que les procédés les plus satisfaisants, en les accompagnant d'observations directement utiles au chimiste praticien. Il rendra certainement de très bons services à ce point de vue.

Le Comité des Arts chimiques a jugé qu'il y avait lieu d'attribuer à M. Campredon un prix de 500 francs, à prélever sur les 2 000 francs destinés

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

à récompenser les auteurs de publications utiles à l'industrie chimique du métallurgique.

RAPPORT présenté par **M. de Luynes**, au nom du *Comité des Arts chimiques* sur les *Émaux de grand feu* de M. A. BIGOT.

La fabrication des grès cérames décoratifs a pris un grand développement depuis plusieurs années, et les céramistes sont parvenus à produire, sur cette poterie, des effets remarquables de couleurs au grand feu. M. Bigot, qui occupe un rang distingué parmi les artistes qui se sont livrés à ce genre de production, a présenté à la Société une série de vases de diverses formes, de carreaux et de plaques de revêtement qui ont été examinés avec un grand intérêt, et qui offraient des colorations très belles comme tons et comme nuances. Quelques-uns de ces vases, de grandes dimensions, étaient remarquablement réussis; d'autres étaient recouverts d'émaux très bien glacés et doux au toucher. Une série de carreaux diversement coloriés montraient, dans les émaux dont ils étaient recouverts, ces curieux effets de cristallisation découverts par MM. Vogt et Dutailly, et appliqués par eux sur la porcelaine à la manufacture de Sèvres. De grandes plaques destinées à servir comme soubassements étaient décorées avec des émaux verdâtres et blancs, répandus par coulage, et avaient un véritable cachet artistique. La Société d'Encouragement pour l'industrie nationale, reconnaissant les progrès réalisés par M. Bigot dans la fabrication des émaux de grand feu, lui accorde, à titre d'encouragement, une somme de 500 francs.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

AGRICULTURE

RAPPORT de **M. Risler** sur les *Prix du Comité d'agriculture.*

I. — Nous avons à décerner cette année un *prix de 2 000 francs pour la meilleure étude sur l'agriculture et l'économie rurale d'un département ou d'une province.*

Six concurrents se sont présentés pour ce prix, dont quatre avec des manuscrits et deux avec des livres déjà imprimés.

1° Le premier des manuscrits est une *Étude agronomique sur le département du Cantal,* par *G. Pagès*, professeur à l'École pratique d'Agriculture du Chesnoy (Loiret).

Sauf la Planèze, plateau basaltique qui convient bien à la culture des céréales, le département du Cantal est un pays essentiellement pastoral. En moyenne il y tombe plus d'un mètre d'eau par an; après avoir arrosé les dâturages qui couvrent les terrains volcaniques les plus élevés, les eaux vont former les cinq mille cours d'eau qui ruissellent au milieu des micaschistes et des gneiss des parties inférieures et permettent d'y irriguer les prairies destinées à fournir aux troupeaux leur nourriture d'hiver. D'après M. Pagès, il y aurait encore beaucoup de progrès à faire dans l'utilisation de ces eaux; en augmentant la surface des prairies et en les arrosant avec plus d'art, on aurait plus de foin et l'on ne serait pas souvent obligé de « déprimer » une partie de ces prairies, c'est-à-dire, d'y faire paître le bétail au printemps avant de l'envoyer à la montagne. Sur la montagne, on distingue deux parties : l'*aiguade* et la *fumade*. Cette dernière entoure le *buron* où habitent les vachers et où ils fabriquent le fromage; on y fait parquer les bêtes pendant la nuit. — Autrefois, pour faire le fromage du Cantal, la *fourme*, le vacher pressait avec ses genoux la tome formée par le caillé. Aujourd'hui on se sert de plus en plus de presses moins primitives. Mais il y a encore beaucoup de perfectionnements à faire dans la fabrication des fromages du Cantal, et il faut surtout y apporter une plus grande propreté.

Une vache de Salers donne, en moyenne, 150 kilogrammes de fromage pendant la période du printemps, du 25 mai aux premiers jours d'octobre. Cette race de Salers est une magnifique race, qui a déjà été beaucoup améliorée,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

nous en avons eu la preuve au dernier Concours général. Mais on pourrait encore augmenter sa production laitière. Il n'y a aucun motif pour que la race de Salers n'atteigne pas les rendements des races de la Suisse. — La question du bétail et des améliorations à introduire dans son élevage est traitée par M. Pagès d'une façon moins complète que le reste de son étude, qui représente un travail considérable et montre une connaissance parfaite de l'état de l'agriculture cantalienne. Peut-être ce travail gagnerait-il à être plus condensé; il y a une profusion de détails et des longueurs qui pourraient être évitées.

2° Le deuxième manuscrit, *Etude sur l'Agriculture et l'Économie rurale du Vivarais*, pourrait, au contraire, être défini ainsi : court, mais bon.

L'auteur est un simple instituteur, *M. Mazel*, à Lavenant, canton de Saint-Agrève, département de l'Ardèche.

Il y a quelques inexactitudes dans la description géologique du département, mais elles seraient faciles à corriger.

Tout le reste montre que l'auteur a pratiqué l'agriculture et est au courant de tous les perfectionnements les plus nouveaux qu'il y aurait lieu d'introduire. Il a traité particulièrement bien la question des engrais complémentaires à ajouter au fumier de ferme suivant que les terres sont d'origine granitique ou volcanique, comme dans le nord du département, ou calcaires comme dans le sud ; puis il donne des détails fort intéressants sur la culture des pommes de terre, qui prend une importance de plus en plus grande dans le département de l'Ardèche; sur celle des vignes, qui se reconstituent; sur l'élevage des vers à soie, sur les prairies et leur irrigation, sur les forêts et leur influence dans le régime des eaux. Il cherche à combattre l'émigration dans les villes en montrant les avantages de la vie des champs. Tout cela est écrit avec beaucoup de clarté et souvent beaucoup de charme.

Le troisième manuscrit est une *Étude sur l'Agriculture et l'Économie rurale de la Provence*, par *M. de Bec*, ancien directeur de la ferme école de la Montaurone (département des Bouches-du-Rhône), aujourd'hui à Carcassonne.

En réalité, M. de Bec, qui doit être bien âgé, car c'est en 1839 qu'il a pris la direction de la ferme-école de la Montaurone, nous envoie le journal qu'il a tenu depuis cette époque jusqu'en 1897, et où il relate tout ce qui s'est passé non seulement dans cette ferme, mais dans les comices agricoles d'Aix, dans les expositions et congrès scientifiques auxquels il a assisté. On pourrait trouver, dans cet immense recueil de faits, un certain nombre de documents intéressants sur l'histoire de notre agriculture depuis soixante ans.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Il s'y trouve entre autres une statistique agricole du département des Bouches-du-Rhône faite en 1841.

En conséquence, la Société d'Encouragement accorde :

Un prix de 1 000 francs à M. Pagès.

— 400 francs à M. Mazel.

Une médaille d'or à M. de Bec.

II. Pour le prix de *2 000* francs, destiné à la meilleure *étude sur la constitution physique et la composition chimique des terrains d'une des régions naturelles ou agricoles de la France*, nous n'avons qu'un concurrent : c'est M. Cord, ingénieur agronome, qui nous présente une *Étude agricole et géologique des terrains du département de la Lozère*.

Le département de la Lozère comprend quatre régions naturelles : *les Cévennes*, *la Montagne*, *les Causses* et *l'Aubrac*, pays distincts les uns des autres autant par leurs formations géologiques que par leur agriculture.

Le pays des Cévennes, avec son sol de micaschistes et de granites, est par excellence le pays des châtaigniers et des champs de seigle (*Ségalas*).

Partout, l'imperméabilité du sol y est attestée par des sources et des cours d'eau nombreux. Ces cours d'eau ne sont que souvent de minces ruiselets en été, mais ils deviennent des torrents boueux à la moindre pluie d'orage. La petite propriété est spécialement concentrée dans les vallées. Là, du reste, l'agriculteur cévenol a su à merveille utiliser l'eau pour irrigation de ses prairies ; là aussi, il a su établir, le long des collines abruptes, ces terrasses étagées où il cultive le châtaignier et, dans le sud du département, la vigne et le mûrier.

Dans la *Montagne*, plus de châtaigniers, mais des pâturages sans fin, arrosés par de nombreuses sources, entrecoupés çà et là de landes. Pendant la belle saison, ces pâturages nourrissent les troupeaux de transhumance venus du bas Languedoc : M. Cord donne des détails fort intéressants sur cette transhumance. Les cultures ne se rencontrent plus que dans les vallées, à une altitude inférieure à 1 200 mètres. Ce sont du reste des cultures faites avec les procédés les plus primitifs ; par exemple, l'écobuage y est encore une pratique courante.

Tout autre est le *pays des Causses*, vastes plateaux de calcaires jurassiques secs et fissurés : ni sources, ni ruisseaux, un désert de pierres, au milieu desquelles toutefois pousse une herbe fine et savoureuse.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Là s'entretiennent ces nombreux troupeaux de brebis dont le lait sert à fabriquer le fromage de Roquefort.

Ces plateaux des Causses sont séparés les uns des autres par des vallées souvent très étroites, à parois abruptes, creusées profondément dans le calcaire jusqu'au niveau des marnes du lias : dans ces vallées, la végétation est aussi riche et aussi variée qu'elle est aride et monotone sur les plateaux qui les surmontent. La richesse naturelle des terres du lias y est encore accrue par d'abondantes irrigations à l'aide des sources qui débouchent dans le bas des vallées au contact des marnes du lias et des calcaires jurassiques.

A l'ouest du département de la Lozère, on trouve *le pays basaltique de l'Aubrac :* couvert de neige une grande partie de l'année, ce pays forme en été un immense gazon à l'herbe serrée et tendre. Ce n'est plus la flore uniquement composée de graminées des prairies schisteuses ou granitiques des Cévennes ou de la Montagne, mais une flore variée, où abondent les légumineuses.

Pendant la belle saison, de tous les points du département, des troupeaux de vaches montent sur les pâturages de l'Aubrac, et, avec leur lait, se fabrique le fromage d'Auvergne, « la fourme ».

M. Cord a parfaitement montré comment les systèmes de culture qui y sont suivis dérivent des conditions de sol et de climat. De plus, des photographies très bien exécutées aident à caractériser les diverses régions naturelles.

En conséquence, la Société d'Encouragement accorde le prix de 2 000 francs à M. Cord.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

MÉDAILLES

I. LISTE DES MÉDAILLES DÉCERNÉES PAR LA SOCIÉTÉ POUR DES INVENTIONS OU DES PERFECTIONNEMENTS AUX ARTS INDUSTRIELS

Nos d'ordre.	NOMS DES LAURÉATS.	NOMS DES RAPPORTEURS nommés par les comités.	INVENTIONS OU PERFECTIONNEMENTS qui ont motivé les médailles.
		MÉDAILLES D'OR	
	MM.	MM.	
1	Alliance française.	Lavollée.	Services rendus à la propagation de la langue française (1).
2	Association des chimistes de sucrerie et de distillerie de la France et des colonies.	Vincent.	Services rendus à la sucrerie et à la distillerie.
3	Barre.	Brull.	Graisseur continu (2).
4	De Bec.	Risler.	Sa carrière agricole et ses notes très intéressantes sur l'agriculture en Provence.
5	Bonjour.	Hirsch.	Inventions mécaniques (3).
6	Bourdon.	Rouart.	Chauffage à la vapeur (4).
7	Donard et Boulet..	De Luynes.	Sous-produits de la distillation des matières amylacées (5).
8	Lefèvre.	Rossigneux.	Ouvages sur *la céramique du bâtiment* (6).
9	Pellet.	Lindet.	Analyse des betteraves porte-graines (7).
10	Rothwell.	Jordan.	Ouvrage intitulé *Mineral Industry*.
11	Verdol.	Simon.	Mécanique Jacquard (8).
		MÉDAILLES D'ARGENT	
	MM.	MM.	
1	Bruno-Moustier.	Brull.	Appareils de sécurité dans les mines (9).
2	Groignard.	Bourdon.	Clapet d'arrêt (10).
3	Henry.	Bérard.	Irichromatine (11).
4	Hinstin.	Brull.	Foyer fumivore (12).

(1) *Bulletin* de juillet 1897, p. 953. — (2) *Bulletin* de janvier 1898, p. 27. — (3) *Bulletin* de mars 1898, p. 251. — (4) *Bulletin* de juin 1896, p. 705. — (5) *Bulletin* de février 1897, 161. — (6) *Bulletin* d'avril 1898, p. 628. — (7) *Bulletin* de février 1898, p. 117. — (8) *Bulletin* de janvier 1898, p. 12. — (9) *Bulletin* de juin 1897, p. 749. — (10) *Bulletin* de mai 1898, p. 541. — (11) *Bulletin* de février 1898, p. 237. — (12) *Bulletin* d'avril 1898, p. 388.

Droits reservés 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 D'ARGENT (*Suite*)		
	MM.	MM.	
5	JEANNIN.	ROSSIGNEUX.	Traité de menuiserie.
6	LANDSMANN.	IMBS et PECTOR.	Inventions diverses (1).
7	MARTIN.	LINDET.	Ouvrage sur les fruitières du Doubs.
8	PILE.	BOURDON.	Clapet d'arrêt (2).
	MÉDAILLE DE BRONZE		
	M.	M.	
1	BERGEVIN.	RAFFARD.	Serrure (3).

(1) *Bulletin* de décembre 1897, p. 1552, et janvier 1897, p. 35. — (2) *Bulletin* de décembre 1897, p. 1553. — (3) *Bulletin* d'avril 1898, p. 358.

Le Secrétaire de la Société,

ED. COLLIGNON,
Inspecteur général
des Ponts et Chaussées.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

DISTRIBUTION DES MÉDAILLES

DÉCERNÉES POUR LES INVENTIONS UTILES OU LES PERFECTIONNEMENTS DANS LES ARTS INDUSTRIELS

Rapports des différents Comités

(Voir le tableau, p. 820)

MÉDAILLES D'OR

COMITÉ DU COMMERCE

RAPPORT DE **M. G. Lavollée** sur la Médaille d'or décernée à la Société *l'Alliance française.*

L'association de l'*Alliance française* a été fondée en 1883. Elle a pour objet la propagation de la langue française à l'étranger ainsi que dans nos colonies et dans les pays de protectorat.

Les progrès de cette association ont été rapides. En 1895, son secrétaire général, M. Foncin, inspecteur général de l'Instruction publique, a entretenu le Conseil de la Société d'Encouragement des résultats obtenus. La conférence de M. Foncin a provoqué un rapport spécial du Comité du Commerce qui, dans la séance du 9 juillet 1897, a signalé l'importance exceptionnelle de l'*Alliance française*, non seulement au point de vue de notre influence politique à l'étranger mais encore au profit de nos intérêts industriels et commerciaux.

Cette association est aujourd'hui trop connue pour qu'il soit nécessaire de justifier par de plus longues explications la médaille d'or qui lui est décernée. La propagation de notre langue au dehors est une œuvre patriotique, utile en tous temps, et devenue aujourd'hui nécessaire en présence de l'extension que notre pays, en concurrence avec d'habiles rivaux, et en vue de l'avenir, s'est décidé à donner à son domaine colonial, aux protectorats et aux relations avec l'étranger.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS CHIMIQUES

RAPPORT fait par **M. Vincent**, au nom du *Comité des Arts chimiques*, sur le Congrès de l'*Association des Chimistes de Sucrerie et de Distillerie de la France et des Colonies*.

En 1894, grâce à l'initiative de l'Association belge des Chimistes, se réunit à Bruxelles, sous la présidence de M. de Brüyn, chimiste de l'agriculture et du commerce, un Congrès international de Chimie appliquée.

A la séance de clôture, il fut décidé que le Congrès se réunirait de nouveau en 1896 à Paris, et que l'Association des Chimistes de Sucrerie et de Distillerie de France et des Colonies serait chargée de son organisation.

M. Gallois, alors président de l'Association, s'occupa d'abord de cette importante question, qui fut continuée par M. Lindet, devenu président à son tour.

Le Congrès s'est ouvert le 27 juillet 1896, sous la présidence de M. Berthelot, entouré de membres de l'Institut, de professeurs, de hauts fonctionnaires de l'État, de notabilités industrielles et commerciales, et enfin de délégués étrangers.

Plus de 1500 adhérents ont répondu à l'appel des organisateurs, et près de 500 sont venus à Paris suivre les travaux.

Le Congrès, divisé en onze sections, a tenu ses séances de travail et conduit ses excursions jusqu'au 5 août, époque à laquelle a eu lieu la séance plénière, présidée par M. Boucher, ministre du Commerce et de l'Industrie.

Le travail effectué dans ces onze sections pendant dix jours consécutifs a été considérable. Il suffit de parcourir les comptes rendus du Congrès pour voir qu'on y a abordé les sujets les plus divers touchant la sucrerie, la vinification, la brasserie, la distillerie, la chimie agricole, les matières alimentaires, la fabrication des produits chimiques, la métallurgie, l'électrochimie, la photographie.

Les cinq volumes des comptes rendus du Congrès de 1876 renferment près de deux cents mémoires et rapports, dont quelques-uns sont véritablement remarquables.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ils renferment également de nombreuses discussions techniques fort intéressantes et les vœux émis au cours des cinquante-huit séances.

La réunion de tous ces mémoires et la rédaction des comptes rendus des séances ont exigé de la part des secrétaires, et spécialement du secrétaire général M. Dupont, un réel dévouement et un travail considérable.

En considération de l'intérêt que présente la réunion d'un semblable congrès, dû entièrement à l'initiative privée, et de l'influence qu'il peut avoir sur le développement de la chimie appliquée et sur l'unification des méthodes commerciales d'analyses, la Société d'Encouragement décerne une *médaille d'or*, à l'Association des Chimistes de Sucrerie et de Distillerie de France et des Colonies.

RAPPORT fait par **M. S. Jordan,** au nom du *Comité des Arts chimiques*, sur l'ouvrage intitulé : *l'Industrie minérale*, annuaire édité par M. RICHARD P. ROTHWELL.

Le journal hebdomadaire *Engineering and Mining Journal*, qui se publie à New-York depuis 1866, a pris une place de plus en plus importante dans la littérature spéciale et est maintenant bien connu en Europe de ceux qui s'occupent de mines ou de métallurgie. Il s'était rapidement acquis une réputation particulière par la célérité avec laquelle il compilait et publiait dans des suppléments spéciaux, au commencement de chaque année, les statistiques minérales de l'année précédente. En 1893, son éditeur et rédacteur en chef, M. Richard P. Rothwell, entreprit la publication d'un Annuaire destiné à remplacer les suppléments statistiques et qu'il intitula : *l'Industrie minérale, sa statistique, sa technologie, son commerce, aux États-Unis et dans les autres pays, depuis les temps les plus anciens jusqu'à la fin de 1892.* Ce titre put paraître un peu prétentieux et empreint de ce certain puffisme qui n'est pas très rare aux États-Unis, et n'attira peut-être pas à l'Annuaire, pour ses débuts, beaucoup d'acheteurs dans notre pays. Votre rapporteur, ancien lecteur du journal, et sachant d'autre part que, chez nos voisins de l'autre côté de l'Atlantique, ces manières de parler n'excluent pas le véritable mérite, se procura dès son apparition, en 1893, l'Annuaire en question, et après l'avoir

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

apprécié, n'a pas manqué d'y joindre depuis les volumes qui se succédèrent chaque année. M. Rothwell les ayant présentés à la Société, votre Comité des Arts chimiques m'a chargé de vous les faire connaître.

L'*Industrie minérale* constitue un moyen unique de se tenir au courant, sans recherches laborieuses, de tout ce qui concerne l'exploitation des mines et la métallurgie dans le monde entier. Les 850 pages qu'il compte maintenant chaque année comprennent d'abord les renseignements industriels et commerciaux (productions, provenances, procédés nouveaux de traitement, etc.) les plus intéressants sur toutes les matières minérales disposées par ordre alphabétique, en commençant par les matières *abrasives* (émeri, corindon, carborundum, etc.), en finissant par le zinc, et en comprenant même l'industrie chimique minérale dans cette importante série; viennent ensuite des données statistiques classées suivant les différents pays, des notes sur les législations minières, les questions de travail et de capital, les marchés financiers des actions et obligations minières, etc. Enfin les volumes comprennent toujours aussi un grand nombre de monographies originales, où les savants et spécialistes les plus éminents des deux mondes traitent des questions à l'ordre du jour ou résument les progrès d'une industrie spéciale. Il suffira d'en citer quelques-unes, en se bornant aux auteurs non Français et aux volumes de 1895 et 1896, pour montrer leur intérêt et leur importance :

Sir I. Lowthian Bell. Accroissement de l'effet utile du haut fourneau.

R. A. Hadfield. Alliages du fer.

H. M. Howe. Corrosion relative du fer et de l'acier.

T. W. Sprague. L'électricité dans l'art des mines.

Dr. W. Borchers. Le progrès de l'électro-chimie et de l'électro-métallurgie.

Prof. Kemp. Esquisse des théories modernes sur l'origine des minerais.

H. O. Hofman. Progrès récents dans le traitement des minerais de plomb argentifère.

John Fritz. Le passé et l'avenir de la sidérurgie aux États-Unis.

James Douglas. Fusion des minerais de cuivre aux États-Unis.

Titus Ulke. Raffinage électrolytique du cuivre.

Henry Wurtz. Hydrométallurgie des métaux précieux.

Henry Louis. Métallurgie de l'étain.

Bruno Kerl. Raffinage du zinc.

W. C. Roberts Austen. La diffusion des métaux.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

J. O. Arnold. L'analyse micrographique des métaux.

Rob. Richards. Progrès de la préparation mécanique des minerais; et bien d'autres.

On peut assurer, sans courir risque de se tromper, que l'Annuaire publié par M. Rothwell est le seul volume existant où l'on trouve une pareille quantité de renseignements utiles, et le seul aussi où l'on puisse trouver bon nombre d'entre eux : par exemple, ceux relatifs à ce que l'Annuaire appelle les *éléments rares*, qui comprennent, entre autres, les terres rares du groupe du cérium et du thorium, qui ont pris depuis quelques années tant d'importance dans l'industrie de l'éclairage par incandescence, et dont la source presque unique est la monazite.

L'Annuaire tire certainement une valeur particulière du fait qu'il est publié dans un pays dont les richesses minières sont excessives et dont, malgré sa jeunesse relative, l'industrie minérale a pris une des premières places dans le monde.

Pour ces raisons, la Société d'Encouragement décerne une médaille d'or à l'*Industrie minérale* et à M. Rothwell, son éditeur.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

MÉDAILLES D'ARGENT

CONSTRUCTIONS ET BEAUX-ARTS

RAPPORT DE **M. Rossigneux**, SUR LE *Traité de menuiserie de* **M. Jules Jeannin**, *maître menuisier, fondateur d'une école professionnelle de la Menuiserie.*

M. Jules Jeannin qui, de simple ouvrier menuisier, est devenu, à force de volonté, de travail acharné et de persévérance, l'un des maîtres reconnus de l'enseignement professionnel de la menuiserie, frappé de l'ignorance dans laquelle étaient tombés les ouvriers menuisiers de nos jours, par suite de l'emploi des machines-outils qui, en amenant l'extrême division du travail, n'exigeait plus, de chacun d'eux, que d'être habile dans une partie du métier au détriment de toutes les autres, résolut de leur venir en aide, de refaire leur éducation professionnelle, tout en leur évitant les écoles par lesquelles il avait dû passer avant d'arriver à la maîtrise.

C'est dans ce but qu'il conçut et exécuta un traité de menuiserie en trois volumes, œuvre simple, claire et pratique par excellence, qui ne lui a pas demandé moins de six années de labeur et de patientes recherches, où le langage des ateliers est le seul employé sans aucune trivialité, de manière à fixer dans la mémoire des ouvriers, dont l'esprit se montre presque toujours rebelle aux termes scientifiques de la théorie pure, les éléments de leur art, et de suppléer ainsi, autant que possible, à l'absence d'écoles professionnelles dans les villes de province, dont beaucoup, à l'heure actuelle, en sont encore dépourvues. Mais ce traité, si parfait qu'il fût, n'atteignit pas le but qu'il en attendait, n'étant que peu consulté par ceux auxquels il est destiné. M. Jeannin résolut alors de créer et de diriger lui-même un cours théorique et pratique de dessin linéaire et de trait, dans lequel se formeraient de bons ouvriers, pouvant devenir plus tard d'habiles contremaîtres, et peut-être aussi, à la suite de l'étude du débit des bois, du métré et de la comptabilité, diriger un établissement de menuiserie de quelque nature et de quelque importance qu'il fût.

Privé de fortune, et, par suite, manquant des moyens de se faire aider par des professeurs à gages, M. Jeannin a recours à l'enseignement mutuel, en utilisant l'intelligence des élèves les plus avancés et les mieux doués, pour venir en aide à leurs camarades moins favorisés. Cette méthode si fertile en heureux résultats, a, en outre, le précieux avantage d'établir entre le maître et ses élèves une solidarité affectueuse, qu'on ne saurait mieux com-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

parer qu'à celle qui existait au temps des jurandes et des maîtrises pour le plus grand profit de l'art et de l'industrie, et qui, il faut bien se l'avouer, n'a pas été remplacée par l'éducation professionnelle des syndicats de nos jours.

Les jeunes ouvriers et les apprentis étant le plus ordinairement dénués de ressources pécuniaires, l'enseignement donné par M. Jeannin, avec un désintéressement qu'on ne saurait trop louer, est non seulement gratuit, mais il exige encore, de la part du professeur, le lourd sacrifice de payer de ses propres deniers la location de la salle d'étude, l'éclairage, le chauffage, le mobilier, les fournitures de papier, les outils nécessaires au tracé des dessins, des épures, sans compter les frais de l'exécution en relief du plan donné par le professeur, et dont on a dû tracer au préalable le dessin d'ensemble, les épures et les coupes, à une échelle déterminée.

Ce cours, qui a lieu les lundi, mercredi et vendredi, la journée de travail terminée, de 8 à 10 heures du soir, a été ouvert le 15 septembre 1897 avec sept élèves inscrits, dont le nombre s'élevait à douze le 27 novembre et à quatorze le 15 décembre, l'emplacement de la pièce que M. Jeannin a distraite de son logement pour servir de salle d'étude ne pouvant en contenir davantage. Tous les élèves, moins un, sont des débutants.

La méthode et l'ordre suivis pour cet enseignement sont ceux du Traité de menuiserie cité plus haut, et le Comité des Constructions et des Beaux-Arts a pu constater, en voyant les résultats obtenus, qu'il y a lieu de féliciter hautement M. Jeannin des résultats obtenus par sa méthode d'enseignement et de l'encourager de notre mieux. Bien plus, M. Jeannin, dans un but tout patriotique, a groupé autour de lui l'élite des maîtres d'écoles professionnelles de dessin, de modelage, de sculpture de Paris, qui ont fait appel à leurs collègues de la France entière pour la formation d'une association qui aura pour objet, sans nuire à la liberté d'enseignement de chaque école, la réunion des dessins et des modèles de menuiserie, exécutés à une échelle proportionnelle réduite, destinés à figurer à la grande Exposition de 1900, tous ces dessins et modèles en relief devant être exposés dans une classe spéciale qui s'appellerait « la Menuiserie française »; et nul doute qu'il ne résulte de cet ensemble une exposition digne de l'inauguration du siècle nouveau.

En conséquence, la Société d'Encouragement décerne à M. J. Jeannin une médaille d'argent pour son *Traité de menuiserie* (1).

(1) A la suite de ce rapport, la Société d'Encouragement a accordé, en outre, à M. Jeannin, une subvention de 1 000 francs, pour son *École professionnelle de la Menuiserie*.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

AGRICULTURE

RAPPORT DE **M. L. Lindet**, au nom du *Comité d'Agriculture*, sur une brochure de **M. Ch.-J. Martin**, intitulée : *les Fruitières du Doubs*.

L'étude si curieuse des sociétés fondées en vue de l'exploitation du lait, que l'on nomme « Fruitières », a bien souvent déjà appelé l'attention des économistes; et M. Ch. J. Martin, directeur de l'École nationale de Laiterie de Mamirolle, dans la brochure qu'il adresse à la Société d'Encouragement, se garde bien de discuter l'organisation de ces Fruitières, leur fonctionnement et leurs résultats, toutes questions qui sont aujourd'hui connues. C'est à un point de vue plus limité, mais non moins intéressant, que M. Martin s'est placé; il a pu, avec le concours de l'administration départementale, et grâce à la bonne volonté des présidents des Fruitières, établir le bilan économique des sociétés laitières dans le département du Doubs, déterminer le nombre de ces sociétés, leur méthode d'exploitation, l'outillage de leurs ateliers, le nombre de leurs sociétaires, la quantité de lait qu'elles fournissent annuellement, les quantités de beurre, de fromages à pâte molle et de fromages à pâte cuite qu'elles en retirent, le prix de vente de ces denrées, la composition du lait en rapport avec l'alimentation, l'âge et la durée de la lactation de la vache, etc.

Dans sa brochure, M. Martin signale ce fait, qui paraîtra assez inattendu : que les Fruitières ont quelquefois plus d'avantages à vendre par adjudication leur lait en nature à des industriels qui en retirent du beurre, des fromages, et spécialement du gruyère, plutôt que de procéder elles-mêmes aux manipulations qu'exige la préparation de ces produits. L'industriel installé soit dans le chalet de la Fruitière, et utilisant son matériel suivant une redevance déterminée, soit dans une usine où il centralise les produits de plusieurs Fruitières, emploie en général des procédés plus perfectionnés, travaille mieux et à meilleur compte, vend plus facilement son beurre et ses fromages. Aussi, peut-il donner à la Fruitière, comme prix du lait fourni, une somme sensiblement égale à celle que, travaillant pour son propre compte, elle eût distribuée à ses sociétaires. La Fruitière, une fois le lait

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

vendu, se désintéresse des mécomptes qu'elle était autrefois exposée à rencontrer dans la fabrication et la vente des produits, et les sociétaires ont l'avantage de toucher immédiatement le prix de vente de leur lait. Cette nouvelle organisation, en établissant des centres industriels qui, eux-mêmes ont déterminé la création de nouvelles Fruitières, a développé au lieu de la restreindre la production du lait dans le département du Doubs.

En conséquence, la Société d'Encouragement décerne à M. Ch.-J. Martin une médaille d'argent.

MÉDAILLES DUMAS

Rapport de **M. E. Collignon**, *secrétaire*.

Deux de ces médailles, destinées à récompenser les ouvriers devenus directeurs d'usines ou chefs d'un service important dans les grands établissements industriels ou agricoles, sont décernées cette année : l'une à **MM. Berceron**, chef du service des études de la maison Muller et Roger, et l'autre à **M. Marchal**, directeur des fabriques de produits chimiques de la Société des Salines de l'Est.

M. Berceron (Alexandre), né à Alençon, le 14 septembre 1845, a été tout d'abord, en 1860, apprenti de la Société des Batignolles (maison Gouin), puis, en 1865, ouvrier ajusteur. Entré comme tel, en 1876, à la maison Muller et Roger, il fut nommé en 1878 contremaître de l'ajustage, M. Berceron a acquis tout seul, en suivant les cours du soir et en étudiant les ouvrages mis à sa disposition par ses patrons, les connaissances nécessaires pour entrer au bureau des études dont il est aujourd'hui le chef distingué.

M. Marchal (François-Nicolas), né à Dieuze (ancien département de la Meurthe), le 13 mars 1847, est entré, le 1er mai 1861, comme commis à l'atelier de fabrication de pâte à papier de la Société des Salines de l'Est. Il sortait du collège communal et avait 14 ans. — Placé comme élève au laboratoire de chimie de l'usine, le 1er septembre 1861, il devient successivement, de 1861 à 1870, essayeur et sous-chef et chef du laboratoire ; il a collaboré très activement à l'installation des ateliers de traitement des résidus (charrées de soude du procédé Leblanc).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Du 2 août 1870 au 13 mai 1871, M. Marchal accomplit son service militaire; il fit la campagne de France, et revint *décoré de la Médaille militaire*. De 1872 à 1874, il devint chef de la fabrication de la soude et des hypochlorites. De 1874 à 1879, il s'est occupé spécialement de la fabrication de la soude par l'ammoniaque et de celle des superphosphates. En 1879, M. Marchal fut nommé sous-directeur des fabriques de produits chimiques de la Société des Salines de l'Est, puis, en 1882, directeur technique de ces usines, poste qu'il occupe encore.

En résumé, M. Marchal compte trente-sept ans de service dans la même société; parti de débuts très modestes, il est arrivé successivement, par son travail et son énergie, à tous les grades, et s'est élevé finalement à la situation de chef d'industrie.

MÉDAILLES COMMÉMORATIVES

Le Conseil d'administration a décidé d'offrir, à plusieurs personnes qui ont bien voulu faire des communications 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. Bechmann, séance du 26 novembre 1897. — *Assainissement de Paris* (1).

De Chasseloup-Laubat, séance du 28 janvier 1898. — *Les grands paquebots.*

Gréhant, séance du 10 décembre 1897. — *Le grisou* (2).

Périard, séance du 12 novembre 1897. — *Les pêches maritimes* (3).

Pillet (J.), séance du 25 mars 1898. — *Les grandes constructions métalliques aux États-Unis.*

Renaud (Paul), séance du 10 juin 1898. — *L'électrotechnie agricole en Allemagne.*

Resal, séance du 24 décembre 1897. — *Les ponts de Paris.*

Rey (Jean), séance du 27 février 1898. — *Phares* (4).

Sauvage, séance du 27 mai 1898. — *La bibliographie décimale* (5).

(1) *Bulletin* de février 1898, p. 120. — (2) *Bulletin* d'avril 1898, p. 408. — (3) *Bulletin* de novembre 1897, p. 1473. — (4) *Bulletin* d'avril 1898, p. 422. — (5) *Bulletin* de juin 1898, p. 708.

Droits reservés 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	Alglave (Jean-Baptiste). . . .	46	Marteleur à la *Société anonyme des hauts fourneaux, forges et aciéries de Denain et Anzin.*
2	Andry (Émile).	34	Contremaître chez *M. Harmel, filateur,* à Val-des-Bois (Marne).
3	Auberger (Gilbert).	46	Maître-mineur à la *Cie des forges de Châtillon et Commentry.*
4	Blanchard (Jacques).	46	Ouvrier à la *Cie des forges de Châtillon et Commentry.*
5	Blanchet (Auguste).	35	Contremaître aux *ateliers du chemin de fer de l'Est,* à Epernay.
6	Coquelet (Benoît).	45	Tourneur à la *Société anonyme des hauts fourneaux, forges et aciéries de Denain et Anzin.*
7	Davaille (Charles).	51	Ouvrier à la *houillère de Bezenet.*
8	Delacroix (Arthur)	43	Contremaître à la *faïencerie de Creil et Montereau.*
9	Delebecque (Achille).	42	Chef tonnelier à la *Société anonyme des produits chimiques du Nord.*
10	Dessouroux (Achille).	46	Ouvrier à la *Cie des forges de Châtillon et Commentry.*
11	Douville (Lucien).	42	Surveillant à la *Société anonyme des produits chimiques du Nord.*
12	Droulez (César).	35	Chef de l'*atelier de menuiserie, charpente et modèles de la Société des amidonneries et glucoseries d'Haubourdin* (Nord).
13	Duhamel (Charles)	41	Contremaître des *ateliers de la Société des amidonneries et glucoseries d'Haubourdin* (Nord).
14	Foelk (Mme Madeleine), née Ohl.	42	Ouvrière à la *cristallerie Saint-Joseph du Bourget.*
15	Foelk (Mlle Rosine).	42	Ouvrière à la *cristallerie Saint-Joseph du Bourget.*
16	Ginioux (Charles).	29	Contremaître à la *Cie générale des omnibus,* à Paris.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Nos D'ORDRE.	NOMS ET PRÉNOMS.	ANNÉES DE SERVICE.	ÉTABLISSEMENTS AUXQUELS ILS APPARTIENNENT.
	MM.		
17	GUILLAUME (Antoine).	36	Chef machiniste aux *mines de la Chazotte. Cie du chemin de fer P.-L.-M.*
18	HILAIRE (Nicolas)..	33	Sous-chef de magasin à la *Cie générale des omnibus*, à Paris.
19	HILLIET (Alexandre).	40	Ouvrier chez *M. Gautier, constructeur*, à Paris.
20	HUCHER (Théophile).	48	Contremaître à l'*imprimerie Paillart*, à Abbeville.
21	HUE (Frédéric).	33	Charron à la *Cie générale des omnibus*, à Paris.
22	JANSON (Alexis-Joseph).	30	Chef scieur à la *Cie des chemins de fer de l'Ouest*, à Rennes.
23	JURANDON (Pierre).	42	Aide de laboratoire à la *faïencerie de Creil et Montereau.*
24	LAIR (Victor-Prudent).	33	Monteur aux *ateliers de la Cie du chemin de fer de l'Ouest*, au Havre.
25	LEROY (Toussaint).	39	Modeleur à la *faïencerie de Creil et Montereau.*
26	MONIOT (Pierre).	32	Chef menuisier aux *ateliers de la Cie du chemin de fer de l'Ouest*, à Sotteville.
27	MOUNET (Jean-Baptiste).. . . .	34	Ouvrier chez *M. Lefebvre, fabricant de céruse*, à Lille.
28	NUBLAT (Jean-François).	36	Ajusteur aux *ateliers de la Cie du chemin de fer de P.-L.-M.*, à Oullins.
29	PERRET (Jean).	33	Ajusteur à la *Cie générale des omnibus*, à Paris.
30	RATH (François).	36	Employé au *service du Muséum d'histoire naturelle*, à Paris.
31	ROMAGNY (Louis)..	32	Monteur aux *ateliers de la Cie du chemin de fer de l'Ouest*, à Paris.
32	SCHERRER (Charles)..	33	Contremaître chez *M. Harmel, filateur*, à Val-des-Bois (Marne).
33	TOURNÉ (Auguste-Gustave) . . .	36	Ferblantier lampiste à la *Cie du chemin de fer de P.-L.-M.*

Le Secrétaire de la Société,

ED. COLLIGNON,

Inspecteur général des Ponts et Chaussées.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

MÉDAILLES

DÉCERNÉES AUX CONTREMAITRES ET OUVRIERS DES ÉTABLISSEMENTS MANUFACTURIERS ET AGRICOLES

(Voir le tableau pages 832 et 833.)

1. Aglave (Jean-Baptiste).

M. Aglave, né à Bruay (Nord), le 20 mars 1838, est entré le 10 juin 1852 dans les établissements de la Société des forges et aciéries de Denain et Anzin, où l'on a jamais eu qu'à se louer de ses bons et loyaux services.

2. Andry (Émile).

M. Andry est entré, le 1er septembre 1864, comme ouvrier rattacheur dans la filature de M. Harmel à Val-des-Bois : devenu fileur, ses capacités l'ont vite fait distinguer d'entre ses camarades, et fait nommer contremaître. En dehors de ses qualités professionnelles, M. Andry s'est constamment conduit vis-à-vis de ses vieux parents avec une piété filiale digne des plus vifs éloges.

3. Auberger (Gilbert).

M. Auberger, maître mineur à la houillère des Ferrières, appartenant à la Compagnie de Châtillon et Commentry, est né le 16 janvier 1839, à Chamblet (Allier). Successivement ouvrier de 1853 à 1865, chef de poste de 1865 à 1880, maître mineur depuis 1880, M. Auberger a constamment mérité l'estime et l'approbation de ses chefs; il s'est, en outre, distingué à plusieurs reprises dans des sauvetages périlleux et dans la conduite de travaux difficiles.

4. Blanchard (Jacques).

M. Blanchard, né en 1820 à Beaume (Allier), est entré à la Compagnie de Châtillon et Commentry en 1852. Il y a travaillé pendant 20 ans comme cokeur et 15 ans comme rouleur de houille, sa conduite et son travail ont toujours donné toutes satisfactions.

5. Coquelet (Benoît).

Né le 18 mai 1842 à Douchy (Nord), M. Coquelet est entré à la Compagnie des hauts fourneaux et aciéries de Denain et Anzin, le 10 avril 1853 en qualité de tourneur. On n'a jamais eu qu'à se louer de ses bons et loyaux services.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

6. Blanchet (Auguste).

M. Blanchet, né à Dieuze (Meurthe), le 30 septembre 1834, est entré à la Compagnie des Chemins de fer de l'Est, le 27 mars 1863, comme ouvrier forgeron. Sa bonne conduite, son intelligence et son activité l'ont fait nommer successivement chef d'équipe, contremaître adjoint puis, en 1881, contremaître directeur de l'atelier des forges à Épernay, M. Blanchet s'est occupé avec activité et dévouement des Sociétés coopératives ouvrières créées à Épernay depuis 1884, il a en outre parfaitement élevé ses cinq enfants.

7. Davaille (Charles).

M. Davaille, né le 27 mars 1830 à Angy-sur-Aubois (Cher), est entré au service de la Compagnie de la houillère de Bézenet en 1847. Il y a travaillé comme mineur et boiseur et à des travaux spéciaux. Intelligent et habile, sérieux et expérimenté, on lui a confié le poste de boute-feu pour la distribution et l'emploi des explosifs.

8. Delacroix (Arthur).

Né à Arponville (Somme), le 6 avril 1854, M. Delacroix est entré à la faïencerie de Creil et Montereau en 1855, comme aide emballeur. Intelligent, actif et d'une excellente conduite, M. Delacroix devint bientôt un excellent ajusteur; il dirige, depuis 1864, la forge et l'ajustage de la faïencerie et a su apporter d'heureuses modifications dans son outillage. C'est un chef dévoué des plus recommandables.

9. Delebecque (Achille).

M. Delebecque est né à Marquette-lez-Lille, le 5 mai 1837. Il entra à la Société anonyme des produits chimiques du Nord le 25 août 1856, et fut nommé chef tonnelier en 1875. Travailleur actif, exact, consciencieux, M. Delebecque a constamment mérité l'estime de ses chefs.

10. Dessouroux (Achille).

Né le 6 septembre 1841, à Vienne-le-Château (Marne), M. Dessouroux est entré à la Compagnie de Châtillon et Commentry comme forgeron-ajusteur, en 1852, puis il y remplit successivement les fonctions de tourneur et d'outilleur. Très ingénieux dans la conduite des machines-outils, M. Dessouroux a constamment mérité, par sa bonne conduite et son assiduité au travail, l'estime de ses chefs.

11. Douville (Lucien).

M. Douville, entré aux Établissements Kuhlmann le 3 septembre 1853 comme ouvrier employé au lessivage de la soude, fut bientôt, grâce à son intel-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ligence et à son activité, nommé surveillant puis chef de magasin et garçon de recettes. Très aimé de ses camarades et estimé de ses chefs, M. Douville a reçu, en 1895, la médaille du Gouvernement.

12. Droulez (César).

Né à Hellèmes (Nord), en 1845, M. Droulez est entré aux amidonneries et glucoseries d'Haubourdin en 1863 comme ouvrier. Il est actuellement chef de l'atelier de menuiserie et de charpente, et n'a cessé de donner, pendant 35 ans de services, pleine satisfaction à ses patrons.

13. Duhamel (Charles).

M. Duhamel, né en 1840 à Haubourdin (Nord), est employé depuis 1857, aux amidonneries et glucoseries de cette ville, où il est actuellement contremaître. Son travail assidu et dévoué mérite les plus grands éloges.

14. Mme Foelk.

Mme Madeleine Foelk, née Ohl, est entrée à la Cristallerie de Saint-Joseph, au Bourget, en février 1896; elle s'y est constamment signalée, pendant 42 ans de services ininterrompus, par sa probité et la régularité de son travail.

15. Mlle Foelk (Rosine).

Mlle Rosine Foelk compte également 42 ans de services irréprochables à la Cristallerie de Saint-Joseph, comme ouvrière attachée à l'émaillerie et à divers travaux, qu'elle a toujours su accomplir à la satisfaction de ses chefs.

16. Ginioux (Charles).

M. Ginioux a été successivement ouvrier, chef ouvrier, puis contremaître à la Compagnie générale des Omnibus de Paris, où il est entré en 1868. Il a, dans ces différents emplois, fait preuve d'intelligence et d'initiative, notamment en proposant différentes améliorations dans le ferrage des voitures.

17. Guillaume (Antoine).

M. Guillaume, né le 10 juin 1850 à Saint-Jean-Bonnefonds (Loire), est entré le 1er septembre 1862 aux mines de la Chazotte, où il a été successivement manœuvre, chauffeur, machiniste, puis chef machiniste depuis 1895. Pendant ses 36 années de services, M. Guillaume s'est toujours montré d'une conduite exemplaire et d'une assiduité parfaite au travail.

18. Hilaire (Nicolas).

M. Hilaire a été successivement, à la Compagnie générale des Omnibus de Paris, homme de peine, garçon, employé, puis sous-chef de magasin, et n'a cessé

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de donner, pendant ses 33 années de services, pleine satisfaction sous tous les rapports.

19. Hilliet (Alexandre).

M. Hilliet compte 40 années de services dans la maison Secrétan puis chez son successeur, M. Gautier. Doué d'aptitudes très remarquables pour l'exécution des mécanismes de précision, M. Hilliet est aujourd'hui l'un des ouvriers les plus habiles de cette importante maison. Il a toujours mérité les plus grands éloges par son dévouement, la rectitude et l'aménité de son caractère.

20. Hucher (Théophile).

Employé depuis 48 ans dans la papeterie Paillart, d'Abbeville, où il est actuellement contremaître, M. Hucher a constamment donné l'exemple du travail assidu et de la bonne conduite. C'est un ouvrier irréprochable.

21. Hue (Frédéric).

M. Hue, charron à la Compagnie générale des Omnibus, à Paris, a, pendant ses 33 années de service, donné pleine satisfaction à ses chefs tant par son assiduité que par son habileté et son excellente conduite.

22. Janson (Alexis-Joseph).

Né le 1er octobre 1841, à Rennes, M. Janson entra comme menuisier, le 16 janvier 1869 aux ateliers de la Compagnie de l'Ouest, à Rennes, où il est actuellement directeur de l'atelier de scierie. Pendant ses 29 années de services, M. Janson s'est constamment distingué par son exactitude, son zèle, sa conduite exemplaire et sa parfaite honorabilité.

23. Jurandon (Pierre).

M. Jurandon, né le 16 avril 1839, à Valence-en-Brie, est entré en 1856 à la Faïencerie de Creil et Montereau comme défourneur ; on lui confia successivement le travail délicat de la cuisson des émaux, puis les fonctions d'aide au laboratoire, où il se rendit précieux par sa discrétion, sa précision et son zèle au travail, son dévouement et son intelligence.

24. Lair (Victor-Prudent).

M. Lair, entré aux ateliers de la Compagnie des chemins de fer de l'Ouest, au Havre, le 17 juillet 1865, a été successivement ajusteur et monteur. C'est un ouvrier très recommandable sous tous les rapports, par son habileté, son exactitude, sa bonne conduite et sa parfaite honorabilité.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

25. Leroy (Toussaint).

Né à Verneuil (Oise), le 7 février 1847, M. Leroy est entré le 1er avril 1859 à la Faïencerie de Creil et Montereau. Chargé du service important de la préparation des moules, il sut y apporter de nombreuses améliorations et former de bons élèves. C'est un ouvrier digne d'éloges sous tous les rapports.

26. Moniot (Pierre).

Actuellement chef menuisier aux ateliers du chemin de fer de l'Ouest à Sotteville, M. Moniot s'est constamment montré, pendant 32 ans de services, intelligent, assidu, dévoué et d'une conduite exemplaire.

27. Mounet (Jean-Baptiste).

M. Mounet est entré, le 6 juillet 1864, dans la fabrique de céruse de M. Th. Lefebvre, à Lille, où il s'est, pendant 34 années de services ininterrompus, signalé par son dévouement et sa conduite irréprochables.

28. Nublat (Jean-François).

Entré aux ateliers du chemin de fer de Paris-Lyon à Oullins, le 24 juin 1862, M. Nublat s'est constamment fait remarquer par son exactitude, sa conduite irréprochable et sa parfaite honorabilité.

29. Perret (Jean).

M. Perret, ajusteur à la Compagnie générale des Omnibus de Paris, s'est montré, pendant 33 ans de services, un ouvrier irréprochable sous tous les rapports.

30. Rath (François).

Né à Paris le 19 octobre 1827, entré au Muséum d'histoire naturelle le 18 août 1862 comme imprimeur typographe, nommé préparateur de la chaire de culture le 1er janvier 1896, M. Rath compte 36 années d'excellents services, pendant lesquelles il s'est toujours montré d'une ponctualité et d'un dévouement exemplaires. Présent au Muséum pendant le siège et la Commune, il a courageusement contribué à la préservation des collections des plantes de serres.

31. Romagny (Louis).

M. Romagny est entré au service de la Compagnie de l'Ouest en 1867 et s'est constamment montré, pendant 30 années de service, d'une conduite et d'une assiduité exemplaires : c'est un ouvrier irréprochable.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

32. SCHERRER (Charles).

M. Scherrer, entré le 15 juin 1865 dans la filature de M. Harmel à Val-des-Bois (Marne), s'y est constamment distingué par sa moralité exemplaire, son dévouement et son assiduité au travail.

33. TOURNÉ (Auguste-Gustave).

Entré au service de la Compagnie de Paris-Lyon le 18 mars 1862, M. Tourné s'y est tout particulièrement fait remarquer par son exactitude, sa conduite exemplaire, ses aptitudes professionnelles et sa parfaite honorabilité.

Droits reservés 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 1897

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 1897.

1re PARTIE

FONDS GÉNÉRAUX

AVOIR		DÉBIT	
1° Cotisations des membres de la Société (689 cotisations à 36 francs).	24 804 »	1° Prix, médailles et récompenses diverses.	11 809,30
2° Dons divers.	2 750 »	2° *Bulletin :* frais de rédaction, d'impression et d'expédition.	35 279,85
3° Abonnement au *Bulletin* de la Société.	3 240 »	3° Impressions diverses : *Annuaire*, *Comptes rendus, etc.*	2 710,38
4° Produit de la vente au numéro du *Bulletin* de la Société.	1 097,70	4° Bibliothèque : traitements des agents, acquisitions, abonnements, reliures, fiches.	7 068,40
5° Locations diverses. .	11 361,75	5° Agence et Économat : traitements des agents et employés, frais divers. . .	18 873 »
6° Arrérages de rentes : 3 p. 100. . . . 59 828,50 ; 3 1/2 p. 100. . . 1 351 »	61 179,50	6° Jetons de présence. .	5 520 »
7° Intérêts de fonds en dépôt.	81,82	7° Hôtel de la Société : A. Aménagement, entretien, réparations. 3 161,96 ; B. Mobilier. . . 34 » ; C. Chauffage, éclairage, eau. . . . . 5 601,11 ; D. Contributions, assurances et divers. . . 3 105,04 ; E. Entretien et emploi des machines. . 876,04	12 780,46
8° Vente de machines .	3 560 »	8° Frais d'expériences. .	8 058,60
		9° Allocation pour le Grand Prix.	1 500 »
		10° Pensions.	3 500 »
A reporter. . .	108 074,77	*A reporter*. . .	107 099,99

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

AVOIR		DÉBIT	
Report.	108 074,77	*Report*.	107 099,99
		11° Souscriptions et dons divers.	344 »
		12° Table décennale (2 annuités).	600 »
			108 043,99
		Excédent de dépenses reporté de l'exercice 1896.	2 268,55
			110 312,54
		Les recettes s'élèvent à	108 074,77
		Il ressort un excédent de dépenses sur les recettes de.	2 237,77
	108 074,77		

Il ressort de cet exposé que nos recettes ont été supérieures de près de 4 000 francs à celles de l'exercice 1896; mais il n'y a pas, à proprement parler, d'accroissement de nos ressources, car l'augmentation qui figure à notre bilan résulte d'une recette exceptionnelle (vente de matériel pour 3 560 francs), qui a diminué notre actif d'une somme équivalente.

Il faut reconnaître cependant que le nombre plus élevé des sociétaires (689 contre 652) constituerait pour notre Société un complet indice de prospérité, si nos dépenses, malgré les économies faites sur plusieurs articles, n'allaient toujours en augmentant (103 135 francs en 1896 et 108 044 francs en 1897).

Cette extension de nos dépenses provient, il est vrai, presque uniquement de frais de recherches spéciales et d'expériences dont notre industrie nationale recueille directement les fruits. On ne saurait donc le regretter, mais il faut veiller à ce que notre budget s'équilibre et, par une stricte économie dans l'emploi de nos ressources, arriver à faire disparaître le déficit qui figure à notre bilan depuis plusieurs années.

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 reservés au Cnam et à ses partenaires

Il a été décerné en 1895; aucune somme n'a été prélevée cette année aux fonds généraux pour augmenter la réserve en vue du prochain prix.

AVOIR		DÉBIT
Solde de 1896 versé à la Caisse des Dépôts et Consignations.	4 642, 78	Néant.
Reçu de la fondation Giffard pour remboursement d'une partie de la somme qui lui a été avancée en 1896.	706, 45	
Intérêts des sommes déposées.	88, 60	
	5 437, 83	

Le montant des sommes déposées à la Caisse des Dépôts et Consignations s'élève à 4 731 fr. 38; il reste en outre 706 fr. 45 dans la caisse de la Société.

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 1896 : 5 920 francs de rente 3 p. 100.

AVOIR		DÉBIT	
Solde de 1896.	16, 30	Achat de 172 francs de rente 3 p. 100	5 919, 20
Arrérages.	5 983 »		
	5 999, 30		

Reste 80 fr. 10 dans la caisse de la Société.
Le capital de cette fondation se trouve porté à 6 092 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 primitif : 40 000 francs, représentés par un titre de rente 3 p. 100 de 2 000 francs.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

AVOIR		DÉBIT
Solde de 1896 versé à la Caisse des Dépôts et Consignations	12 933, 10	Néant.
Arrérages	2 000 »	
Intérêts des sommes versées à la Caisse des Dépôts et Consignations.	252, 88	
	15 185, 98	

Les sommes disponibles au 31 décembre 1897 s'élèvent à 15 185 fr. 98, versés à la Caisse des Dépôts et Consignations.

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	
Solde de 1896.	1 315, 20	Secours à 10 inventeurs. .	1 350 »
Arrérages.	1 565, 20		
	2 880, 40		

Reste en recette : 1 530 fr. 40 dans la caisse de la Société.

2e *Fondation*. — But : aider les inventeurs dans leurs travaux et recherches.

Capital, au 31 décembre 1896 : 3 594 fr. 80 de rente 3 p. 100.

AVOIR		DÉBIT	
Solde de 1896	1 103, 75	Allocations à 9 inventeurs.	1 775 »
Arrérages.	3 594, 80		
	4 698, 55		

Reste en recette, pour cette année, 2 923 fr. 55 dans la caisse de la Société.

5° Fondation Christofle pour la délivrance des premières annuités de brevets.

Capital : de 1 036 francs de rente 3 p. 100 en 2 titres.

AVOIR		DÉBIT	
Solde de 1896.	1 271, 65	Payé douze annuités de brevets.	1 260 »
Arrérages.	1 036 »		
	2 307, 65		

Reste en recette dans la caisse de la Société : 1 047 fr. 65.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

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 pas encore reçu d'application, les intérêts s'en sont capitalisés.

Capital au 31 décembre 1896 : 16 obligations 3 p. 100 de l'Est.

AVOIR		DÉBIT	
Solde de 1896.	509, 85	Achat d'une obligation	
Arrérages	230, 40	3 p. 100 de l'Est.	486, 85
	740, 25		

Reste en recette dans la caisse de la Société : 253 fr. 40.

Le capital se trouve porté à 17 obligations 3 p. 100 de l'Est.

7° **Fondation Carré.**

But : analogue à celui de la fondation précédente.

Legs primitif : 1 000 francs.

Jusqu'ici, les intérêts ont été capitalisés en attendant une destination spéciale.

Capital au 31 décembre 1896 : 6 obligations 3 p. 100 des chemins de fer de l'Est.

AVOIR		DÉBIT	
Solde de 1896.	422, 83	Achat d'une obligation	
Arrérages	86, 40	3 p. 100 de l'Est.	486, 85
	509, 23		

Reste en recette, pour cette année : 22 fr. 38.

Le capital est actuellement de 7 obligations 3 p. 100 de l'Est.

8° **Fondation Fauler (industrie des cuirs).**

But : venir en aide à des contremaîtres ou ouvriers malheureux de l'industrie des cuirs.

Capital au 31 décembre 1896 : 31 obligations 3 p. 100 de l'Est, 3 obligations 3 p. 100 des Ardennes, 11 obligations 3 p. 100 du Midi. — Aucun secours n'a été distribué en 1897.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

AVOIR		DÉBIT	
Solde de 1896	1 024, 46	Achat de 3 obligations	
Arrérages.	648 »	3 p. 100 de l'Est.	1 460, 65
	1 672, 46		

Reste en recette dans la caisse de la Société : 211 fr. 81.

Le capital de cette fondation se trouve porté à 34 obligations 3 p. 100 de l'Est, 3 des Ardennes, 11 du Midi.

9° **Fondation Legrand (industrie de la savonnerie).**

Même but que la précédente, à part la différence des industries.

Capital au 31 décembre 1896 : 68 obligations 3 p. 100 de l'Est.

AVOIR		DÉBIT	
Solde de 1896.	1 229, 30	Achat de 5 obligations,	
Arrérages.	979, 20	3 p. 100 de l'Est.	2 430, 30
Remboursement d'une		Secours.	250 »
obligation sortie au tirage . .	490, 70		2 680, 30
	2 699, 20		

Reste en recette, pour cette année, dans la caisse de la Société : 18 fr. 90.

Capital au 31 décembre 1897 : 72 obligations 3 p. 100 de l'Est.

10° **Fondation Christofle et Bouilhet en faveur d'artistes industriels malheureux.**

Capital : 29 obligations 3 p. 100 de l'Est.

AVOIR		DÉBIT	
Solde de 1896.	467, 25	Secours	420 »
Arrérages.	417, 60		
	884, 85		

Reste en recette dans la caisse de la Société : 464 fr. 85.

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 au 31 décembre 1896 : 43 obligations 3 p. 100 de l'Est.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

AVOIR		DÉBIT	
Solde de 1896.	1 073, 31	Achat de 3 obligations	
Arrérages.	619, 20	3 p. 100 de l'Est.	1 460, 65
	1 692, 31	Secours	100 »
			1 560, 65

Reste en recette dans la caisse de la Société : 131 fr. 86.

Le capital de la fondation se trouve porté à 46 obligations 3 p. 100 de l'Est.

12° **Fondation de Baccarat** (industrie de la cristallerie).

But : venir en aide aux contremaîtres ou ouvriers malheureux de cette industrie.

Capital : 9 obligations 3 p. 100 de l'Est.

AVOIR		DÉBIT	
Solde de 1896.	347, 09	Secours.	100 »
Arrérages.	129, 60		
	476, 69		

Reste en recette, pour cette année, dans la caisse de la Société : 376 fr. 69.

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.

Legs primitif : 13 169 fr. 85.

Capital actuel : 43 obligations 3 p. 100 de l'Est.

AVOIR		DÉBIT	
Solde de 1896, versé à la Caisse des Dépôts et Consignations.	7 014, 58	Prix décerné en 1897. . .	1 000 »
Coupons des obligations de l'Est	619, 20		
Intérêts des sommes versées à la Caisse des Dépôts et Consignations	128, 48		
	7 762, 26		

Les sommes disponibles au 31 décembre 1897 s'élèvent à 6 762 fr. 26 versés à la Caisse des Dépôts et Consignations.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

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 au 31 décembre 1896 : 10 obligations 3 p. 100 et 2 obligations 5 p. 100 de l'Est.

AVOIR		DÉBIT	
Solde de 1896.	602, 72	Achat d'une obligation	
Arrérages.	192 »	3 p. 100 de l'Est	486, 85
	794, 72		

Il reste en caisse 307 fr. 87 et le capital est porté à 11 obligations 3 p. 100 et 2 obligations 5 p. 100 de l'Est.

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 au 31 décembre 1896 : 13 obligations 3 p. 100 de l'Est.

AVOIR		DÉBIT	
Solde de 1896.	766, 09	Achat d'une obligation	
Arrérages.	187, 20	3 p. 100 de l'Est	486, 85
	953, 29		

Reste en recette dans la caisse de la Société : 466 fr. 44.

Le capital actuel est de 14 obligations 3 p. 100 de l'Est.

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, choisi 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 1897	1 000 »	Prix décerné en 1897 . .	1 000 »

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

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 ayant déjà été décernés, le capital est réduit à 1 obligation 3 p. 100 du chemin de fer de l'Est.

AVOIR		DÉBIT	
Solde de 1896.	226, 30	Néant.	
Arrérages.	14, 40		
	240, 70		

Reste, pour cette année, dans la caisse de la Société : 240 fr. 70.

18° Legs Giffard.

But : la moitié du revenu est destinée à créer un prix sexennal de 6 000 francs 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.

Le prix a été décerné en 1896.

AVOIR		DÉBIT	
Solde de 1896	57, 45	Secours et prix	1 300 »
En dépôt à la Caisse des Dépôts et Consignations. .	1 098, 48	Remboursement d'une partie de la subvention fournie par la fondation du Grand Prix de la Société.	706, 45
Arrérages	1 958, 37		
	3 114, 30		2 006, 45

Reste une somme de 1 107 fr. 85, versée à la Caisse des Dépôts et Consignations comme réserve pour le prochain prix à décerner.

19° Fondation Meynot.

But : créer un prix destiné à récompenser les inventions, progrès et perfectionnements intéressant la moyenne ou la petite culture.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Legs primitif : 20 000 francs, représentés par un titre de rente 3 p. 100 de 730 francs.

AVOIR		DÉBIT
Solde de 1896 versé à la Caisse des Dépôts et Consignations	8 027, 17	Néant.
Arrérages.	730 »	
Intérêts des sommes versées à la Caisse des Dépôts et Consignations	158, 36	
	8 915, 53	

Les sommes disponibles au 31 décembre 1897 s'élèvent à 8 915 fr. 55, 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 : 5 000 francs, représentés par 13 obligations 3 p. 100 de l'Est.

Le prix a été décerné en 1896.

AVOIR		DÉBIT
Solde de 1896.	360, 80	Néant.
Arrérages.	187, 20	
	548 »	

Reste en recette dans la caisse de la Société : 548 francs.

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 qui réclameraient leur quote-part avant trente ans; l'intégralité en est aujourd'hui définitivement acquise par suite de l'expiration de ce délai.

Capital au 31 décembre 1896 : 20 obligations 3 p. 100 de l'Est.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

AVOIR		DÉBIT	
Solde de 1896.	645, 99	Achat de 1 obligation	
Arrérages.	288 »	3 p. 100 de l'Est	486, 85
	933, 99		

Solde en caisse : 447 fr. 14.

Le capital se trouve porté à 21 obligations 3 p. 100 de l'Est.

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.

Le prix a été décerné en 1896.

AVOIR		DÉBIT
Solde de 1896.	1 354, 90	Néant.
Arrérages	335 »	
	1 689, 90	

Reste en recette dans la caisse de la Société : 1 689 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.

La fondation est restée sans emploi en 1897.

AVOIR		DÉBIT
Solde en 1896	124, 93	Néant.
Arrérages	100, 80	
	225, 73	

Solde en caisse : 225 fr. 73.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

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.

Capital actuel : 1 obligation 3 p. 100 de l'Est. . .

AVOIR		DÉBIT
Solde de 1896.	65, 77	Néant.
Arrérages	14, 40	
	80, 17	

Solde en caisse : 80 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 au 31 décembre 1896 : 9 obligations 3 p. 100 de l'Est.

AVOIR		DÉBIT	
Solde de 1896.	545, 50	Achat de 1 obligation	
Arrérages	129, 60	3 p. 100 de l'Est	486, 85
	675, 10		

Reste en recette : 188 fr. 25.

Le capital est porté à 10 obligations 3 p. 100 de l'Est.

26° 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 : 1000 francs.

Cette somme est restée jusqu'ici sans emploi 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.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Don primitif : 1 000 francs, qui ont été employés à l'achat de 29 francs de rente 3 p. 100.

La fondation ne remonte qu'à 1896 et le prix n'a pas encore été décerné.

AVOIR		DÉBIT
Solde de 1896.	10, 35	Néant.
Arrérages.	29 »	
	39, 35	

Reste en caisse : 39 fr. 35.

28° Compte spécial du Comité des alliages.

Don fait en 1895 : 6 500 francs.

AVOIR	DÉBIT	
Néant.	Solde en dépense de 1896.	736, 50
	Frais de recherches et d'impressions	2 393, 30
		3 129, 80

Solde débiteur : 3 129 fr. 80 (rattachés aux fonds généraux).

29° Compte spécial du comité d'expériences sur le verre.

AVOIR		DÉBIT	
Solde de 1897.	1 000 »	Payé en 1897	1 500 »
Versé par M. Boulanger .	1 000 »		
	2 000 »		

Solde en caisse : 500 francs.

30° Souscriptions perpétuelles et à vie.

AVOIR		DÉBIT	
Solde de 1896	37, 66	Achat de 86 francs de rente 3 p. 100.	2 945, 80
Souscriptions à vie faites en 1897 par : MM. Delaunay-Belleville, Barbet, Guillemin, Luuyt.	2 000 »		
Souscription perpétuelle faite par M. Raffart.	1 000 »		
Arrérages	14 »		
	3 051, 66		

Solde en caisse : 95 fr. 86.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le capital constitué par les souscriptions perpétuelles et à vie comprend trois inscriptions montant à 2 477 francs de rente 3 p. 100.

31° **Table décennale du Bulletin.**

AVOIR		DÉBIT
Annuités des années 1896 et 1897.	600 »	Néant.

Cette somme est déposée à la Caisse des Dépôts et Consignations.

Nous terminerons cet exposé en vous soumettant le bilan de notre Société au 31 décembre 1897; sur la demande de MM. les Censeurs, il a été convenu que désormais ce document serait toujours joint à l'énumération de nos dépenses et de nos recettes.

Votre Commission a constaté l'exactitude et la parfaite régularité des comptes que nous venons de vous présenter et vous propose de les approuver.

Elle est assurée de se faire votre interprète en adressant de vifs remerciements à notre dévoué trésorier M. Goupil de Préfeln. Le zèle constant qu'il apporte depuis nombre d'années à la gestion de nos finances, rendue toujours plus absorbante par la multiplicité des comptes spéciaux, nous fait un devoir de lui exprimer ici nos sentiments d'affectueuse et sincère reconnaissance.

LUCIEN DAUBRÉE.

Lu et approuvé en séance, le 22 juillet 1898.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

BILAN AU 31 DECEMBRE 1897

ACTIF

Immeuble de la Société	600.000 »	2.744.609,56
Portefeuille de la Société	2.144.609,56	
Portefeuille des fondations	583.200,41	789.497,10
Portefeuille du fonds d'accroissement	206.296,69	
CAISSE, BANQUIERS :		
Crédit Foncier	7.977,76	
Caisse des Dépôts et Consignations	37.303 »	57.018,77
Caisse du Siège social	3.268,03	
Caisse du Trésorier	8.469,98	
Fonds généraux : Solde débiteur		1.637,77
Débiteurs divers		3.926,10
		3.596.689,30

PASSIF

Valeurs mobilières et immobilières appartenant à la Société.		2.744.609,56
Valeurs des fondations		789.497,10
Sommes provenant des fondations, classes et comptes spéciaux versées dans la Caisse de la Société, qui en est débitrice.		
Grand prix	706,45	
Jollivet	80,10	
Bapst (A.)	1.530,40	
Bapst (I.)	2.923,55	
Christofle	1.047,65	
Galitzine	253,40	
Carré	22,38	
Fauler	211,81	
Legrand	18,90	
Christofle et Bouilhet	464,85	
De Milly	131,86	
Baccarat	376,69	
Menier	307,87	13.597,45
Classe 65 (1867)	466,44	
D'Aboville	240,70	
Melsens	548 »	
Classe 50 (1867)	447,14	
Parmentier	1.689,90	
Classe 51 (1889)	225,73	
— 21 (1889)	80,17	
— 63 (1889)	188,25	
— 75 (1889)	1.000 »	
De Salverte	39,35	
Comité d'exposition (Verre)	500 »	
Souscription perpétuelle et à vie	95,86	
Réserves provenant des fondations, dons et comptes spéciaux versées à la Caisse des Dépôts et Consignations.		
Grand prix de la Société	4.731,38	
Prix d'Argenteuil	15.185,98	
Prix de la Classe 27 (1867)	6.762,26	37.303 »
Prix Giffard	1.107,85	
Prix Meynot	8.915,53	
Table décennale du Bulletin	600 »	
Créanciers divers		11.682,19
		3.596.689,30

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

RAPPORT présenté par **M. Édouard Simon** au nom des censeurs sur les comptes de l'année 1897.

MESSIEURS,

Le rapport, dont il vient de vous être donné lecture au nom de la Commission des fonds, est divisé, comme de coutume, en deux parties : la première afférente aux *fonds généraux* de la Société, la seconde, aux *fondations*, *dons* et *comptes spéciaux*.

Les recettes de la première partie comprennent trois sommes intéressantes à signaler : les cotisations des sociétaires, de 23 472 francs, en 1896, se sont élevées, en 1897, à 24 804 francs; les abonnements au *Bulletin*, de 2 416 francs ont passé à 3 240; le produit de la vente au numéro du même recueil, de 745 fr. 90, a atteint 1 097 fr. 70; soit une augmentation totale de 2 500 francs environ (2 502 fr. 80 exactement), due surtout à la valeur de plus en plus appréciée du *Bulletin*, aux efforts constants de notre collègue, M. Gustave Richard, en vue de conserver à cette publication le rang qu'elle doit occuper parmi les comptes rendus des sociétés savantes de tous pays.

Les frais du *Bulletin* se sont, il est vrai, accrus d'une somme presque équivalente; nous avions pensé qu'il serait possible de les atténuer, en publiant des feuilles d'annonces. L'enquête à laquelle a bien voulu se livrer notre collègue, M. Belin, a démontré à la commission chargée de l'étude de cette question, que les résultats ne répondraient pas à notre attente et le Conseil a renoncé à la mesure projetée.

Les dépenses de la *Bibliothèque* dépassent de près d'un millier de francs le débit de l'exercice précédent; ce supplément résulte principalement de l'acquisition d'un meuble destiné au classement des fiches, et des reliures, dont le coût augmente nécessairement avec le nombre des livres offerts à la Société. Parallèlement s'accroît le contingent des lecteurs qui, l'année dernière, a dépassé 2 000, soit près de 200 par mois.

Aux dépenses productives se rattachent les frais d'expériences, dont M. le Président signalait l'opportunité dans son discours à l'Assemblée générale du 24 juin. Il a été payé, de ce chef, pendant la seule année 1897, une somme totale de 8 058 fr. 60.

M. le Président rappelait aussi que d'importantes subventions avaient facilité la tâche de la Société. Dès 1895, en effet, des Sociétés industrielles

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

et les grandes compagnies de chemins de fer donnaient, pour faciliter les études du *Comité des alliages*, les sommes ci-après :

	Francs.
La Société des métaux	500
— Asturienne	1 000
Les forges de Saint-Chamond	500
La Cie de Châtillon-Commentry	500
— des chemins de fer d'Orléans	500
— — — de Paris-Lyon-Méditerranée	500
— — — du Midi	500
— — — de l'Ouest	500
— — — de l'Est	500
— — — du Nord	500
Les établissements Solvay	1 000
En 1896, les *études sur le verre* ont motivé de la part de M. Solvay une nouvelle libéralité de	1 500
Somme à laquelle sont venus s'ajouter les dons des établissements Chazot	1 500
Et de la Compagnie de Saint-Gobain	1 000
En 1897, M. Boulenger, au nom de la faïencerie de Choisy-le-Roy, a voulu également contribuer aux recherches de nos expérimentateurs sur la *céramique* en versant dans la caisse de la Société une somme de	1 000
Soit, pour la totalité des subventions fournies au cours des trois dernières années	11 500

Pour terminer ce qui a trait aux fonds généraux, il importe de constater que l'excédent de dépenses signalé par M. le Rapporteur de la Commission des fonds est plus apparent que réel. Ce sont les *fonds généraux* qui, en 1896, ont fourni le complément nécessaire à l'attribution de deux prix Giffard, soit 2800 francs, mais les revenus du legs Giffard n'ont encore remboursé que 706 fr. 45. Si l'on déduit les 2 093 fr. 55 de différence, de l'excédent des dépenses porté en 1897, soit 2237 fr. 77, le déficit se réduit à 144 fr. 22.

Dans la seconde partie réservée aux *fondations*, nous nous bornons à appeler de nouveau l'attention du Conseil sur les revenus insuffisamment utilisés de certaines dotations : sur 17 616 fr. 33 de disponibilités, il n'a été prélevé que 5255 francs en 1897. Les reliquats sont scrupuleusement consacrés par notre trésorier à l'accroissement des fonds dont ils proviennent et constituent de nouvelles réserves, mais notre but est moins d'accroître les revenus annuels des diverses dotations que de les employer de façon aussi immédiate que possible, suivant les intentions des donateurs. La difficulté tient à ce que beaucoup d'intéressés ignorent ces fondations et

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

qu'il n'est pas toujours donné aux membres du Conseil de connaître les candidats aptes à en profiter.

Sous bénéfice de ces observations, vos censeurs, s'associant bien volontiers aux conclusions de la commission des fonds, se joignent à elle pour lui demander d'approuver les comptes de l'exercice 1897 et de remercier une fois de plus notre bien dévoué trésorier, M. Goupil de Préfeln.

ÉDOUARD SIMON.

Lu et approuvé en séance, le 22 juillet 1898.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS CHIMIQUES

LES RECHERCHES DE M. Aimé Girard SUR LES LAITS DE CAOUTCHOUC

La constitution des laits de caoutchouc, leurs propriétés, le mécanisme de leur coagulation sont autant de questions qui ont préoccupé longtemps M. Aimé Girard. Mais les difficultés qu'il a rencontrées à se procurer des laits de caoutchouc, et surtout des laits qui ne fussent pas coagulés ou altérés, ont retardé la publication des résultats acquis. Il était décidé néanmoins à faire connaître ces résultats et j'ai retrouvé la première partie de ce mémoire entièrement écrit de sa main : je me borne donc à la transcrire.

En raison de l'intérêt que présentent les faits qui devaient être exposés dans la seconde partie, j'ai cru devoir en établir la rédaction, en utilisant les renseignements que j'ai rencontrés dans les cahiers de laboratoire et dans les papiers de M. Aimé Girard.

L. Lindet.

« La transformation en gomme solide et élastique des liquides laiteux que laissent exsuder les végétaux producteurs de caoutchouc est aujourd'hui encore inexpliquée. Des voyageurs nombreux nous ont donné, des procédés suivis pour réaliser cette transformation dans diverses régions de l'Amérique, de l'Afrique et de l'Asie, des descriptions pittoresques ; mais de ces descriptions, on n'a pu, jusqu'ici, déduire aucune explication scientifique du phénomène auquel est due la solidification du caoutchouc.

« Les conditions de mon enseignement au Conservatoire des Arts et Métiers m'ont, depuis longtemps, conduit à étudier ce phénomène, à en déterminer les causes, à préciser par l'analyse les circonstances favorables à sa production. En publiant, aujourd'hui, l'ensemble des observations que j'ai eu occasion de faire sur ce sujet, je me garderai bien de considérer la question de la production du caoutchouc solide et élastique comme résolue définitivement. Bien des points sont à élucider encore et

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

appellent des recherches nouvelles, recherches que faciliteront à coup sûr les faits que je vais exposer.

« Quel que soit le végétal qui l'abandonne par les incisions faites au liber de son écorce, c'est toujours avec le même aspect que le lait de caoutchouc se présente.

« C'est un liquide opaque, offrant à la vue une grande analogie avec le lait des animaux, différant cependant de celui-ci par sa coloration qui est d'un blanc mat et non point jaunâtre, par sa viscosité surtout, qui est toujours caractérisée et qu'on voit, suivant l'origine, devenir quelquefois remarquable.

« Examiné au microscope, le lait de caoutchouc présente une constitution identique à celle du lait ordinaire; on l'y voit composé d'un sérum dans lequel se maintiennent en émulsion des myriades de globules sphériques qui, dans les conditions ordinaires, y restent à l'état d'indépendance. C'est en rapprochant ces globules à l'aide de procédés divers, en les soudant les uns sur les autres qu'on détermine la solidification des diverses sortes de caoutchouc brut que le commerce reçoit.

« Ces procédés sont, d'ailleurs, très différents suivant la région, et aucun lien scientifique ne semble, *a priori*, devoir les rapprocher les uns des autres; c'est cependant sur les propriétés physiques des laits de caoutchouc et sur la composition chimique de ceux-ci qu'on les voit tous reposer, ainsi que je le montrerai tout à l'heure. Aussi est-ce à étudier ces propriétés physiques et cette composition chimique que je m'attacherai d'abord.

« J'ai pu, depuis quelques années, grâce à l'obligeance de quelques négociants ou explorateurs, auxquels j'adresse ici mes bien vifs remercîments, me procurer un certain nombre d'échantillons de lait de caoutchouc provenant de régions différentes, généralement en très bon état de conservation, et c'est à l'aide de ces échantillons que j'ai pu recueillir les données qui vont suivre.

« J'ai ainsi examiné, au point de vue de leur constitution physique, de leur composition chimique, de leur transformation en gomme solide enfin, les échantillons suivants :

« 1° Un lait de caoutchouc de Fernambouc (Brésil), récolté sur le *Mangabeisa* (*Haucornia speciosa*) et qui m'avait été offert par MM. Garnier, commissionnaires à Paris (1878);

« 2° Un lait de caoutchouc provenant du centre de l'Afrique, récolté sur

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

des lianes non dénommées et qui m'avait été offert par MM. Desprez et Huchet, commissionnaires à Paris (1878);

« 3° Un lait de caoutchouc du Para, récolté sur le *Siphonia elastica* ou *Hevea guianensis* et qui m'avait été offert par MM. Hecht frères, commissionnaires à Paris (1878);

« 4° Un lait d'origine inconnue, mais que j'ai tout lieu de considérer comme provenant du centre de l'Afrique (1878);

« 5° Un lait de caoutchouc du Nicaragua, récolté sur le *Castilloa elastica*, par M. Blanchet, explorateur de cette contrée, qui me l'a offert (1882);

« 6° Un lait de caoutchouc du Para, récolté sur le *Siphonia elastica*, et qu'a bien voulu me procurer M. Léauté, membre de l'Institut (1894);

« 7° Plusieurs laits de caoutchouc, extrêmement intéressants par les anomalies qu'ils présentent, et provenant de divers ficus cultivés au Jardin d'acclimatation du Hamma à Alger et qui m'ont été offerts par M. Rivière, directeur de ce jardin;

« 8° Enfin deux laits récoltés sur un ficus (*Kickxia africana*) de la Nouvelle-Calédonie, et adressés obligeamment par M. Jumelle.

« Parmi ces échantillons, ceux qui portent les numéros 1 (Fernambouc), 2 (Afrique), 3 (Para), 5 (Nicaragua), 8 (Nouvelle-Calédonie) sont parvenus entre mes mains encore à l'état de lait; pour les autres échantillons, la solidification du caoutchouc était commencée ou même complète; j'ai pu cependant, et à l'aide de divers artifices, les utiliser au contrôle des données que les premiers m'avaient fournies.

« *Densité du lait de caoutchouc.* — On ne possède aujourd'hui encore que peu de données au sujet de la densité des laits de caoutchouc. Ure, qui a examiné plusieurs de ces laits, dit en avoir trouvé la densité comprise entre 1,017 et 1,041. Muspratt, de son côté, a trouvé, pour un échantillon de lait examiné par lui, le chiffre de 1,012.

« Ces chiffres ont lieu de surprendre; lorsqu'on songe en effet que, dans la composition de ces liquides, figure à l'état de globules une proportion de caoutchouc qui varie de 32 à 40 p. 100 et dont la densité ne dépasse guère 0,920 à 0,930; lorsqu'on songe, d'autre part, que la proportion de matières solides dissoute dans le sérum est faible (1), on est porté à croire que la densité du lait, si elle est voisine de l'unité, doit être plutôt inférieure que supérieure à celle-ci.

(1) Cette proportion ne dépasse guère 3 à 4 p. 100.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

« C'est à reconnaître qu'il en est bien ainsi que j'ai été conduit par l'examen des quatre laits de caoutchouc qui m'ont été remis à l'état liquide; ceux-ci, en effet, m'ont donné pour leur densité, prise à 15°, les chiffres suivants :

1°	Lait de Fernambouc.	0,990
2°	— d'Afrique.	0,987
3°	— de Nicaragua.	0,980
4°	— du Para	0,986

« C'est donc entre 0,980 et 0,990 qu'il paraît juste de placer la densité du lait de caoutchouc ordinaire.

« Le lait des différents ficus d'Algérie m'ont, il est vrai, donné des résultats différents :

Ficus Roxburghi ou *Macrophyla*	1,000
— — — (2e échantillon).	1,005
— *elastica*.	1,001
— *nitida*.	8,971
— *lævigata*.	1,005

« Leur densité se montre donc voisine de l'unité, mais il convient de faire remarquer aussitôt que le produit auquel ces laits doivent leur opacité était, au moment où je les ai étudiés du moins, non pas du caoutchouc, mais une véritable résine.

« La détermination de la densité des laits qui me sont parvenus à l'état coagulé a été assez délicate, et je ne suis parvenu à l'établir qu'en vidant la bouteille après l'avoir pesée et remplaçant le contenu par de l'eau pour en connaître le volume. . . . . .

« *Diamètre des globules de caoutchouc.* — Étudié au microscope, le lait de caoutchouc présente, avec le lait des animaux, une analogie absolue. A travers le sérum incolore nagent, ainsi qu'il a été dit plus haut, les globules arrondis, blancs et transparents. Ces globules sont très petits ; Adriani seul jusqu'ici, a cherché, en 1860 (1), à en déterminer le diamètre : suivant lui, ce diamètre serait compris entre 0,8 μ et 5,1 μ (2). C'est à un chiffre analogue que mes observations m'ont conduit, et j'estime que ce diamètre varie entre 3 et 5 μ.

(1) Adriani, *Chemical News*, 1860, p. 227 et 289.
(2) *Chem. News*, 1860, p. 227 et 289.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

« *Composition des laits de caoutchouc.* — On ne connaît jusqu'ici que trois analyses de laits de caoutchouc; l'une d'entre elles, due à Adriani (1860), n'est pas à retenir; elle s'applique évidemment à un lait modifié, étendu d'eau, additionné de magnésie dans la pensée d'en garantir la conservation pendant le transport; l'auteur, en effet, y accuse la présence de moins de 10 p. 100 de caoutchouc et de 4,5 p. 100 de magnésie. Ce sont là des chiffres inadmissibles.

« La seconde est de Faraday, la troisième de M. Lascelles-Scott; les résultats auxquels l'un et l'autre aboutissent concordent d'une façon remarquable avec ceux que m'a fournis l'analyse du lait que j'ai eu l'occasion d'examiner dans ces dernières années.

« Malheureusement je n'ai pu prendre connaissance des procédés analytiques auxquels ces savants ont eu recours; tout à l'heure, je ferai connaître celui que j'ai employé.

« Les chiffres que l'analyse a fournis à Faraday sont les suivants (1) :

Caoutchouc	31,70
Albumine	1,90
Matière colorante et amère Substance très azotée et cire	7,13
Substance soluble dans l'eau	2,90
Eau, acide, etc.	56,37
	100,00

« Les résultats obtenus par M. Lascelles-Scott sont, d'autre part, indiqués ci-dessous (2) :

Caoutchouc	37,13
Albumine	2,71
Résine	3,44
Huile essentielle	traces.
Sucre	4,17
Matière minérale	0,23
Eau	52,32
	100,00

« C'est au point de vue physiologique, on le remarquera aussitôt, plus encore qu'au point de vue technique, que les analyses précédentes ont été exécutées.

« De ces deux points de vue, c'est le second qui, au cours de mes recherches, et à quelques exceptions près, m'a seul préoccupé, et c'est par

(1) *Quarterly Journal of Science*, tome XXI, page 19.
(2) *India rubber Journal*, tome V, n° 11.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

suite à la détermination exacte du pourcentage du caoutchouc que je me suis attaché. Exceptionnellement cependant, j'ai, pour quelques laits, recherché la proportion des matières solubles que ceux-ci renferment et recherché, dans le sérum laissé par la coagulation du caoutchouc, les produits à saveur sucrée, analogues à la dambonite, à la bornesite, à la matézite, dont j'ai précédemment signalé la présence dans la sève de certains végétaux à caoutchouc.

« Le procédé auquel j'ai eu recours pour réunir sous forme solide les globules de caoutchouc émulsionnés et suspendus au milieu du sérum est des plus simples. Il a consisté à modifier la nature de ce sérum de façon, qu'à son contact, chaque globule, sans se dissoudre, cependant se ramollisse à la surface et acquière, de ce fait, une adhésivité qui rende facile sa soudure avec les globules voisins ; pour obtenir ce résultat, un réactif approprié était nécessaire, ce réactif c'est l'alcool. On sait, en effet, qu'au contact de l'alcool, le caoutchouc se gonfle, devient poisseux pour ainsi dire, et par suite fortement adhésif. Mélangé avec l'eau, l'alcool peut alors atteindre individuellement tous les globules et faire ainsi subir à chacun d'eux la modification nécessaire à leur réunion sous forme de gomme compacte.

« Les résultats fournis par l'emploi de l'alcool à la coagulation du lait de caoutchouc ont été excellents.

« Si, prenant un de ces laits, on l'additionne progressivement, et en agitant sans cesse, d'alcool à 95°, on voit, dès les premiers moments, celui-ci se transformer en masse pâteuse, volumineuse, d'aspect soyeux, qui peu à peu, au fur et à mesure qu'augmente la proportion d'alcool, se contracte, se coagule, et finalement se transforme en une masse cohérente, compacte, nageant au milieu d'un sérum liquide et de couleur ambrée ; cette masse, c'est le caoutchouc. L'addition d'un volume d'alcool à 95° égal au volume du lait suffit à obtenir ce résultat. La masse ainsi solidifiée n'a plus qu'à être soigneusement lavée à l'eau, séchée à 100° dans le vide et pesée enfin pour représenter le pourcentage de matière élastique contenue dans le lait examiné.

« J'ai, en suivant ce procédé, déterminé la teneur en caoutchouc réel des différents laits qui me sont parvenus à l'état liquide ; cette teneur correspond, sur 100 parties de lait en volume, au pourcentage pondéral ci-dessous :

N° 1. Lait de Fernambouc (*Haucornia*)	31,64 p. 100
— 2. Lait d'Afrique (lianes)	33,40 —
— 3. Lait du Para (*Syphonia*)	42,62 —
— 4. Lait de Nicaragua (*Castilloa*)	32,30 —

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

« Les trois premiers, parmi ces laits de caoutchouc, quoique provenant de végétaux différents, présentent, on le voit, au point de vue de la teneur en gomme, l'analogie la plus grande, et cette analogie les identifie presque complètement avec le lait dont Faraday nous a laissé l'analyse.

« Le lait de Para, au contraire, se montre beaucoup plus riche, plus riche même que le lait étudié par Lascelles-Scott. Cette haute teneur en caoutchouc d'ailleurs ne paraît pas accidentelle : c'est à un chiffre de rendement très voisin que m'a conduit l'examen d'un deuxième échantillon de lait de Para (n° 6) ; la proportion de caoutchouc y a été trouvée de 40,5 p. 100 du lait. »

Le procédé indiqué plus haut pour séparer, à l'état de caoutchouc, les globules émulsionnés, ne semble pas, appliqué à l'étude des laits de *ficus*, avoir donné d'aussi bons résultats. Tantôt le caoutchouc précipité était poisseux, collait aux mains, fondait vers 100° en une masse résineuse, qui devenait cassante par le refroidissement (*F. macrophylla*), tantôt il se présentait sous forme de grumeaux indépendants, analogues aux grumeaux du lait caillé, ne se soudant pas même à 110° (*F. nitida*, *lævigata*). La détermination de la teneur des laits en caoutchouc ne peut, en présence de ces faits, avoir la précision des premiers dosages ; nous donnons néanmoins les chiffres obtenus par M. Aimé Girard en étudiant les laits de ficus d'Algérie et de Nouvelle-Calédonie.

		Caoutchouc p. 100.
7. *Afrique.*	*F. macrophyllia*	37,5
	F. —	37,1
	F. elastica	17,3
	F. nitida	31,3
	F. lævigata	28,8
8. *Nouvelle-Calédonie.*	*F. Kickxia africana*	27,0

Coagulation du lait de caoutchouc. — M. Aimé Girard s'est attaché à expliquer les méthodes empiriques, suivies dans les différentes régions où l'on cultive les plantes à caoutchouc, pour produire la coagulation du lait.

On sait que la plupart de ces méthodes reposent sur l'action de la chaleur. Au Mexique, on soumet à l'ébullition le lait de *Castilloas ;* au Brésil, le caoutchouc dit de *Para* est préparé en soumettant à la chaleur d'un foyer (fumage) le lait d'*Héveas* étalé sur une planchette de bois. Le même

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

procédé est employé au Venezuela; dans l'ouest-africain, au Congo, à Angola, on laisse couler de l'incision pratiquée aux *Landolphias* le latex, qui, grâce à la chaleur torride du climat, se coagule souvent même avant d'atteindre le sol; quelquefois l'indigène étale sur son corps et spécialement sur ses bras le latex qui s'y solidifie sous l'action du soleil. Le caoutchouc de Bahia, d'Assam, s'obtient en laissant le lait étendu d'eau crémer par le repos et en abandonnant cette crème aux ardeurs du soleil.

La chaleur naturelle ou artificielle peut donc coaguler le lait de caoutchouc, en ramollissant les globules à leur surface et en leur permettant de se réunir. M. Aimé Girard a pris des blocs de différents caoutchoucs, au centre desquels il a déterminé des coupes minces de 1/10 de millimètre.

Ces lamelles, desséchées rapidement dans le vide, ont été introduites dans des tubes à essai que l'on a chauffés progressivement au bain-marie. Il était facile de voir à quelle température on pouvait, en les comprimant à l'aide d'une baguette de verre, les souder les unes sur les autres. M. Aimé Girard a pu déterminer ainsi avec une assez grande exactitude les températures suivantes, pour chacun des caoutchoucs en expérience :

Soudan	30°-32°
Para (ordinaire)	30°
Para (fin)	25°-28°
Bornéo	28°-30°

Dans un grand nombre de régions, les indigènes ajoutent au lait de caoutchouc soit de l'alun (Fernambouc), soit de l'acide sulfurique (Maranham, Matto-Grosso), soit du sel marin (Côte d'Ivoire, Cameroon, Congo), soit du jus de citron, des fragments pilés de tamarin (Madagascar), soit de l'eau de savon (Pérou), soit le suc d'une liane, *Sachacamote* (Pérou), soit enfin une solution d'acide phénique à 4 p. 100, additionnée de 2 p. 100 d'acide sulfurique, liquide proposé par Morisse (Amazone, Rio-Negro, Colombie, Nouvelle-Calédonie).

Ces différents réactifs peuvent modifier la nature du sérum et faciliter de ce fait la réunion des globules en suspension, mais à la condition que la température s'élève et que les globules se ramollissent.

En faisant digérer dans ces liquides, à la température ordinaire, des lamelles minces de caoutchouc naturel de *Para* et de *Lopori* n'ayant pas subi l'action oxydante de l'air, M. Aimé Girard n'a pu, même au bout de plusieurs jours, obtenir leur soudure. En traitant d'autre part, au moyen des réactifs précités, du lait de *Kickxia africana*, il n'a pu produire la coagulation com-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

plète. Mais cette soudure des lamelles, comme aussi la coagulation du lait, avaient lieu dès qu'on élevait la température. Exception doit être faite cependant pour le liquide Morisse, qui, dans la première expérience, a dissous ou tout au moins gonflé les lamelles à leur surface, et leur a permis de ce coller, et qui, dans la seconde, s'est montré, comme coagulant, supérieur aux autres réactifs.

La chaleur reste donc l'agent essentiel de la coagulation, et la constatation de ce fait, liée à l'analogie que présente le lait de caoutchouc avec le lait des animaux, a amené M. Aimé Girard à proposer, pour l'extraction de la gomme, le procédé du barattage fait à la température favorable de 50° environ. Cette idée avait été émise déjà par M. Ph. Rousseau (1), qui se préoccupait surtout d'associer la coagulation chimique au mouvement mécanique du barattage. M. Aimé Girard a montré que la chaleur suffit pour rendre pratique ce barattage. Des essais exécutés au moyen d'une véritable barratte, à 50° C., au laboratoire du Conservatoire des Arts et Métiers, sur des laits de *Ficus macrophylla*, ont montré que le procédé donnait d'excellents résultats, et je trouve dans les papiers de M. Aimé Girard la note suivante :

« M. Bouery, négociant, importateur à Dubreka (Guinée française), a emporté une baratte Savary (décembre 1895). Il y a logé du lait frais de liane (*Landolphia*) maintenu entre 40° et 45°. Le lait a été coagulé après quelques tours de baratte; la masse pressée était blanche; M. Bouery a recommencé plusieurs fois en différents endroits. Très bon produit. Aucun déchet. »

(1) *Bulletin technologique de la Société des anciens Élèves des écoles d'Arts et Métiers*, 1891, p. 667 et *Comptes rendus du Congrès des Sociétés savantes*, 1895, p. 118.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

LA CONSTITUTION DES CIMENTS HYDRAULIQUES, D'APRÈS **Spencer B. Newberry et W. B. Newberry** (*Journal of the Society of Chemical Industry*, 1897, p. 887) (1), PAR **M. R. Feret**, CHEF DU LABORATOIRE DES PONTS ET CHAUSSÉES A BOULOGNE-SUR-MER.

La méthode qui se présente naturellement à l'esprit quand il s'agit de déterminer expérimentalement le rôle des divers éléments chimiques entrant dans la composition des ciments, consiste à former synthétiquement, avec des matières pures, des mélanges simples présentant rigoureusement les compositions qu'on veut étudier, et à comparer les propriétés des produits résultant de la cuisson de ces mélanges. Malheureusement, il est difficile d'obtenir dans les laboratoires des chaleurs pareilles à celle des fours à portland. C'est ce qui explique le peu de résultats obtenus jusqu'à présent dans cette voie, malgré l'intérêt capital de pareilles recherches.

Il faut faire toutefois une exception en faveur des travaux de M. H. Le Chatelier (*Annales des Mines*, 1887) qui ont fait époque et fourni les données les plus positives qu'on possède encore sur la question. Ce savant a montré notamment que le principal facteur du durcissement des ciments était le silicate tricalcique $3CaO, SiO^2$, et qu'un autre élément important devait être l'aluminate $3CaO. Al^2O^3$. Il a conclu que, dans un bon ciment, la proportion de chaux et de magnésie ne pouvait être inférieure au minimum correspondant à l'égalité :

$$\frac{CaO + MgO}{SiO^2 + Al^2O^3} = 3,$$

ni supérieur au maximum fourni par la formule

$$\frac{CaO + MgO}{SiO^2 + Al^2O^3 + Fe^2O^3} = 3,$$

les symboles chimiques représentant, dans ces rapports, des nombres d'équivalents et non des poids.

Prenant ces travaux comme point de départ, MM. Spencer B. Newberry et W. B. Newberry ont entrepris, de l'autre côté de l'Atlantique, une nombreuse série d'expériences du même genre dont les résultats, publiés récemment, présentent le plus grand intérêt.

Pour la préparation de leurs ciments synthétiques, ces auteurs se sont attachés à n'employer que des substances d'une grande pureté, amenées à un degré de finesse tel que toute la matière passât à travers un tamis de 4 900 mailles par centimètre carré, puis mélangés avec soin de manière à former toujours des ensembles aussi homogènes que possible, pétries en pains avec un peu d'eau, séchées et divisées en menus fragments, qu'ils empilaient dans le four en les soumettant à l'action directe de la flamme.

Ils se sont servis, pour la cuisson, d'un four à gaz de Flechter, chauffé à la vapeur de gazoline et permettant d'obtenir la température du blanc éblouissant. Des chemises faites avec une composition à base de ciment empêchaient que la charge fût souillée par la corrosion du four. La quantité de matière traitée chaque fois a été d'environ 300 grammes.

(1) Une traduction française de ce mémoire a été publiée par le *Moniteur scientifique* du Dr Quesneville, numéro de juin 1898, p. 423.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les produits, débarrassés des parties moins bien cuites, ont été soumis, après gâchage, à des essais à froid sur plaque de verre, à des essais à chaud dans la vapeur à 98° après durcissement d'une nuit à froid, et aussi, le plus souvent, à un essai de résistance à la traction destiné simplement à montrer si les mélanges artificiels donnaient des ciments susceptibles d'être comparés avec avantage à ceux du commerce.

Les auteurs déclarent que les résultats qu'ils ont obtenus ont été d'une netteté remarquable et leur ont permis de déterminer à 1 p. 100 près la proportion limite de chaux entrant en combinaison sans donner naissance à des dilatations ou à des fendillements.

Un premier groupe d'expériences a eu pour but de fixer la quantité maximum de chaux qu'on pouvait combiner à la silice d'une part et à l'alumine de l'autre pour avoir des produits stables. Ayant combiné successivement les matières dans les proportions de 1 molécule de silice pour 2, 2,5, 3 et 3,5 molécules de chaux, puis de 1 molécule d'alumine pour 2, 2,5 et 3 molécules de chaux, MM. Newberry ont constaté que les composés les plus basiques supportant avec succès à la fois l'essai à froid et l'essai à chaud étaient le silicate tricalcique et l'aluminate dicalcique.

Le premier de ces composés présente une constance de volume presque parfaite et durcit bien, quoique lentement. Avec 3,5 molécules de chaux pour 1 molécule de silice, le produit n'est pas sain et se fissure dans l'eau.

Le second prend vite, durcit bien et offre une grande constance de volume. Avec 2,5 molécules de chaux pour 1 molécule d'alumine, le produit n'est pas sain.

Il résulte de ces observations que la formule générale des ciments peut s'écrire :

$$X\,(3\,CaO,\,SiO^2) + Y\,(2\,CaO,\,Al^2O^3),$$

X et Y étant des variables dont les valeurs respectives dépendent des proportions de silice et d'alumine contenues dans l'argile employée.

On en déduit que, dans un ciment normal, le poids maximum de la chaux doit être égal à 2,8 fois celui de la silice, plus 1,1 fois celui de l'alumine; ou encore, que le poids limite du carbonate de chaux dans la matière crue doit être de 5 fois le poids de la silice plus 2 fois celui de l'alumine, étant supposé, nécessairement, que les matières premières soient très finement broyées et que le mélange soit parfait.

On remarque que la formule ne diffère de celle à laquelle conduisent les travaux de M. Le Chatelier que par le nombre de molécules de chaux combinées à 1 molécule d'alumine, ce nombre limite étant 3 pour M. Le Chatelier et seulement 2 pour MM. Newberry. La différence est insignifiante pour les ciments peu alumineux, mais peut devenir très appréciable quand la proportion d'alumine augmente. Deux séries d'expériences, faites sur des ciments synthétiques contenant respectivement 2, 4, 7 et 12 p. 100 d'alumine, et pour lesquels les proportions de silice et de chaux avaient été calculées de manière à satisfaire à l'une ou à l'autre des deux formules, ont montré que, tandis que les quatre ciments répondant à la formule

$$X\,(3\,CaO,\,SiO^2) + Y\,(2\,CaO,\,Al^2O^3),$$

ont bien durci et n'ont pas gonflé, ceux fournis par la formule

$$X\,(3\,CaO,\,SiO^2) + Y\,(3\,CaO,\,Al^2O^3),$$

quoique présentant une composition peu différente des premiers, contenaient une proportion de chaux trop forte, qui les a empêchés de satisfaire à l'essai à chaud. Ils

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ont, par contre, donné les meilleurs résultats aux essais de rupture en pâte pure, après durcissement à l'eau froide pendant vingt-huit jours.

Étudiant ensuite le rôle de l'oxyde de fer, les auteurs ont constaté que le composé $2\,CaO, Fe^2O^3$ ne faisait pas prise à froid, mais durcissait rapidement dans la vapeur à 98°. Le mélange

$$3\,CaO, SiO^2 + 2\,CaO, Fe^2O^3$$

et divers ciments préparés conformément aux formules

$$(3\,CaO, SiO^2) + Y\,(2\,CaO, Al^2O^3) + Z\,(Fe^2O^3)$$

et

$$(3\,CaO, SiO^2) + Y\,(2\,CaO, Al^2O^3) + Z\,(2\,CaO, Fe^2O^3)$$

se sont également bien comportés dans les essais. Les auteurs en concluent que l'oxyde de fer et l'alumine semblent agir d'une manière analogue et favoriser la combinaison de la silice et de la chaux. Toutefois, vu la faible proportion de fer contenue dans les argiles ordinaires, ils pensent que, pratiquement, on peut négliger sans inconvénient cet élément dans le calcul de la quantité de chaux à ajouter.

Passant aux alcalis, ils considèrent leur rôle comme peu important; des essais faits en vue de former des composés de silicate tricalcique et de soude ou de silicate de soude ont d'ailleurs donné des ciments se boursouflant et se fissurant sous l'eau.

Enfin l'influence de la magnésie a été étudiée dans une dernière série de recherches. Après avoir vérifié que la magnésie pure, calcinée à une haute température, était hydraulique mais subissait d'importants changements de volume après la prise, les auteurs ont formé diverses combinaisons de magnésie pure avec la silice pure et avec l'alumine pure et constaté qu'aucune ne faisait prise. Néanmoins, quand on la calcine avec l'argile, la magnésie jouit, quoique à un bien moindre degré que la chaux, de la propriété de rendre soluble une partie de la silice contenue. En somme, il semble qu'il n'y ait pas lieu de tenir compte de la magnésie dans le calcul du dosage, mais que, pourtant, une proportion trop forte de cette matière pourrait être dangereuse.

Tels sont, dans leurs grandes lignes, les résultats des expériences de MM. Newberry, résultats qui, s'ils étaient confirmés par la pratique, seraient d'une importance considérable. Malheureusement, le four employé n'a permis d'opérer que sur des quantités de matière trop faibles pour que les produits aient pu être soumis à des expériences bien complètes et bien concluantes. En particulier, on n'a pas étudié ces ciments au point de vue de leur inaltérabilité dans l'eau de mer, qui reste toujours la pierre d'achoppement en pareille matière. D'autre part, nous avons dit, au début de cet article, combien il était difficile de réaliser au laboratoire des conditions de cuisson comparables à celles de la pratique, quand on songe que, dans un même four industriel, une même matière peut donner un ciment excellent ou détestable suivant la manière dont la cuisson a été conduite (1). *A fortiori*, doit-on se demander d'abord

(1) Si la cuisson est trop faible, la chaux ne se combine que partiellement à la silice et il reste dans le ciment de la chaux libre, qui ne s'éteint que très lentement, ou des sels de chaux jouissant de propriétés analogues, et dont la présence rend l'emploi du ciment très dangereux. Si, au contraire, la cuisson est poussée trop loin, il tend à se produire des composés complètement inertes au détriment des éléments actifs du ciment. Nous l'avons vérifié notamment en cuisant au four électrique un calcaire présentant la composition ordinaire des portlands du Boulonnais : le résultat a été une sorte de scorie noire et spongieuse, présentant bien la composition chimique normale du ciment, mais qui, pulvérisée et réduite en pâte avec de l'eau, n'a pas fait prise.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

si les ciments d'expérience ont toujours été cuits dans les conditions les plus favorables au parfait développement de leurs qualités, puis, en admettant que cela ait été, s'il serait possible de reproduire des conditions analogues dans la cuisson en grand.

Seuls, des essais industriels pourront donner le dernier mot de ces questions ; mais de pareilles expériences sont longues, coûteuses et encombrantes, et les directeurs d'usines, les seuls qui pourraient les entreprendre, n'en ont généralement ni le temps ni le désir. Au moins, faudrait-il que le terrain fût déjà suffisamment déblayé pour qu'il ne restât plus à faire, par cette voie, qu'un très petit nombre d'essais, en vue de trancher définitivement les principaux points mis en lumière par des recherches préparatoires faites sur une échelle plus réduite.

Dans ce but, il est indispensable qu'on possède un four capable de cuire environ 100 kilogrammes de ciment dans des conditions variables suivant la volonté de l'opérateur, problème qui, à notre connaissance, n'a pu encore être résolu d'une manière satisfaisante. Un certain nombre d'usines à ciment ont construit de petits fours d'essai, copiés sur leurs fours de fabrication, mais dans lesquels la cuisson a toujours laissé à désirer. Le refroidissement est, en effet, plus considérable et plus rapide, en raison de la masse beaucoup moindre des matières chauffées, et la durée de combustion ne peut être maintenue la même que dans les grands fours que grâce à un grand excès de combustible, dont les matières fixes souillent le ciment.

Le four à huiles lourdes de H. Sainte-Claire Deville est celui qui a donné jusqu'ici les meilleurs résultats pour les essais d'usine, mais il a encore l'inconvénient d'être de dimensions insuffisantes et surtout de se prêter difficilement à la réalisation d'atmosphères définies.

En résumé, les conditions réalisées par un pareil four devraient être :

Capacité : 100 kilogrammes de ciment cuit ;

Température réglable à 100° près, pouvant être poussée jusqu'à 1 000° au moins et être maintenue à volonté ;

Atmosphère réductrice ou oxydante à volonté ;

Charge suffisamment protégée contre les altérations pouvant provenir tant de parois du four que des résidus du combustible.

L'INDUSTRIE DU NAPHTE EN GALICIE, d'après M. PANTUKOFF, par **M. Kouindjy.**

Les *Zapisky* de cette année publient un intéressant article de M. Pantukhoff sur l'industrie du naphte en Galicie d'après les recherches de l'auteur, faites sur place. L'industrie du naphte occupe en Galicie un territoire de 220 milles en longueur et de 40 à 60 milles en largeur, s'étendant du nord-ouest au sud-est suivant le long des monts Carpathes. Ce territoire doit être divisé en trois circonscriptions : 1° la circonscription de Stanislavoff dans l'est de la Galicie ; 2° la circonscription de Dragobhytch, dans le centre de la Galicie, et 3° la circonscription de Iassbo dans l'ouest de la Galicie.

Les premières sources de naphte de la Galicie furent découvertes en 1860, dans la circonscription de l'est : en Kolomée, en Pétchiniéjy et dans les environs du village de Roungoursk. Deux ans après, furent découvertes les sources du centre : dans les environs des villes de Borislaw et Dragobhytch. Ces sources sont riches en naphte paraffiné.

Récemment, le centre de l'industrie du naphte galicien a été transporté des circon-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

scriptions précédentes à l'ouest, dans les environs des villes de Mariampole, de Krèsno et d'Oustichyki, de sorte, qu'en 1895, cette circonscription occupait déjà 2 419 ouvriers, alors que le nombre des ouvriers du centre n'atteignait que 1 701 et celui de l'est 203. Le nombre de metercentners de naphte extraits pendant cette période atteignait, pour la circonscription de Iassba, 867 000 soit 86 700 000 kilogrammes; pour celle de Dragobhytsch, 942 000 ou 94 200 000 kilogrammes, et pour Stamslavoff, 86 000 ou 8 600 000 kilogrammes.

C'est dans la circonscription du centre que se trouve la fameuse source Jacob, qui donna en 1895, en cinq mois plus, de 170 000 metercentners, c'est-à-dire 17 millions de kilogrammes de naphte brut. Ce centre à lui seul fournit, l'année dernière, la moitié du naphte exploité en Galicie. A présent, cette source donne beaucoup moins, ce qui a fait transporter le centre de l'industrie du naphte de Galicie a l'ouest du pays.

De 1 100 bures mises en activité en 1895, 701 se trouvaient dans l'ouest. Il y avait en Galicie 706 puits, dont 13 seulement ou 1,89 p. 100 assez profondes, 82 puits en activité (11,62 p. 100), et 611 (86,54 p. 100) abandonnés. Il y avait aussi 1 895 bures, dont 189 (9,97 p. 100) exploitées à la main, 911 (48,08 p. 100) à la vapeur et 586 (30,92 p. 100) abandonnés. Par conséquent, plus d'un tiers de bures sont exploitées à la main. On y employait 35 perforatrices à la main et 117 à vapeur, d'une puissance de 3 243 chevaux. Pour extraire le naphte, on emploie 200 pompes à main et 117 à vapeur. Les chaudières sont chauffées par du charbon de Prusse ou au gaz naturel. Ce dernier est utilisé également pour l'éclairage. La plus profonde bure atteint 711 mètres. Le tableau suivant montre l'augmentation de l'industrie du naphte de 1886 à 1896.

Année.	Metercentner (100 kilos).	Valeur en gouldens de 2 fr. 45.	Valeur de 100 kilos sur place en gouldens.
1886.	425 387	1 681 207	3,90
1887.	478 176	1 700 574	3,56
1888.	648 824	2 116 425	3,26
1889.	716 595	2 483 408	3,47
1890.	916 504	3 282 843	3,58
1891.	877 174	3 103 401	3,57
1892.	898 713	3 742 724	3,05
1893.	1 200 000	3 744 000	3,12
1894.	1 320 000	3 828 000	2,90
1895.	2 148 090	4 725 000	2,20
1896.	3 397 650	6 455 535	1,90

Pour protéger l'industrie locale du naphte, le Gouvernement autrichien impose un droit de 10 gouldens par metercentner de pétrole rectifié introduit, 2,40 gouldens par metercentner de naphte brut et 6,5 gouldens par metercentner des produits du naphte, dont la densité varie entre 0,770 et 0,881.

La consommation du pétrole en Autriche-Hongrie atteint le chiffre de 2 100 000 metercentners, dont 1 955 000 de production locale. Cette quantité de pétrole est tirée de 9 760 000 metercentners de naphte brut, avec un rendement de 60 p. 100 en moyenne.

Le naphte de Skhodnitz soumis à une distillation lente donne de 50 à 55 p. 100 de pétrole, et même 65 p. 100, si l'on compte comme pétrole le *brenbares oel*, qui n'est qu'un mélange de benzine et d'huile de solor.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le prix de revient par metercentner rendu à Vienne est de 16,5 gouldens en prenant comme rendement 50 p. 100, à savoir :

	Gouldens.
2 metercentner de naphte brut	6,5
Impôts	6,5
Fût	2,4
Transport	1,6
Total	16,5

C'est en même temps le prix de vente du metercentner de pétrole sur le marché de Vienne. Comme bénéfice, il reste au fabricant la benzine et les résidus lourds de la distillation. Le distillat russe, rendu à Vienne, revient à 7,4 gouldens par metercentner, ce qui explique son importation relativement considérable en Autriche.

Le naphte brut de Galicie a généralement une coloration brune. Le naphte du village de Klentschany fait exception, il est jaune rougeâtre et coûte, par conséquent, plus cher. Le naphte de Siary, de Rappy, de Rospoutsy, de Klevy et de Stajawy se rapproche de ce dernier par la coloration, intermédiaire entre le brun-clair et le jaune rougeâtre. Le naphte brut de Galicie possède une odeur supportable.

D'après Strippelmann, la densité du naphte de la circonscription de l'est varie entre 0,750 et 0,950; celle du naphte de l'ouest, entre 0,778 et 0,920. D'après Redwood, la densité du naphte de l'est de la Galicie est de 0,830 à 0,868; celle du naphte du centre de 0,855 à 0,844 et celle de l'Ouest de 0,846 à 0,859, de sorte que la densité du naphte galicien varie en moyenne entre 0,750 et 0,930.

Le naphte galicien se trouve habituellement dans les couches éocènes et oligocènes, ainsi que dans les couches argileuses de miocène. Le tableau suivant donne la situation géologique des différentes espèces du naphte de la Galicie, avec leurs densités correspondantes et leurs colorations à état brut.

LOCALITÉ.	FORMATION GÉOLOGIQUE.	COULEUR.	DENSITÉ.
Roppa	En craie (60 m.).	Brune rougeâtre.	0,800
—	— (63 m.).	Rouge brunâtre.	0,808
—	—	Brune rougeâtre.	0,853
Libouchá	Éocène (137 m.).	Noire verdâtre.	0,737
—	En craie (140 m.).	—	0,842
Starounyá	Miocène (36 m.).	—	0,845
Lipinki	Éocène (111 m.).	Brune foncée.	0,849
Siarhy	— (123 m.).	—	0,853
—	— (132 m.).	Brune verdâtre.	0,850
Mentsina	— (230 m.).	—	0,853
Kléntchanhy	— (57 m.).	Verte foncée.	0,870
—	En craie (180 m.).	Rouge jaune.	0,779
Kihigg	Éocène (170 m.)	Brune foncée.	0,876
Kharklowá	— (111 m.).	—	0,892
—	— (113 m.).	—	0,898
Ssenkowa	— (113 m.).	Noire verdâtre.	0,837

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La composition chimique de ces naphtes est, en moyenne, la suivante :

Naphte de :	Densité.	C.	H.	O.	Eau évaporée.	Puissance calorifique.
L'est de la Galicie.	0,870	82,2	12,1	5,7	14,23	10085
L'ouest de la Galicie. . . .	0,885	85,3	12,6	2,1	14,79	10231
Balakhan.	0,882	87,4	12,5	0,1	14,40	11460
L'ouest de la Virginie. . .	0,873	83,5	13,3	3,2	»	10140
Pensylvanie	0,816	82	14,8	3.2	»	9963

Nous donnons ci-dessous les résultats de la distillation de différents naphtes de Galicie :

LOCALITÉ.	PROFONDEUR.	DENSITÉ.	JUSQU'A 150°.	JUSQU'A 300°.	AU-DESSUS de 300°.	COKE et pertes.
	mètres		p. 100	p. 100	p. 100	
Roppa.	»	0,853	11,40	39,80	46,50	2,30
Voytowá.	114	0,820	12,40	43,60	41,50	2,50
Libouchá.	140	0,842	13,30	32,80	49,40	4,00
Starouniá.	36	0,845	10,90	34,90	50,90	3,30
Pagojine.	188	0,847	20,00	31,20	43,30	5,50
Lipinki.	111	0,849	9,80	45,50	40,60	4,20
Siarhy.	132	0,850	20,90	30,30	44,00	4,80
—	123	0,853	11,30	31,90	52,30	4,50
Mentsiná.	230	0,853	19,60	33,10	42,90	4,40
Klentehauhy. . . .	57	0,870	3,40	38,60	54,50	3,50
Krhygg.	170	0,876	8,00	32,60	53,20	6,20
Kharklowá.	113	0,898	6,70	28,20	58,20	6,00

Il résulte de la table précédente que le naphte de Galicie contient de la paraffine, des naphtènes et des phénols. On y trouve des pentanes et des isopentanes, des hexanes et des isohexanes, des heptanes, des octanes et des décanes. Par conséquent, par sa teneur en naphtènes, le naphte de Galicie prend place entre le naphte américain et le naphte russe.

Tous les efforts des industriels de la Galicie ont pour objet d'extraire du naphte brut le plus possible de pétrole et de ses fractionnements. Ils emploient pour cela de hautes chaudières verticales et des rectificateurs de 2 mètres de hauteur. Le rectificateur, placé au voisinage de l'appareil à distillation, est muni de deux tubes, l'un à sa partie supérieure et l'autre à sa base. Pour obtenir un plus grand nombre de fractions, il suffit de fermer le tube inférieur. La distillation se produit d'une façon périodique et par la vapeur surchauffée. Dans l'usine de Gartenberg, Lauterbach, Goldhammer et Wagmon, à Drogobhitch, cette distillation s'opère au moyen de douze chaudières, de 45 metercentners chacune. La distillation est poussée jusqu'au blanol (33 à 35° B.) qui est ensuite redistillé jusqu'à ce qu'il donne le staulort n° 2 et la benzine. Le mazout est vendu sans être traité. On chauffe les appareils à distiller

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

avec du bois et les chaudières avec le mazout. Le goudron acide est livré aux fabriques de phosphate.

Les plus grandes usines à pétrole de Galicie se trouvent à Dzieditz, Mariampole et Petchenijeny. Les deux premières emploient depuis l'année dernière la distillation continue. Dans l'usine de Mariampole, où la production annuelle du pétrole atteint le chiffre de un million de metercentners, les appareils à distiller sont du système de Groling et d'Estlander, Les appareils de Groling permettent d'utiliser toute la chaleur des fractions éliminées pour chauffer le naphte brut non distillé, ce qui permet d'obtenir la benzine en premier lieu.

Comme l'appareil destiné à surchauffer la vapeur est placé dans le distillateur même, la vapeur peut être portée à 20° de plus. Les chaudières ont 9 mètres et demi de long et $3^m,8$ de diamètre. Toutes les fractions entre 0,750 et 0,880 sont considérées comme pétrole. Le reste est soumis à une nouvelle distillation et donne 10 p. 100 de benzine, 10 p. 100 de pétrole, 30 p. 100 d'huile mercantin et 50 p. 100 d'huile minérale de graissage.

Les types de pétrole du commerce sont : le pétrole *salon oel*, de densité 0,800 à 0,805 et de température d'explosion variant de 25° à 28°; le *standart oel*, avec une densité de 0,805 à 0,815 et une température d'explosion de 21° à 23°, et le mercantin ou *brenbores oel*, dont la densité varie entre 0,820 et 0,830 et le point d'inflammation de 3° à 5°. Le plus répandu est le pétrole *standart;* le meilleur marché est le mercantin, qui n'est autre chose qu'un mélange de benzine et d'huile de solor.

Il existe une seule sorte d'huile minérale à graisser, divisée en sept marques, du n° 0 au n° 6, avec des viscosités variant de 4,4 à 30, des températures d'inflammation de 137° à 200°, et des densités qui vont de 0,833, 5 jusqu'à 0,915.

La production de la paraffine constitue une branche très importante de l'industrie du naphte en Galicie. D'après Krafft, la composition de la paraffine de Galicie à point de fusion de 30° à 35° et à densité de 0,7798 à 35° serait la suivante.

HYDROCARBURES.	FORMULE.	POINT de fusion *t*.	POINT d'ébullition sous 15 mm. de pression.	DENSITÉ au point de fusion.	C.	H.
			Degrés.		P. 100.	P. 100.
Heptodecane	$C^{17}H^{36}$	22,2-22,4°	169 à 170	0,7768	84,87	15,3
Octodecane.	$C^{18}H^{38}$	27,7-27,9°	181 à 182	0,7766	84,95	15,09
Nonedecane.	$C^{19}H^{40}$	31,8-32,1°	193	0,7776	85,00	14,95
Eykosane.	$C^{20}H^{42}$	36,6-36,7°	205	0,7777	85,07	15,04
Eneykosane.	$C^{21}H^{44}$	40,1-40,4°	215	0,7784	85,06	14,95
Dokosane.	$C^{22}H^{46}$	43,8-44,2°	224 à 225	0,7782	85,27	15,03
Trikosane.	$C^{23}H^{48}$	47,6-47,8°	234	0,7786	85,12	14,92

On obtient la paraffine en Galicie par deux procédés : par la distillation d'ozokérite ou par la distillation du *paraffinschuppen*, tiré des résidus de naphte. L'ozokérite a une température de fusion égale 65°; elle est transparente et peu souple. Son prix est deux fois plus élevé que celui de la paraffine tirée des résidus du naphte et dont le point de fusion varie de 40° à 45°.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Sauerlaudt donne, pour les densités des paraffines de Galicie, les chiffres suivants :

Points de fusion.	Densités.
56°	0,912
61°	0,922
67°	0,927
72°	0,935
76°	0,939
82°	0,943

D'après Beilby, la densité de la paraffine fusible à 21° est de 0,874; celle de la paraffine fusible à 38°, de 0,783, et celle de la paraffine soluble dans l'huile à 21°, de 0, 7956.

En général, le point de fusion des paraffines de différentes provenances oscille entre les limites les plus diverses. On peut accepter, comme moyenne, la température de 46° à 48° pour la paraffine de naphte et 65° pour celle de l'ozokérite. D'après le professeur Zalosétsky, la moyenne des températures de fusion de la paraffine serait de 50°. Ce qui distingue la paraffine de l'ozokérite, c'est sa cristallisation. Elle cristallise : 1° en lamelles rondes très fines; 2° en aiguilles formées par les feuillets enroulés, et 3° en grains, formés par des dodécaèdres pentagonaux.

Lorsqu'on dissout la paraffine, on constate, d'après Hofstadter, que les aiguilles se dissolvent les premières, les grains ensuite, et enfin les feuillets. Ces derniers brillent et forment, en se superposant, la masse principale de différentes paraffines.

D'après l'auteur, la paraffine obtenue par la distillation des résidus du naphte diffère complètement de celle qu'on extrait de l'ozokérite. Les uns supposent que la paraffine se produit pendant la distillation des résidus; les autres croient que la paraffine se trouve dans le naphte même à l'état amorphe.

Zalozetsky distingue la paraffine obtenue par la distillation du naphte de celle qui s'y trouve à l'état cristallisé. Il appelle cette dernière *la protoparaffine*, et celle qu'on obtient par la distillation *la pyroparaffine*. Voici comment procède cet auteur pour séparer la protoparaffine de l'ozokérite et du naphte. Au moyen de plusieurs précipitations successives et de dissolutions de l'ozokérite dans l'alcool amylique, le professeur Zalozetsky obtient une substance absolument identique à la paraffine. Le point de fusion de l'ozokérite ainsi traité s'élève de 4°; d'où il résulte que, outre la paraffine ordinaire, l'ozokérite contient une paraffine particulière, dont la présence empêche la cristallisation de la première, et, pour que cette cristallisation se produise, il suffit d'éliminer la seconde. Zalozetsky suppose que la protoparaffine se compose des isohydrocarbures, tandis que la pyroparaffine est formée par les hydrocarbures normaux, possédant une plus grande stabilité.

Il résulte des expériences de ce dernier auteur que la paraffine se forme pendant la distillation des substances colorées d'asphalte et de résine.

Jusqu'à présent, on possède peu de notions sur la paraffine dérivée des substances résineuses. Est-elle d'une composition analogue à celle des cétones, des éthers ou des phénols? La seule chose qui reste acquise, c'est qu'elle contient de l'oxygène. Péroutz a obtenu la paraffine par la simple distillation de la résine. Bolègue l'a obtenue soit en distillant les huiles minérales russes, soit en les soumettant à l'action d'un jet d'air, soit en les mélangeant avec des oxydants.

Lors de la distillation, il se produit, en même temps que la paraffine, une dégra-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dation des composés plus élevée en composés inférieurs, des oleffines, de sorte que le processus de la distillation peut être réduit aux phases suivantes : 1° distillation des hydrocarbures normaux, solides ou liquides, sans ou avec décomposition partielle; 2° décomposition des composés oxydés ou soufrés en H^2O, CO, CO^2 et paraffine, et 3° décomposition des hydrocarbures plus élevés en hydrocarbures inférieurs. La combinaison de ces trois phases ne permet pas, malheureusement, de prévoir quels seront les produits de la distillation.

De tout ce qui précède, on peut conclure que la pyroparaffine provient de la distillation d'un naphte riche en substances résineuses. Lorsque ces dernières sont éliminées du naphte ou ne s'y trouvent point, la pyroparaffine ne se produit plus. Par exemple, le naphte du district de Kléntchan ne fournit que la protoparaffine et ne donne pas la pyroparaffine, même après plusieurs distillations successives.

Pour déterminer la teneur du naphte en paraffine, on utilise la propriété de cette dernière de se cristalliser lorsqu'on abaisse la température de la distillation; et, plus la température est abaissée, plus cette détermination est exacte. Le procédé du professeur Zalozetsky pour déterminer la proportion de paraffine dans le naphte est le suivant. Un poids donné de naphte est dissous dans cinq ou dix fois son poids d'alcool amylique; on y ajoute une quantité égale d'alcool éthylique à 75°; le tout, bien mélangé, est versé dans un vase entouré de glace fondue, qu'on laisse le plus longtemps possible dans la glace : les extraits du naphte pendant cinq ou six heures et le naphte brut pendant douze heures. Ce procédé est rendu difficile par l'instabilité du rapport entre les quantités de deux alcools et par le choix de l'alcool éthylique correspondant. De plus, ce procédé ne peut être employé que pour les paraffines dont le point de fusion ne dépasse pas 56° et la densité 0,806 à 20°.

Pour faciliter les recherches, Zolozetsky a établi une table des solubilités correspondantes :

1	partie de paraffine	se dissout	à 14-18°	dans	450000	parties d'alcool	éthylique à 75°
1	—	—	16-18°	—	370	—	amylique
1	—	—	2-4°	—	1060	—	—
1	—	—	16-18°	—	12000	parties du mélange des alcools éthylique et amylique en parties égales, l'alcool éthylique étant à 75°.	
1	—	—	2-4°	dans	42500	parties du mélange précédent.	

Pour mieux réussir dans la détermination de la paraffine du naphte de Galicie, il faut se tenir aux conditions suivantes : les alcools amylique et éthylique doivent être pris en quantités absolument égales; la quantité de naphte soumis à la réaction doit être au moins la cinquième partie de l'alcool amylique; l'alcool éthylique doit être à 75°, autrement on risquerait d'avoir des gouttelettes d'huile non dissoutes. La température de refroidissement ne doit pas aller au-dessus de 4° et le temps de la réaction ne doit pas dépasser quatre à cinq heures

M. Pantukhoff appliqua ce procédé pour déterminer la proportion de paraffine dans le goudron de naphte de Romaninsk. Il prit 6 à 8 grammes de goudron, qu'il distilla jusqu'au coke dans un tube de 8 à 10 centimètres de diamètre, fermé à l'une de ses extrémités. Ce moyen lui permit d'obtenir 75 à 80 p. 100 de produits distillés. Il fit dissoudre ensuite ces derniers dans dix fois leur poids d'alcool amylique à la température du milieu ambiant. Parfois, il fut obligé de chauffer légèrement de temps à autre le mélange pour activer la dissolution du goudron. Comme le naphte russe

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

contient plus de résine que le naphte de la Galicie, on est obligé d'employer un alcool éthylique plus fort que pour ce dernier; l'auteur s'arrêta à l'alcool de 87° à 90°. La température de refroidissement varia de — 2° à 0°. Les recherches faites par cet auteur ont donné les résultats suivants :

Avec 10 volumes d'alcool éthylique	et	10	vol.	d'alcool	amylique	14,3 p. 100 de paraffine, avec une température de fusion de 30 à 35°.
Avec 7,5	—	—	10	—	—	4,9 p. 100 de paraffine, avec une température de fusion de 35 à 40°.
Avec 5	—	—	10	—	—	2,1 p. 100 de paraffine, avec une température de fusion de 45 à 50°.

On lava le précipité, d'abord par la solution filtrée, ensuite par l'alcool éthylique à 750.

Pour traiter le naphte brut de Galicie, l'auteur employa 50 p. 100 d'acide sulfurique à 95°, en neutralisant ensuite par la soude caustique. Pour éliminer les résines déposées sur le filtre en même temps que la paraffine, M. Pantukhoff attaqua le précipité par l'acide sulfurique fumant, le neutralisa ensuite, élimina la benzine, etc.

Le procédé d'Engler, perfectionné par Holdé, permet de faire des recherches de beaucoup plus précises. Il consiste en ceci : on dissout une certaine quantité de naphte dans l'éther, où l'on fait la précipitation par l'alcool à 98°,5 à — 18° ou — 20°. Cette basse température est entretenue pendant tout le temps des recherches, ce qui présente un inconvénient et un avantage. Pour les huiles paraffinées pauvres, qui figent à 5°, on prend comme échantillon 10 à 20 centimètres cubes; pour celles qui figent à 0°, on peut descendre jusqu'à 5 grammes. On dissout cette quantité d'huile dans un mélange d'éther et de 98,5 p. 100 d'alcool mis dans une cornue, et à la température ambiante. On soumet ensuite le mélange à une température de — 18° ou — 20°. On ajoute le dissolvant, en agitant le mélange jusqu'à ce qu'il ne reste plus d'huile dans la cornue et que la paraffine surnage à la surface du mélange. On verse alors le tout sur un filtre, sans laisser le mélange se refroidir. On lave le précipité par un mélange d'éther et d'alcool également refroidis. Lorsqu'on veut déterminer la proportion de la paraffine dure, on peut laisser la température descendre jusqu'à — 12°; dans le cas de paraffines molles, il faut abaisser la température jusqu'à — 15°. Pour juger de la perfection du lavage, on évapore de temps en temps dans un verre à montre 5 ou 10 centimètres cubes du liquide qui traverse le filtre, et, s'il ne se produit plus de résidus huileux, la réaction doit être considérée comme terminée. Si on suppose que la paraffine renferme encore des huiles, on la redissout dans l'éther, et on traite la solution comme précédemment.

La paraffine précipitée est lavée ensuite par du benzol chaud, le résidu est séché à 105°. Ce procédé, qui fournit des données exactes, n'est malheureusement bon que pour les huiles minérales raffinées. Il présente en outre deux autres inconvénients : c'est que la paraffine se dissout dans l'alcool absolu, même à — 18° et — 20°, et que le lavage du précipité ne peut se faire sans perte de paraffine.

Le procédé d'Eisenlohr est basé sur l'emploi d'alcool éthylique à 80° et à — 16°.

Ce procédé fut étudié principalement pour les recherches des paraffines dans les résines des huiles brunes à point de fusion variant de 31°,5 à 10°. On y emploie comme dissolvant l'alcool à 80°, et comme précipitant l'eau. On sèche le précipité dans le vide à 35° ou 40°.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Engler donne les proportions suivantes pour la teneur en paraffine de différents naphtes :

Pour le naphte de	Pensylvanie	2-3 à	0,7	p. 100
—	— Bakou	5 à	0,25	—
—	— Galicie	1 à	11,4	—

(En moyenne 3,5 pour 100.)

On obtient la paraffine, en Galicie, soit par le refroidissement naturel, soit par le refroidissement artificiel. Le premier procédé est employé dans l'usine de la Ersté Galiziche Petroleum Industrie Actien Gesellschaft, à Petschenijé, et dans l'usine de la Karpaten Petroleum Industrie Actien Gesellschaft, à Mariampole. La production de la paraffine constitue même la spécialité de l'usine de Petschenijé'.

On y distille le naphte provenant de l'est et du centre de la Galicie. La distillation se fait à l'aide de la vapeur surchauffée. On distille jusqu'à ce que le résidu devienne égal à 19-20 p. 100. Les produits de la distillation sont versés dans huit récipients de 125 métercentners chacun, divisés par des cloisons en compartiments qui renferment alternativement le distillat et le chlorure de chaux. On laisse les vases et leur contenu tranquilles pendant trois jours et à une température de — 9°. L'huile mélangée avec la paraffine forme un liquide visqueux, épais, qu'on peut passer à travers un filtre horizontal où la paraffine se précipite la première. Le précipité est ensuite mis sous presses hydrauliques. La paraffine ainsi obtenue a un point de fusion de 48° à 49°; c'est à cet état qu'elle est livrée au commerce. L'huile obtenue par la filtration est redistillée et donne du pétrole et les huiles minérales à graisser. L'usine en question traite annuellement de 170 000 à 200 000 metercentners de naphte brut.

A l'usine de Mariampole, la fabrication de la paraffine est l'accessoire. Les résidus du naphte sont traités comme d'ordinaire par l'acide sulfurique et la soude caustique. Le produit raffiné est traité dans des appareils spéciaux à serpentins réfrigérants et agitateurs permettant de maintenir le mélange homogène pendant la réaction. Le produit passe ensuite sous la presse à 4° ou 5°. On obtient ainsi des pains de paraffine qu'on casse en petits morceaux, qu'on dissout ensuite, et qu'on laisse cristalliser. La paraffine cristallisée est soumise à une nouvelle compression à 20° ou 25°. Si on veut obtenir une paraffine absolument blanche, on recristallise le produit précédent dans la benzine en le faisant passer sur du noir animal.

Dans d'autres usines, on utilise le froid de l'hiver. Les usines d'une importance secondaire conservent leurs résidus de naphte obtenus pendant l'été dans des fûts enfouis en terre jusqu'à l'hiver prochain. Lorsque l'hiver arrive, on sort les tonneaux de terre, on verse leur contenu sur des filtres formés d'une étoffe ordinaire, où l'on recueille la paraffine mélangée d'huile. On met cette paraffine dans des sacs, et on les soumet à la presse hydraulique.

A l'usine des Lipinky, le résidu de la distillation est mis dans les réservoirs en fer où l'on recueille la paraffine au fur et à mesure qu'elle surnage à la surface. Cette paraffine est soumise à la presse hydraulique où elle se sépare de l'huile.

La paraffine du naphte s'emploie dans la fabrication des bougies ordinaires ou pour falsifier la paraffine d'ozokérite, la stéarine, etc.

Pour raffiner la paraffine de naphte, on la mélange avec une petite quantité de soude caustique; on ajoute ensuite jusqu'à 25 p. 100 de benzines lourdes, en soumettant le mélange à une distillation lente, pendant trois ou quatre jours, dans un en-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

droit refroidi. On peut également raffiner la paraffine avec l'acide sulfurique (15 p. 100) et la soude caustique (6 p. 100 à 12° B.).

Les paraffines à point de fusion élevé et à cristaux de grandes dimensions sont considérées comme les meilleures.

SUR LA RADIATION DES MANCHONS A INCANDESCENCE. NOTE DE **MM. H. Le Chatelier et O. Boudouard** (1).

Pour expliquer le rendement lumineux élevé des becs Auer, de nombreuses théories ont été proposées, invoquant toutes quelques phénomènes exceptionnels. Nous nous proposons de montrer ici que chacune de ces théories est en contradiction avec l'observation directe des faits et que les lois ordinaires du rayonnement suffisent pour rendre compte du fonctionnement des manchons à incandescence.

La *luminescence*, c'est-à-dire une sorte de fluorescence par laquelle certaines radiations des corps incandescents seraient transformées en radiations de longueur d'onde différente, sert de base à l'explication la plus souvent donnée de l'éclat considérable des manchons aux terres rares. Cette théorie a été formulée la première fois par MM. Nichols et Snow (2) pour expliquer l'incandescence de l'oxyde de zinc; elle suppose que, pour certaines radiations, le pouvoir émissif du corps est supérieur à l'unité. Ces savants se sont contentés de montrer que le pouvoir émissif de l'oxyde de zinc était supérieur à celui du platine; mais, comme celui-ci n'est que de 0,25, la preuve n'est pas concluante. Nous avons étudié le pouvoir émissif des manchons Auer en recouvrant la surface d'un couple thermo-électrique d'une pâte de même nature et en mesurant le rapport de l'intensité de la radiation superficielle à celle du fond de fissures mettant à nu le platine. Les nombres obtenus ainsi sont erronés par excès à cause du défaut de profondeur des fissures qui ne réalisaient pas rigoureusement une enceinte close à température uniforme.

Température. Degrés.	Rouge. $\lambda = 659$.	Vert. $\lambda = 546$.	Bleu. $\lambda = 460$.
1 200.	0,25	0,40	1
1 600.	0,50	0,80	1

Des résultats semblables ont été obtenus en comparant à température égale la radiation des manchons à celle de l'oxyde magnétique de fer qui, au moins dans le rouge et le vert, se comporte comme un corps sensiblement noir.

Le pouvoir émissif des manchons étant, à toute température et pour toute radiation, inférieur à l'unité, il n'y a pas lieu d'admettre l'existence du phénomène spécial de luminescence. On a seulement affaire à un corps dont le pouvoir émissif est différent d'une radiation simple à une autre et varie inégalement avec la température. C'est le cas de tous les corps colorés sans exception, et il n'y a peut-être pas dans la nature un seul corps qui ne soit plus ou moins coloré.

Un *pouvoir émissif* exceptionnel a été indiqué par S. John (3) comme la cause principale du rendement lumineux du manchon. En fait, son pouvoir émissif est inférieur à celui de beaucoup d'autres corps tels que $Fe^3 O^2$, $U^2 O^3$, etc., dont le rendement est au contraire très faible. Ce rendement, d'ailleurs, devrait plutôt varier en raison inverse du pouvoir émissif, comme le montre l'éclat de la chaux et de la magnésie employées pour la lumière oxhydrique. Le

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 27 juin 1896.
(2) *Phil. Mag.* t. XXXIII, p. 19, 1892.
(3) *Wied. Ann.*, t. LVI, p. 433, 1898.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

faible pouvoir émissif de ces corps les oblige à prendre une température plus élevée pour pouvoir diffuser par rayonnement l'énergie qu'ils reçoivent au contact des gaz chauds, et l'on sait que plus la température est élevée, plus la proportion relative des radiations lumineuses devient grande, au moins dans le cas des corps non colorés.

Voici quelques résultats obtenus en plaçant au même point de la flamme d'un brûleur Bunsen la soudure d'un couple, aplatie en un disque de $1^{mm},5$ de diamètre et recouverte de différents oxydes. Les intensités sont exprimées en prenant comme unité la radiation correspondante du platine fondant.

Corps.	Température. Degrés.	Rouge.	Vert.	Bleu.
Platine.	1290	$10^{-2} \times 8,5$	$10^{-2} \times 4$	$10^{-2} \times 1,4$
Oxyde de fer. . . .	1080	1,5	0,48	0,1
Manchon Auer. . .	1380	7,0	12,5	12,5
Oxyde de thorium..	1290	1,45	1,4	0,3
— cérium. .	1110	1,90	0,7	0,15
— d'urane. .	1070	0,30	0,25	0,05
— lanthane.	1250	4	3,1	1,8

On voit que le platine, par exemple, dont le pouvoir émissif est le quart de celui du fer, donne cependant dix fois plus de lumière.

Une *température* extraordinairement élevée du manchon, supérieure à 2000°, serait, d'après M. Bunte (1), la cause principale de son éclat. Cette température résulterait d'une action catalytique des oxydes qui provoquerait la combustion dans les pores mêmes du manchon. Nous avons reconnu qu'en réalité, à une température donnée, l'éclat est le même, que la matière incandescente soit chauffée dans un mélange gazeux en combustion ou dans des fumées chaudes, mais déjà complètement brûlées. Là où les réactions de combustion sont achevées, les actions de présence ne peuvent jouer aucun rôle.

En outre, la température n'est pas exceptionnellement élevée; elle ne diffère pas, aux erreurs expérimentales près, de celle des particules du charbon en suspension dans la flamme ordinaire du gaz, soit en nombres ronds 1650°. Pour déterminer cette température, nous avons comparé l'éclat des filaments d'un bec Auer ordinaire, petit modèle, en service depuis plusieurs mois, avec l'éclat d'une matière semblable placée sur la soudure d'un couple.

L'éclat, en fonction de celui du platine, a été, pour un filament de la partie moyenne de la région brillante d'un bec Auer :

Rouge.	Vert.	Bleu.
$10^{-2} \times 23$	$10^{-2} \times 42$	$10^{-2} \times 41$

L'éclat de la même matière placée sur un couple a été :

Température. Degrés.	Rouge.	Vert.	Bleu.
1100..	$10^{-2} \times 0,23$	$10^{-2} \times 0,17$	$10^{-2} \times 0,13$
1300..	1,9	3,1	2
1500..	14	28	17
1700..	35	78	40

La température du manchon résultant de la comparaison de ces chiffres varie de 1580° à 1710° suivant la radiation utilisée; cet écart donne une idée du degré d'approximation que comportent de semblables expériences,

En résumé, la théorie du bec Auer peut être ainsi formulée : le manchon est composé d'une matière dont le pouvoir émissif, à la température où il fonctionne, est différent pour les diffé-

(1) *Ber.*, XXXI, 5, 1897.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

rentes radiations, c'est donc, au moins à cette température, ce que l'on appelle un *corps coloré*. Son rendement avantageux résulte de ce que son pouvoir émissif très grand, voisin de l'unité pour les radiations bleue, verte et jaune, est moindre pour le rouge, et sans doute beaucoup plus faible encore dans l'infra-rouge. La proportion d'énergie rayonnée sous forme de radiations visibles est par suite très grande; cependant la valeur absolue de l'énergie ainsi rayonnée sous forme lumineuse est moindre que celle qui serait émise par un corps noir pris à la même température. Mais un corps noir semblable, placé dans les mêmes conditions de chauffage et avec une même étendue de surface rayonnante, prendrait seulement une température beaucoup plus basse et n'aurait alors qu'un rendement lumineux très faible.

ABSORPTION DES LIQUIDES PAR LES TEXTILES. — Note de **M. Loé Vigno** (1).

Les textiles doivent être considérés comme des corps solides pour lesquels le rapport de la surface au volume est représenté par un nombre très grand.

En envisageant, en effet, comme des cylindres les filaments élémentaires de coton, de laine, de soie, on a, pour le rapport de la surface au volume,

$$\frac{\text{surface}}{\text{volume}} = \frac{2}{r} + \frac{2}{h},$$

h étant la longueur du filament considéré, r le rayon de la base du cylindre.

Les valeurs moyennes de r, pour les différents textiles sont :

	mm.
Coton	$r = 0{,}010$
Laine	$r = 0{,}017$
Soie	$r = 0{,}015$

Pour des cylindres de hauteur $h = 1$ m, on aura

	Valeur du rapport $\frac{\text{surface}}{\text{volume}}$.
Coton	$\frac{2}{0^{mm},010} + 2 = 200\,002$
Laine	$\frac{2}{0^{mm},017} + 2 = 117\,643$
Soie	$\frac{2}{0^{mm},015} + 2 = 133\,355$

tandis qu'un cylindre de soie, par exemple, de hauteur 1 et de diamètre 1, donnerait, pour la valeur du rapport $\frac{\text{surface}}{\text{volume}}$,

$$\frac{2}{0{,}5} + \frac{2}{1} = 3.$$

Il résulte de là que les textiles, à cause du très grand développement de leur surface par rapport à leur volume absolu, doivent se comporter comme des corps poreux. Ils manifestent en effet, pour les gaz et pour les liquides, un pouvoir absorbant comparable à celui des corps poreux.

J'ai l'honneur de présenter à l'Académie quelques expériences relatives à l'absorption des liquides par les textiles.

Absorption de l'eau et de l'alcool. — Des poids déterminés et différents de textiles ont été immergés à la température ordinaire dans divers liquides, jusqu'à complète imbibition; puis,

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 4 juillet 1898.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ces textiles ont été retirés, égouttés par la simple action de la pesanteur, sans être soumis à aucune pression, et pesés de nouveau. J'ai obtenu les résultats suivants :

		Poids primitifs. gr.	Augmentation de poids après absorption. gr.	Absorption p. 100 de textile.
Eau	Coton	1,000	4,95	495
	—	0,483	2.38	492
	—	3,240	15,93	491
	Laine	1,000	5,61	561
	—	0,500	2,80	558
	—	3,190	17,96	563
	Soie décreusée	1,000	5,71	571
	—	0,555	3,18	572
	—	2,950	16,90	572
Alcool à 93°	Coton	3,0	15,33	511
	—	1,0	5,12	512
	—	0,5	2,53	516
	Laine	3,0	10,05	668
	—	1,0	6,68	668
	—	0,5	3,36	672
	Soie	3,0	20,21	673
	—	1,0	6,72	672
	—	0,5	3,38	676

Les quantités absorbées sont constantes pour chaque textile, quel que soit son poids, à 1 p. 100 près environ.

La soie a le pouvoir absorbant le plus fort, celui de la laine est à peine inférieur à celui de la soie, le coton a un pouvoir absorbant notablement moins fort. L'alcool à 93° est absorbé en quantité plus grande que l'eau.

Il résulte de ces déterminations : 1° que les textiles absorbent les liquides en quantités considérables et proportionnelles à leur poids; 2° qu'il existe, pour chaque textile et chaque liquide, de véritables coefficients d'absorption.

	Absorption p. 100 de textile.		
	Soie décreusée.	Laine.	Coton.
Eau	574	559	497
Alcool à 93°	683	675	514
Benzine	592	571	506
Eau + 10 p. 100 HCl à 22° B	575	592	482
Eau + 10 p. 100 AzH^3 à 20° Bé	586	588	509
Solutions de NaCl : Densité 1,066	613	597	522
— — 1,130	648	630	551
— — 1,200	680	660	580

La soie absorbe plus que la laine; l'absorption du coton est la plus faible.

Les absorptions ne sont pas proportionnelles aux densités, pour des liquides différents. Mais, pour les solutions aqueuses de chlorure de sodium, les poids de liquides absorbés sont sensiblement proportionnels aux densités. On a, en effet :

	Soie décreusée.		Laine.		Coton.	
	Calculé.	Trouvé.	Calculé.	Trouvé.	Calculé.	Trouvé.
Eau	»	574	»	559	»	497
Solutions NaCl : D = 1,066	611	613	595	597	529	522
— D = 1,130	648	648	630	630	561	551
— D = 1,200	688	680	670	660	596	580

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Absorption par la soie décreusée de divers liquides.

Aniline.	781 à 793 p. 100	Huile d'olive.	1 195 p. 100
Nitrobenzine . .	810 à 821 —	Glycérine.	1 611 —

Pouvoir absorbant des éponges pour l'eau.

Éponge fine.	3 225 à 3 249 p. 100
— grossière.	615 à 638 —

Résumé. — Les textiles ont, pour chaque liquide, des pouvoirs absorbants spécifiques. La soie possède le pouvoir absorbant le plus considérable; la laine vient ensuite, avec un pouvoir absorbant presque égal; le coton manifeste un pouvoir absorbant moins fort. Physiquement, les textiles doivent être considérés comme des corps poreux; leur pouvoir absorbant pour l'eau est à peu près égal à celui d'une éponge grossière.

En rapprochant ces résultats de ceux que j'ai obtenus dans l'étude des fonctions chimiques des textiles, on est amené à considérer les textiles comme des corps poreux doués de fonctions chimiques déterminés. Cette définition est utile pour l'étude des phénomènes de teinture et d'impression.

PRÉPARATION ET PROPRIÉTÉS DE L'HYDRURE DE CALCIUM. — Note de **M. Henri Moissan** (1).

Préparation. — Le calcium pur et cristallisé, préparé par le procédé que nous avons indiqué dans une note précédente (2), est disposé dans une nacelle de nickel placée dans un tube de verre que traverse un courant d'hydrogène pur et sec. L'hydrogène est purifié par son passage dans deux tubes de porcelaine portés au rouge et remplis l'un de cuivre et l'autre de bore pur. Il est séché ensuite par de la potasse fondue et de l'acide phosphorique calciné auparavant dans un courant d'oxygène.

A la température ordinaire, le calcium ne réagit pas sur l'hydrogène. Lorsque le tube qui contient la nacelle de nickel a été balayé par un rapide courant d'hydrogène, on scelle l'extrémité de ce tube et l'on maintient l'hydrogène sous une pression de 30 à 40 centimètres d'eau. On élève ensuite lentement la température de la nacelle qui renferme le calcium et lorsque ce dernier atteint le rouge sombre, on le voit prendre feu dans l'atmosphère d'hydrogène. Le gaz est absorbé avec rapidité et l'on obtient, à la place du métal, une substance blanche qui est l'hydrure de calcium.

Si l'on agit sur 1 gramme ou 2 de calcium, cette expérience peut se faire dans un tube de verre, seulement le grand dégagement de chaleur, produit par cette combinaison, permet au métal alcalino-terreux de réduire le verre qui, sur quelques points, se colore en noir par suite de la mise en liberté d'une très petite quantité de silicium. Lorsque la réaction se produit dans des nacelles en nickel, comme nous l'avons indiqué plus haut, il est bon de ne pas opérer sur plus de 5 à 6 grammes à la fois, sans quoi la température s'élève trop et l'on trouve le plus souvent, au contact de la nacelle métallique, un alliage cristallisé de nickel et de calcium. Lorsque l'on veut obtenir un rendement plus élevé de cet hydrure, on peut disposer dans un tube de nickel une suite de nacelles contenant du calcium dans lesquelles la réaction se fait successivement. Le tube métallique est alors disposé sur une grille à analyse de huit becs, et en employant trois nacelles, on peut opérer sur une quinzaine de grammes de calcium.

Si l'hydrogène renferme de l'azote, on constate que l'hydrure prend une teinte d'un jaune gris et qu'il fournit de l'ammoniaque par sa décomposition par l'eau.

Propriétés. — L'hydrure de calcium est une matière blanche, fondue, à cassure cristalline.

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 4 juillet 1898.

(2) H. Moissan, *Préparation du calcium cristallisé* (*Comptes rendus*, t. CXXVI, p. 1753; 20 juin 1898).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Examiné au microscope, il se présente en lamelles minces, transparentes, dont certaines parties sont recouvertes de très petits cristaux. Jusqu'à 600° dans le vide, il ne se dissocie pas sensiblement. Sa densité prise dans l'essence de térébenthine est de 1,7.

On a maintenu, dans l'hydrogène, de l'hydrure de calcium jusqu'à la température de fusion du verre de Bohême : il n'y a pas eu d'absorption de gaz ni décomposition apparente de l'hydrure.

Dans un courant de chlore, l'hydrure de calcium ne s'altère pas visiblement à froid; mais aussitôt qu'on élève légèrement la température, et bien avant le rouge sombre, il brûle avec une flamme peu éclairante en produisant d'abondantes fumées riches en acide chlorhydrique. Après la réaction, il reste une masse fondue présentant toutes les propriétés du chlorure de calcium et ne renfermant pas de sous-chlorure. Chauffé dans la vapeur de brome au rouge sombre, la réaction est plus vive, et l'hydrure se décompose avec une très belle incandescence. La réaction est identique dans la vapeur d'iode. Une vive incandescence se produit au rouge, en même temps qu'il se dégage de l'acide iodhydrique.

Chauffé à l'air libre sur une lame de platine, l'hydrure de calcium ne change pas d'aspect, même au rouge vif. Si l'on élève la température au moyen du chalumeau à air comprimé, il brûle avec éclat en produisant une flamme d'hydrogène. Après l'expérience il reste de la chaux anhydre qui a été portée à une température assez élevée pour être fondue. Ce résidu traité par l'eau fournit de l'hydrate de chaux qui se délite et une poudre grise qui décompose encore l'eau avec un dégagement d'hydrogène. Dans cette combustion vive de l'hydrure de calcium à l'air, il s'est formé une couche de chaux qui a fondu, grâce à la chaleur dégagée par la réaction et qui a recouvert une partie de l'hydrure, le préservant ainsi d'une oxydation complète.

Projeté dans la flamme d'un brûleur Bunsen, l'hydrure en poudre, comme le calcium, donne de brillantes étincelles.

Dans un courant d'oxygène pur l'hydrure de calcium s'enflamme au-dessous du rouge et continue à brûler avec un vif éclat. La chaleur dégagée est telle que l'on observe nettement la fusion de la chaux produite. Examinée au microscope, cette chaux est recouverte de petits cristaux. Nous avons indiqué déjà, à propos de nos expériences faites au four électrique, avec quelle facilité la chaux cristallise à très haute température.

L'hydrure de calcium en fragments ou réduit en poudre, chauffé dans la vapeur de soufre au rouge sombre, ne produit qu'une petite quantité de sulfure; la décomposition n'est pas complète. Mais si l'on chauffe un fragment de l'hydrure au moyen du chalumeau à gaz, la réaction se produit avec vivacité et il se fait une belle incandescence. Il se dégage en même temps de l'hydrogène sulfuré en abondance.

A la température de fusion du verre, l'hydrure de calcium ne réagit pas sur la vapeur du sélénium.

Chauffé dans une cloche courbe de verre remplie de gaz azote, l'hydrure de calcium n'a pas changé d'aspect. L'expérience a duré deux heures. Après refroidissement, le volume du gaz n'avait pas varié, et un papier de tournesol sensible n'a pas indiqué l'existence d'une quantité appréciable d'ammoniaque. A la température du rouge sombre, l'azote est donc sans action sur cet hydrure.

Au contraire, l'hydrure de calcium est décomposé par la vapeur de phosphore vers 5 000°. Il se dégage de l'hydrogène et il reste une substance de couleur marron foncé, qui réagit sur l'eau froide avec production d'hydrogène phosphoré.

A la température de 700°, le bore est sans action sur l'hydrure de calcium.

Lorsque l'on chauffe entre 700° et 800° de l'hydrure de calcium au milieu d'une brasque de carbone en poudre calciné au préalable, l'hydrure est en partie décomposé, et il se forme du carbure de calcium qui dégage de l'acétylène au contact de l'eau.

Dans les mêmes conditions, le silicium et le bore n'ont rien donné.

Le fluorure de potassium fondu, puis pulvérisé, a été additionné d'hydrure de calcium également en poudre. Ce mélange, chauffé dans un tube à essai, n'a donné lieu à aucune

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

réaction jusqu'à 500°. A cette température, l'hydrure réagit, il se dégage de l'hydrogène et des vapeurs de potassium. Le fluorure de sodium produit la même réaction.

Le fluorure d'argent, broyé à froid avec cet hydrure, devient incandescent; une déflagration se produit avec projection d'un mélange pulvérulent de fluorure de calcium et d'argent métallique. Les fluorures de plomb et de zinc sont réduits au-dessous de 400°, avec incandescence.

Le chlorure de sodium, réduit en poudre et additionné d'hydrure de calcium, fournit, au rouge, une décomposition régulière avec mise en liberté de vapeurs de sodium, qui viennent se condenser, en un miroir métallique, sur la partie froide de l'appareil.

L'iodure de potassium en fusion n'est pas attaqué par l'hydrure, tandis que l'iodure d'argent à chaud réagit avec un grand dégagement de chaleur.

Les oxydants, tels que le chlorate ou le bichromate de potassium en fusion, ou le permanganate de potassium en poudre, sont réduits avec incandescence. Les chlorates, bromates et iodates forment, avec cet hydrure, de véritables explosifs. Avec le perchlorate de potassium, l'explosion se produit à froid par simple mélange au mortier d'agate. Si l'on chauffe quelques milligrammes d'hydrure avec un excès de perchlorate de potassium, l'explosion est assez violente pour briser le tube en menus fragments.

L'hydrogène sulfuré ne réagit pas au-dessous du rouge, et, à température plus élevée, il se forme du sulfure de calcium et de l'hydrogène.

Si l'on chauffe de l'hydrure de calcium pulvérulent dans une atmosphère de bioxyde d'azote, il se produit avant le rouge sombre une vive incandescence, et il se dégage de l'ammoniaque en abondance.

L'acide carbonique est réduit au rouge par l'hydrure de calcium : vive incandescence, formation de charbon et de carbure de calcium.

L'acide sulfurique concentré est réduit à chaud par l'hydrure de calcium. Avec l'acide azotique fumant, l'attaque est à peu près nulle. Au contraire, avec les mêmes acides étendus d'eau, l'attaque est très vive; il se produit un sel de calcium et il se dégage de l'hydrogène. La solution d'acide chlorhydrique concentrée ou diluée attaque de suite l'hydrure de calcium. Cette réaction est comparable à celle que fournit l'hydrure de cuivre.

L'alcool éthylique anhydre l'attaque lentement, tandis que la benzine et l'essence de térébenthine, bien privées d'eau, ne donnent, à froid, aucune réaction. Les chlorures et iodures alcooliques sont sans action à la température ordinaire. La vapeur de tétrachlorure de carbone est décomposée par cet hydrure, avec incandescence, vers 400°, en produisant un dépôt de charbon et en dégageant de l'hydrogène et de l'acide chlorhydrique.

La réaction la plus curieuse de ce nouveau composé est son action sur l'eau froide. Aussitôt que l'hydrure de calcium se trouve en présence de ce liquide, ce dernier est décomposé avec violence, et l'hydrogène de l'eau, ainsi que celui de l'hydrure, se dégagent de suite, pendant qu'il se fait de l'oxyde de calcium hydraté :

$$CaH^2 + 2H^2O = Ca(OH)^2 + H^6.$$

Conclusions. — En résumé, on obtient par union directe du calcium et de l'hydrogène un hydrure transparent, cristallin, de formule CaH^2. Cet hydrure est stable à haute température ; c'est un réducteur énergique. Par la décomposition violente qu'il produit au contact de l'eau froide, il est donc semblable au carbure de calcium défini et cristallisé que nous avons préparé au four électrique. Dans cette combinaison, l'hydrogène est comparable aux métalloïdes (carbone ou phosphore) et non pas aux métaux. L'aspect même de cet hydrure l'éloigne complètement des hydrures de MM. Troost et Hautefeuille (1), ou de palladium hydrogéné de Graham. En réalité, il y a deux séries d'hydrures, les uns dans lesquels l'hydrogène semble être en solution dans les métaux, et les autres se formant à température plus ou moins élevée et présentant tous les caractères de combinaisons chimiques et déterminées.

(1) Troost et Hautefeuille, *Sur les alliages de l'hydrogène avec les métaux* (*Annales de Chimie et de Physique*, 5e série, t. II, p. 273, 1874).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

SUR LES VERRES BLEUS A BASE DE CHROME. — Note de **M. André Duboin** (1).

Les expériences à la suite desquelles on a reproduit le saphir ont conduit à penser que la coloration bleue de cette gemme est due au chrome. Sainte-Claire Deville et Caron (2) sont très affirmatifs sur ce point. « Le saphir bleu, disent-ils, se produit dans les mêmes circonstances que le rubis. *Il est également coloré par l'oxyde de chrome.* La seule différence entre eux consiste dans les proportions de la matière colorante, peut-être aussi dans l'état d'oxydation du chrome. Mais l'analyse ne peut rien indiquer de précis à cet égard, à cause de la quantité très petite de la matière colorante dans tous les cas. Dans certaines préparations, on a obtenu, placés l'un à côté de l'autre, des rubis rouges et des saphirs du plus beau bleu, dont la teinte est, d'ailleurs, identique à la teinte du saphir oriental dont la cause est inconnue. »

Plus tard, Gaudin (3) a observé que l'oxyde de chrome chauffé dans la flamme réductrice du chalumeau oxhydrique prend une teinte bleu de ciel un peu verdâtre.

J'ai cherché si l'on ne pourrait pas introduire cette couleur dans des verres faciles à obtenir.

J'y suis arrivé dans les cas suivants :

Procédé général. — On chauffe dans un creuset brasqué, chauffé au fourneau à vent alimenté par du coke, sans soufflerie, pendant cinq heures, le mélange vitrifiable donnant le verre que l'on veut obtenir, après y avoir ajouté et mélangé intimement une petite quantité de chromate de potasse ou d'oxyde de chrome. Nous avons quelquefois ajouté de l'arséniate de potasse, en vue d'augmenter la fusibilité (nous n'en avions d'ailleurs pas besoin) et constaté que cette addition ne change rien à la couleur du produit obtenu.

I. *Verres durs à base d'alumine.* — Je me suis adressé d'abord aux verres durs à base d'alumine employés dans la fabrication des pierres précieuses artificielles.

On sait qu'on emploie à cet effet des mélanges fusibles qui se rapprochent beaucoup de la formule $4{,}5SiO^2Al^2O^3{,}3CaO$, une partie de la chaux pouvant être remplacée par une quantité équivalente de baryte, pour obtenir des pierres ayant plus d'éclat et dont la densité s'éloigne moins de celle des pierres fines.

1° Un mélange de silice, 135 parties; alumine, 51 parties; carbonate de chaux, 150, auquel on ajoute 9 grammes de chromate de potasse, donne une masse cristalline d'une teinte bleue ayant peu d'éclat. Je me propose de revenir sur cette expérience intéressante : ainsi, la durée de la chauffe étant de cinq heures, la masse est incomplètement fondue et les parties fondues sont séparées par des lamelles très minces, superposées, ayant tout à fait l'aspect du mica et se clivant de la même manière. Si l'expérience dure sept heures, on a une masse cristallisée.

2° J'ai remplacé la totalité de la chaux par de la baryte. Le mélange est formé de silice, 135 parties; alumine, 51; carbonate de baryte, 295,5; chromate de potasse, 8, ou la quantité équivalente d'oxyde de chrome.

3° On sait que les mélanges à équivalents égaux de carbonate de soude et de carbonate de potasse ou de chlorure de sodium et de chlorure de potassium fondent à une température plus basse que chacun des deux sels. Il y a donc lieu d'essayer si, en remplaçant la moitié de chaux par une quantité équivalente de baryte, on aura encore un verre assez beau.

Le mélange de silice, 135 parties; alumine, 51; carbonate de baryte, 148; carbonate de chaux, 75; chromate de potasse, 9 m'a donné un verre très beau.

II. *Verres à l'acide borique.* — On peut, dans les verres, remplacer une partie de la silice

(1) *Comptes rendus*, t. XLVI, p.764, 1858.
(2) *Comptes rendus*, t. LXIX, p. 1343, 1869.
(3) *Compte rendu de l'Académie des Scienees*, 4 juillet 1878.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

par l'acide borique. On obtient un verre d'un beau bleu, mais trop attaquable aux acides, en fondant un mélange de 4 parties d'acide borique, 1 d'alumine et 1 de chromate de potasse. Il se fait en même temps du chrome métallique. Dans cette expérience, les creusets sont très souvent percés.

J'ai fait de nombreuses expériences, jusqu'au jour où j'ai trouvé la composition d'un verre blanc d'Iéna (verre Schott et Cie) (1). Je me suis appliqué à colorer ce verre en bleu, pensant que la consécration que la pratique a donnée à ce verre accorderait plus d'intérêt à mes résultats. On obtient un très beau verre bleu en chauffant un mélange de : silice, 84 parties; acide borique anhydre, 39; carbonate de baryte, 137,6; alumine, 16; bichromate de potasse, 7.

Au cours des nombreux essais entrepris dans cette voie, j'ai essayé divers réducteurs. Le carbure de calcium, dont les propriétés réductrices ont été découvertes par M. Moissan, était tout indiqué. En chauffant le mélange vitrifiable bien sec avec du carbure de calcium dans un creuset de plombagine, j'ai obtenu un verre d'une teinte bleue, mais moins belle que celle des verres précédents. Au point de vue pratique, il y a une certaine difficulté à régler la proportion de carbure à employer, les matériaux employés étant toujours un peu hygrométriques.

III. *Verres ordinaires.* — Les verres ordinaires, ou encore les mélanges avec lesquels on les obtient ne m'ont pas donné de bons résultats. Un mélange correspondant au verre de Bohême : quartz, 100 parties; carbonate de potasse, 30 parties; carbonate de chaux, 15 parties; chromate de potasse, 7 parties, donne un verre qui n'est bleu que dans le voisinage de la couche de charbon. Peut-être obtiendrait-on de meilleurs résultats en chauffant plus longtemps. Le verre pulvérisé et fondu avec un peu de chromate de potasse donne un verre vert.

En résumé, nous avons obtenu de très beaux verres bleus en colorant par le chromate de potasse ou l'oxyde de chrome, dans les circonstances indiquées précédemment, les verres suivants :

1° $4,5SiO^2,Al^2O^3,3BaO$.

2° $4,5SiO^2,Al^2O^3,1,5,CaO,1,5BaO$.

3° $28SiO^2,9B^2O^3,16BaO,3Al^2G^3$.

SUR LA PRODUCTION D'UN BLEU DE TUNGSTÈNE PROVENANT DE LA RÉDUCTION DU TUNGSTATES AU FEU DE CUISSON DE LA PORCELAINE. — Note de **M. Albert Granger** (2).

Les premières tentatives pour utiliser en céramique les composés du tungstène furent faites à Sèvres, par M. Lauth. Elles ne furent pas poursuivies et furent abandonnées pour d'autres, plus intéressantes par leurs résultats positifs. J'ai pensé que, étant donnée la facilité avec laquelle l'anhydride tungstique était facilement réduit, il devait y avoir possibilité d'obtenir l'oxyde Tu^2O^5 dans les cuissons en feu réducteur, et qu'il y avait lieu de refaire de nouvelles expériences dans d'autres conditions.

On sait que, lorsqu'on ajoute de l'anhydride tungstique à un silicate fusible, tel qu'un verre ou une couverture, ce corps devient complètement blanc et s'opacifie. Ce phénomène se produit avec des teneurs même très faibles en anhydride tungstique. Je crois que ce fait peut facilement s'expliquer si l'on tient compte de la formation de silicotungstates; il y a mise en liberté de silice, provenant de la couverte ou du verre qui rend la masse opaque, et formation d'un silicotungstate. L'examen de la composition des silicotungstates montre l'énorme quantité d'anhydride tungstique qu'ils renferment; on voit dès lors la nécessité, pour éviter l'expulsion de la silice, d'employer suffisamment de composé tungstique pour transformer toute la silice en anhydrine silicotungstique. Cette dernière condition est irréalisable, car il

(1) *Revue générale des sciences pures et appliquées*, 9e année, n° 9, p. 391.

(2) *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, 11 juillet 1898.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

faut introduire un poids d'anhydride tungstique tel que la couverte ne fond plus et reste à l'état poreux sur la porcelaine.

J'ai songé alors à employer comme couverte un tungstate, et j'ai choisi un tungstate suffisamment acide, tel que $M^2O.4TuO^3$. Pour obtenir un produit d'une fusibilité convenable, c'est-à-dire pouvant glacer sans couler le long des parois, j'ai formé ma couverture d'un tungstate mixte de baryum et de sodium, le tungstate de baryum étant trop réfractaire et le tungstate de sodium trop fusible (ce tungstate mixte est toujours un tétratungstate, les proportions des bases étant toujours calculées de manière que, pour 4 molécules d'anhydride, la somme des bases fasse toujours 1). En cuisant de la porcelaine avec cette couverte vers 1 250° en feu réducteur, j'ai obtenu des teintes bleues allant d'un bleu clair à l'indigo. Suivant les proportions des bases, la quantité de couverte posée, le ton variera; en outre, par l'addition de borax ou de phosphates, on pourra encore produire des changements...

GÉOLOGIE

RÉSULTATS DES RÉCENTS SONDAGES POUR LA RECHERCHE DE LA HOUILLE DANS LE NORD DE LA FRANCE. — Note de **M. J. Gosseley** (1).

Les sondages faits dans le nord de la France, en vue de rechercher le prolongement du grand bassin houiller franco-belge, viennent d'être terminés il y a huit jours. La dernière des Sociétés qui était restée sur la brèche a définitivement renoncé à poursuivre ses recherches. Le moment est donc venu de donner un aperçu sur les résultats géologiques obtenus.

Ces sondages ont été entrepris, non par hasard, mais sous l'inspiration de considérations scientifiques bien déterminées.

En 1860, j'avais démontré que le bassin houiller d'Hardinghem et de Ferques dans le Boulonnais est le prolongement du grand bassin houiller franco-belge. Mais je n'étais pas convaincu qu'il en fût le seul représentant. Je pensais que les couches de calcaire carbonifère et de schistes dévoniens qui affleurent au sud-est de Ferques et d'Hardinghem pouvaient constituer une voûte anticlinale, plongeant au sud, sous un autre bassin houiller, comme cela se voit aux environs de Namur.

Ce nouveau bassin houiller supposé devait être situé entre la voûte anticlinale présumée et la Grande Faille, dont la position dans le Boulonnais, était alors complètement inconnue. C'est cette pensée qui détermina les sondages de la Liane.

Cinq sondages y furent effectués. Trois d'entre eux, ceux de Menneville, de Bournonville et de Wirvigne, atteignirent, sous le terrain jurassique, des schistes qui présentaient les plus grandes analogies avec le houiller inférieur. Or ce terrain venait d'être recoupé à Liévin et à Drocourt où il recouvre la houille, comme lambeau de poussée. On pouvait espérer qu'il en serait de même sur la Liane. Mais, quelque persévérance que l'on mit à creuser dans ces schistes, on ne put en sortir.

Un quatrième sondage à Samer, au sud des précédents, pénétra dans le gédinnien, étage

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 18 juillet 1898, p. 162.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

qui partout dans les environs d'Aix-la-Chapelle jusqu'à ceux de Bristol, en Angleterre, constitue une bande régulière au sud du bassin houiller. On était donc certainement en dehors de la zone houillère.

Un cinquième sondage au nord, près du Waast, rencontra le dévonien supérieur après avoir traversé sur 112 mètres les schistes que l'on prenait pour houiller inférieur. La pensée vint alors que ces derniers schistes pourraient bien être siluriens. C'était un fait qui ne pouvait pas être prévu, car jusqu'alors le silurien n'était pas connu sur le bord sud du bassin houiller à l'ouest de Charleroy.

Pendant que se faisaient les sondages de la Liane, on découvrait à Douvres, en Angleterre, un magnifique bassin houiller,

Après quelques années d'hésitation, plusieurs Sociétés se mirent, à chercher, en France, le prolongement du bassin de Douvres. Les idées théoriques qui les guidaient n'étaient pas les miennes. J'estimais que le grand plateau silurique du Brabant s'étend sous la Flandre jusqu'aux confins du Boulonnais. Cependant je ne regardais pas la découverte de la houille en Flandre comme impossible, mais je croyais que si ce bassin houiller, bien problématique, existait, il devrait être complètement indépendant du bassin houiller franco-belge.

Onze sondages furent entrepris en Flandre, dans le département du Nord et dans la partie voisine du Pas-de-Calais. Quatre seuls atteignirent les terrains primaires et tombèrent, comme je l'avais prévu, dans le silurien. Devant leur résultat négatif, les autres furent abandonnés.

On en revint à se laisser guider par l'hypothèse que j'avais émise peu après la découverte de la houille à Douvres.

Je disais alors que la houille de Douvres appartient très probablement au grand bassin franco-belge, et que les couches de ce bassin doivent subir, à l'ouest de Ferques, un décrochement qui les reporte vers le nord; j'estimais que le centre du bassin devait aller passer entre Vissant et Calais.

Un sondage fait à Strouane, sur le flanc ouest du cap Blanc-Nez, me donna complètement raison, en recoupant trois couches de houille avec toit et mur bien caractérisé.

Mais un peu plus bas le sondage rencontra le schiste dévonien.

Néanmoins, la nouvelle de la découverte du terrain houiller se répandit rapidement et les sondages se multiplièrent autour du Wissant. Tous rencontrèrent le calcaire carbonifère, les schistes dévoniens, ou même le silurien. On acquit la preuve que le terrain houiller de Wissant n'est qu'un lambeau, probablement transporté, ou que, s'il se prolonge en profondeur, il est recouvert par des lambeaux de poussée de terrains plus anciens, dont l'épaisseur et la disposition sont complètement inconnues. On a dû en conclure qu'il ne se trouve probablement pas dans des conditions telles que l'exploitation en soit rémunératrice.

Restait un dernier problème géologique à résoudre. On sait que le bas Boulonnais est essentiellement constitué par un dôme anticlinal de terrain jurassique, qui fait saillie au milieu de la grande plaine crétacée du nord. Tous les sondages du Calaisis étaient situés sur la craie, au nord-est des affleurements jurassiques; ceux de la Liane avaient été faits vers la limite sud du bas Boulonnais. Que se passait-il sous le dôme jurassique?

Il était possible qu'il y eût entre Wissant et Samer une région plissée et contournée comme celle de Ferques, où il restait encore quelque chance de rencontrer la houille. Il était naturel de supposer que, si ce bassin houiller hypothétique existait, il devait correspondre à un synclinal tectonique jurassique. Un sondage fut donc fait dans le synclinal de Wimereux. Il rencontra le silurien à 443 mètres de profondeur.

Un autre sondage fait à Framzelle, près du Gris-Nez, rencontra le même terrain à 444 mètres de profondeur, après avoir traversé, me dit-on, des schistes rouges dévoniens à spirifères, qui seraient l'extrémité occidentale des lambeaux dévoniens de Wissant.

On peut donc supposer que le dôme jurassique du Boulonnais correspond, dans sa partie occidentale comme dans sa partie orientale (Liane supérieure), à un plateau silurien et l'on perd tout espoir d'y trouver de la houille.

Ce massif silurique du Boulonnais est situé dans la même position stratigraphique que la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

bande silurique du Condros entre le gédinnien qui est au sud et la Grande Faille qui est au nord. Quant à son âge géologique exact, il ne peut pas être fixé, car, à ma connaissance, on n'y a trouvé que quelques graptolites qui n'ont pas été déterminés.

Les découvertes du Boulonnais ne sont pas les seules qui montrent l'importance du terrain silurique dans la constitution de la crête du Condros sur le territoire du Pas-de-Calais.

Dans des travaux récents, les ingénieurs des mines de Liévin ont traversé des schistes noirâtres calcarifères dans lesquels M. Ch. Barrois a reconnu les fossiles caractéristiques du silurique supérieur, étage du Wenloch. On peut supposer que c'est le commencement du massif qui va s'épanouir dans le bas Boulonnais. Ce qui rend cette découverte intéressante, c'est que la houille exploitable se trouve sous ces schistes d'âge silurien.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

NOTES DE MÉCANIQUE

SERTISSEUSE *Leavitt*

Ainsi que le montre la figure 1, toute la machine est portée par une colonne A′ et reçoit son mouvement de deux poulies, l'une folle a', l'autre a, fixée sur l'arbre B, qui

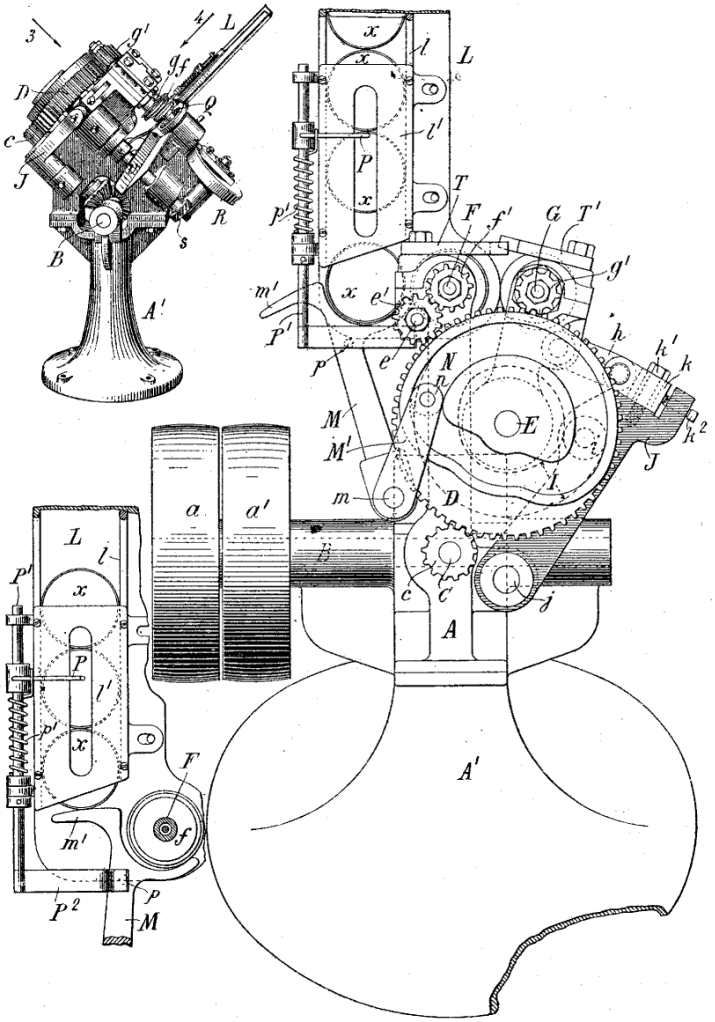


Fig. 1, 2 et 3. — Sertisseuse *Leavitt*. Ensemble. Élévation suivant 3 (fig. 1) et détail de l'avanceur.

commande par le train b C c le grand pignon D, calé sur l'arbre E. Ce pignon D com-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mande en sens contraires, par les pignons c' et f' d'une part et par le pignon g' de l'autre, les axes F et C, qui portent les sertisseurs f et g.

L'arbre C est monté dans un châssis oscillant autour de la douille d (fig. 4) de l'axe E et commandée par la came I (fig. 4 et 7) du pignon D, qui attaque par son galet i le levier J, pivoté en j, et qui est relié à H par la menotte h, articulée au tasseau k,

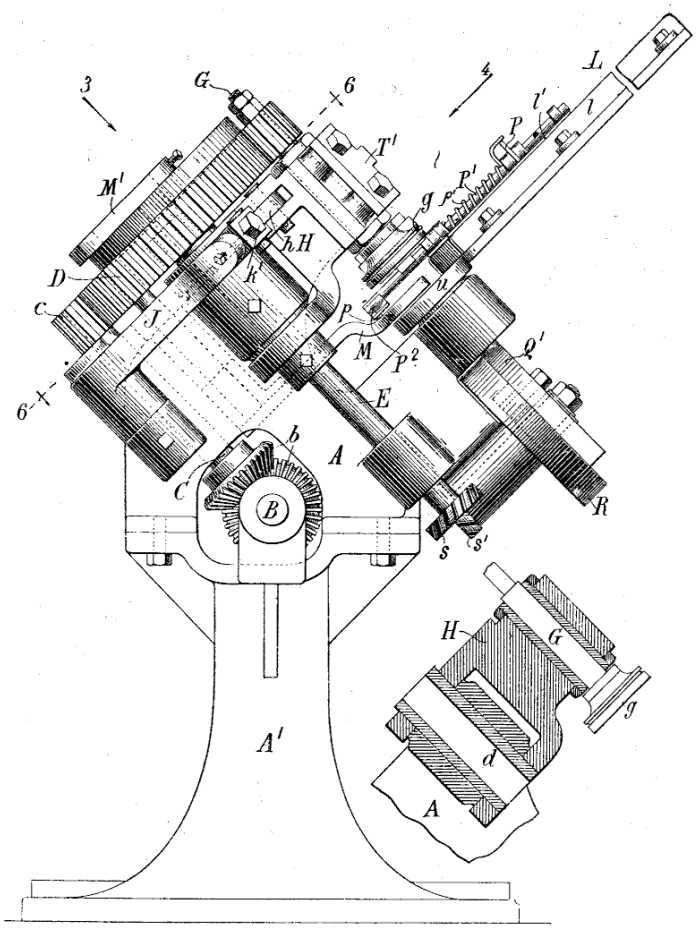


Fig. 4 et 5. — Sertisseuse *Leavitt*. Vue par bout et détail du châssis H.

fixé à J par k' dans une position réglée par la vis k_2 de manière à pouvoir faire varier l'écartement des axes F et G. Le châssis H fait ainsi une oscillation par tour de D, et la came I est telle que G reste dans sa position la plus rapprochée de F pendant au moins un tour des axes F et G.

Les fonds à sertir x (fig. 2), préalablement emboutis, sont disposés à la main dans la glissière inclinée L l l': le premier fond repose sur l'avanceur M, le suivant étant

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

alors arrêté par le bras p (fig. 6). L'avanceur M est commandé par la came N de E et le levier $n\,m$, qui le fait osciller de la position fig. 2 à celle fig. 3, où il amène le premier fond devant le sertisseur f, en même temps qu'il ferme le bas de L, par son talon m', sur lequel le doigt P, relevé par $p_2\,p'$, (fig. 3) laisse retomber le second fond.

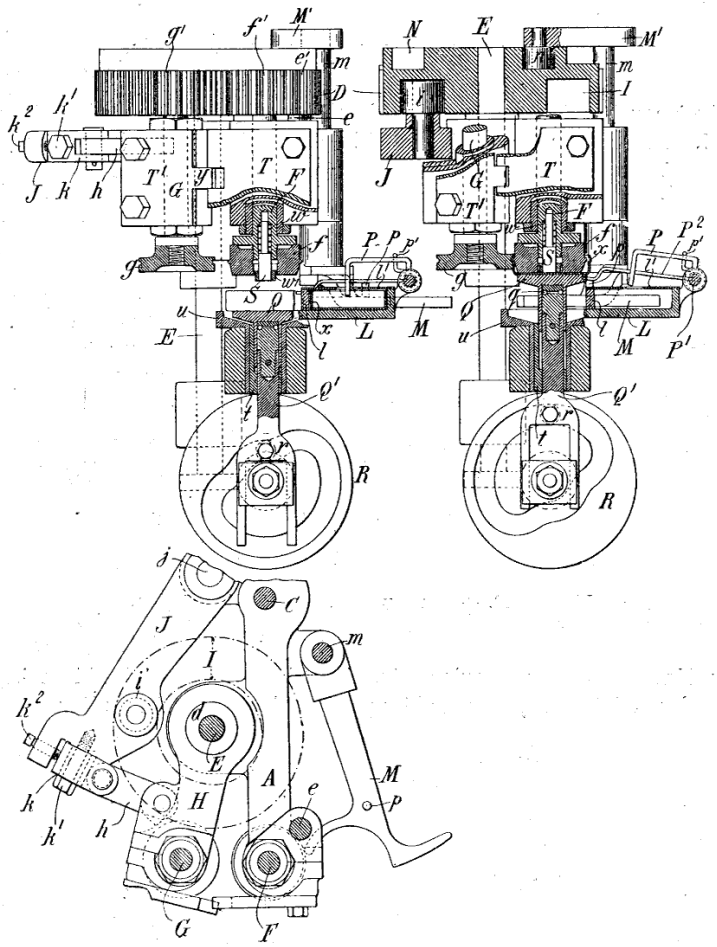


Fig. 6, 7 et 8. — Sertisseuse *Leavitt*. Élévations-coupes suivant 4 (fig. 1) et coupe 6-6 (fig. 3).

Une fois ainsi amené devant le sertisseur f, le fond x est appuyé sur f par la tête Q du piston Q′, que la came R commande par son galet r. La tête Q est montée sur des billes q, qui lui permettent de tourner avec f, et légèrement excentrée par rapport à f d'une quantité réglable par la douille excentrée t de manière à être bien concentrique au fond x, de diamètre nécessairement plus grand que celui de f, pour pou-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

voir s'en dégager. Une fois le fond ainsi appuyé sur *f*, *g* se rapproche de *f* et opère le sertissage du fond par laminage de ses bords entre *g* et *f*, comme on le voit par la figure 7.

Cette machine, ingénieuse et très simple, est construite par la compagnie *Bliss* de Brooklyn.

MACHINE A COURBER LES TUBES DE *R. Clarke*.

Le tube à courber X (fig. 9 à 15) en plomb ou en cuivre, appuyé en D (fig. 13) et guidé en J, se courbe au rayon de l'entaille *x*, creusée dans le bloc A, que la vis F

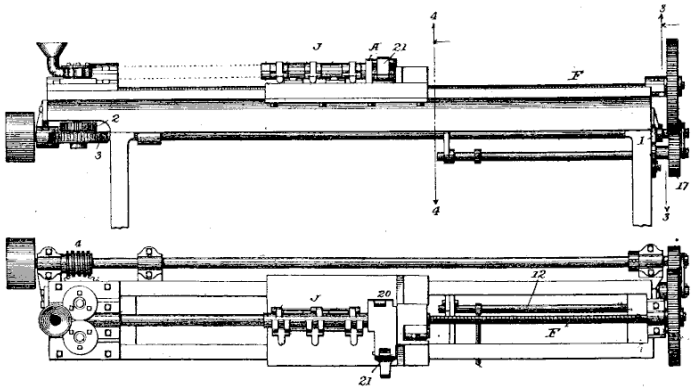


Fig. 9 et 10. — Courbeuse *Clarke*. Élévation et plan.

avance sur X avec une vitesse environ six fois moindre que celle des billes C, refoulées dans X par les molettes EE, commandées par le train 4, 3, 2, 2. La vis F est commandée

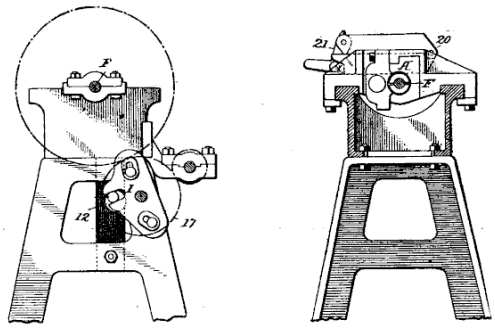


Fig. 11 et 12. — Courbeuse *Clarke*. Coupes 3-3 et 4-4 (fig. 9).

par un train à pignon variable 17, monté sur une platine I (fig. 11) de manière qu'on

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

puisse le débrayer et arrêter le moteur par l'excentrique 10, et le bloc A est en deux pièces, à charnière 20, et serrables par le verrou 21 (fig. 12).

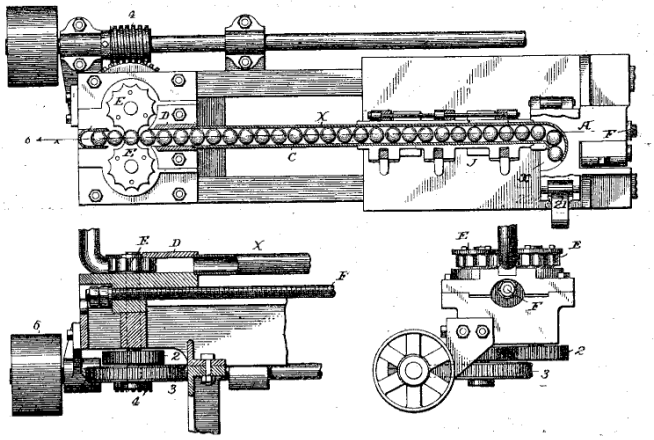


Fig. 13, 14 et 15. — Courbeuse *Clarke*. Plan. Coupe 6-6 et vue par bout.

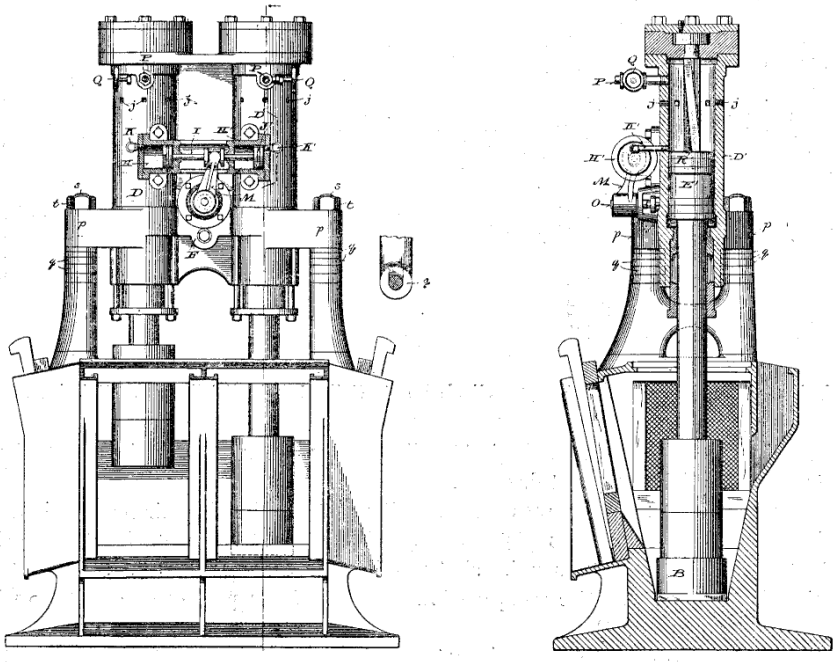


Fig. 16 et 17. — Bocard *Reynolds*. Élévation et coupe verticale.

BOCARD A VAPEUR *Reynolds*.

Cet appareil, construit par l'importante usine d'Allis, à Milwaukee, est remarquable par sa grande simplicité. La vapeur admise en F fig. 16 à 21 est distribuée alternati-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

vement au bas des deux cylindres D et D′ par le tiroir circulaire G, dont l'échappement se fait par C. Dans la position figurée, la vapeur s'échappe de D et est admise en D′.

Le tiroir G reçoit son mouvement d'oscillation de l'axe O par un tournevis g (fig. 21) qui lui permet de s'appliquer constamment sur son siège, et l'axe O est commandé de M par la tige I du distributeur H H′ (fig. 17) dont chacun des cylindres communique avec le cylindre correspondant D ou D′ par des tuyaux K et K′. Ces tuyaux débouchent en D ou D′ au haut de la course de leurs pistons E et E′, de sorte que lorsque E, par exemple, arrive au haut de sa course, la vapeur passe de D en H par K, et repousse I dans la position figure 17, ce qui amène le tiroir G dans la position figure 18; puis quand E′ arrive au haut de sa course, la vapeur de D′ passe en

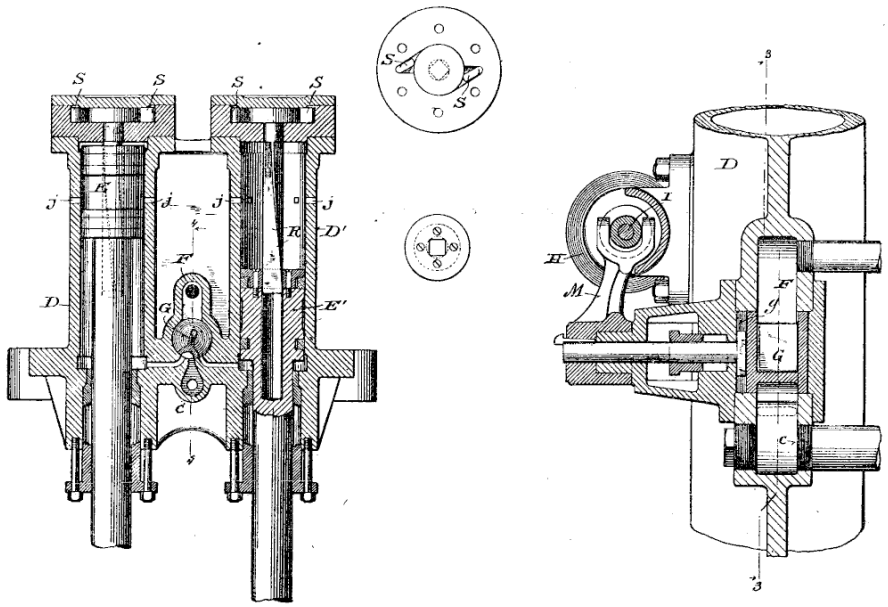


Fig. 18 à 21. — Bocard *Reynolds*. Coupe verticale 3-3 et détail 4-4 de la distribution. Détail du rochet S.

H′ par K′ et renverse la position de G. Afin d'éviter les chocs, les cylindres H et H′ sont percés de trous d'air i formant dashpot.

Les cylindres D et D′ sont aussi pourvus d'ouvertures j et j'; l'air confiné dans ces cylindres après le passage des pistons E et E′ sur ces trous j et j' est comprimé pendant la montée des pistons, qu'il rabat ensuite en ajoutant la poussée de sa détente au poids des masses B. Cette compression peut se régler par les fuites P, que l'on gradue par les manettes Q.

Les fonds des cylindres D et D′ portent chacun une tige hélicoïdale R, faisant vis dans les pistons E et E′, et pourvue d'un rochet S, ne lui permettant de tourner qu'à la montée du piston, de sorte, qu'à chaque descente, le piston tourne comme le fleuret d'une perforatrice, et que la masse A ne frappe jamais deux fois de même. Enfin, à mesure que le bocard s'use, on peut descendre d'autant l'entablement p en enlevant des rondelles q.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

APPAREILS DE LEVAGE DE LA *Brown Hoisting and Conveying C°* (1)

Ces appareils sont de beaucoup les plus employés aux États-Unis pour la manutention des minerais et des charbons.

L'un des plus répandus parmi ces appareils est (fig. 22) le pont roulant constitué par un pont à voie de 0m,30, incliné de 1/12 à 1/8, de 40 à 74 mètres de portée, avec

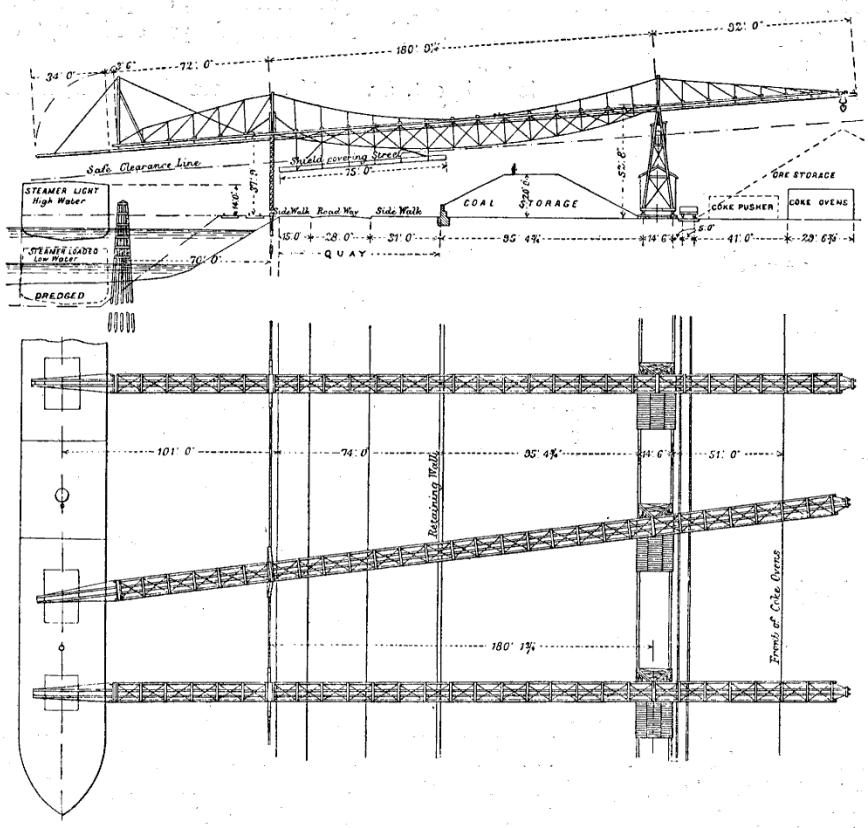


Fig. 22. — Pont roulant *Brown*.

becs en encorbellement allant jusqu'à 32 mètres et pourvu, du côté du navire à décharger, d'un éperon de 10m,50 de long, que l'on abaisse entre les mâts du navire, qui prolonge ainsi la voie du pont au-dessus des écoutilles et en porte la longueur maxima à 148m,50. Ce pont repose à l'arrière sur un beffroi à 6, 8 ou 10 roues, qui renferme les appareils moteurs, et à l'avant, du côté du bateau, sur un chevalet monorail, de façon à assurer à l'ensemble du système une flexibilité lui permettant de se prêter aux inégalités des voies et aux dilatations. Le roulement du pont s'effectue soit

(1) *Engineering*, 8 juillet, p. 42 et *Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure*, 9 juillet, p. 769.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mécaniquement, soit à la main : trois hommes suffisent pour lui faire parcourir 25 à 30 mètres par minute. Les différentes pièces, presque toutes en acier, sont dix fois plus fortes qu'il ne faut pour supporter les charges ordinaires et résister à une pression de vent de 140 kilog. par mètre carré. Les semelles supérieures sont en treillis et celles du bas en plats de 200 millimètres, horizontaux de manière à réduire l'action du vent ; les poinçons sont en tubes d'acier avec boulons dans l'axe et les tirants en tiges rondes d'acier : en pleine charge brusquement appliquée, le pont ne fléchit que de 15 millimètres. Lorsqu'on commande les ponts par l'électricité, chaque pont a sa dynamo : quand on emploie la vapeur, un seul beffroi commande par cordes 2, 3 ou 4 ponts à mouvements indépendants.

Sur ces ponts, circule un chariot qui peut, à volonté ou automatiquement, trans-

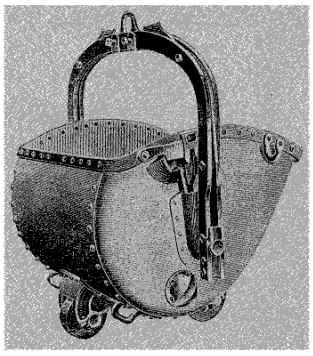


Fig. 23. — Bac *Brown*.

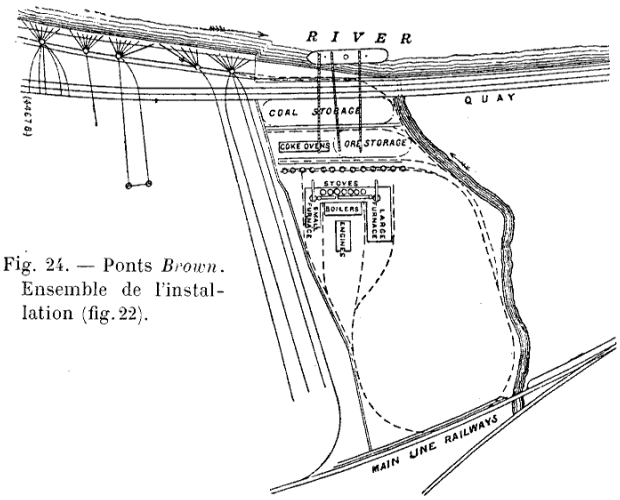


Fig. 24. — Ponts *Brown*. Ensemble de l'installation (fig. 22).

porter, lever ou descendre les charges, ou les basculer au point voulu du pont : il est commandé par un câble d'acier de 15 millimètres ; la charge, d'une tonne environ, enlevée du navire dans un bac à la vitesse de 90 mètres par minute, est enclenchée par le chariot, puis transportée sur le pont à la vitesse de 360 mètres par minute, arrêtée automatiquement au point voulu par un taquet-déclic, abaissée ou basculée sur le tas, le tout, aller et retour au navire, en 45 secondes. On peut ainsi, suivant la rapidité du remplissage des bacs, transporter de 400 à 450 tonnes par journée de 10 heures. Ces bacs en acier (fig. 23) sont garnis à l'intérieur d'une tôle d'usure facile à remplacer, et leurs moitiés équilibrées se referment et s'enclenchent automatiquement après décharge. La poulie de levage, en acier, avec coussinets en bronze d'aluminium, a son crochet fermé par un verrou à ressort.

Le treuil, commandé par une machine à deux cylindres non réversible, est d'un grand diamètre et mené par un embrayage à friction.

L'installation figure 22 et 24 comprend trois ponts indépendants, commandés par l'électricité, franchissant une rue protégée par un écran (*Shield*) et pouvant manipuler 1 200 à 1 500 tonnes par jour en : 1° transportant du charbon du navire au tas du

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

coal storage; 2° déposant le charbon directement dans les wagons au-dessus des fours à coke; 3° chargeant le charbon du bas dans ces wagons; 4° transportant le charbon du bateau dans les wagons du quai ou auprès des fours à coke ; 5° chargeant la fonte de l'une ou l'autre des voies ferrées sur des bateaux amarrés à 20 mètres du quai.

Pour les terrassements et les excavations, le pont est à deux câbles : un pour son roulement, l'autre pour son chariot, et pourvu d'une écope armée de dents d'acier de 300 millimètres de long. En général, l'effort nécessaire pour excaver ou arracher la terre est moindre que celui de sa levée. Aux forges de Carnégie, un appareil avec écope de 5 tonnes peut charger 200 tonnes de minerai de fer par heure.

L'appareil rapide représenté par la figure 25 consiste en une série de ponts avec

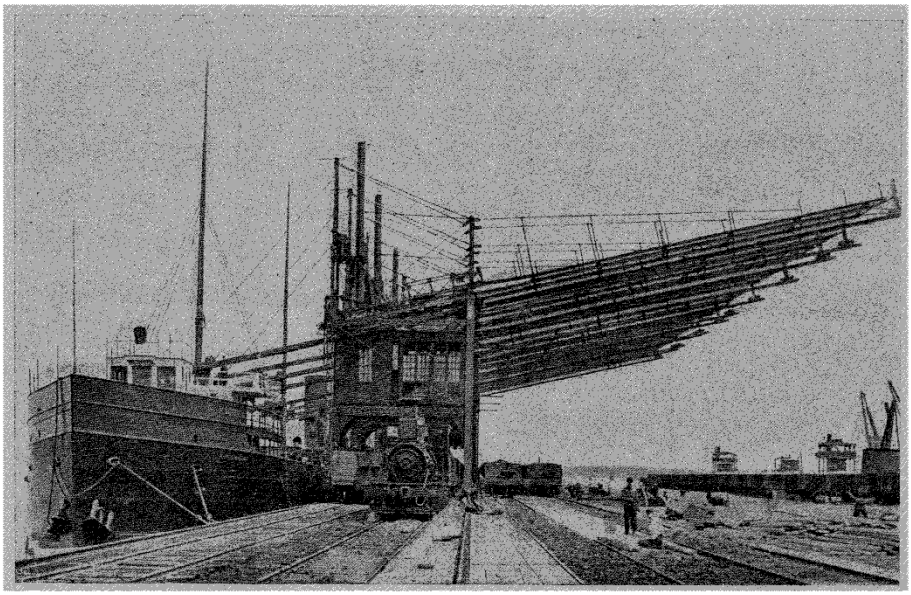


Fig. 25. — Déchargeur rapide *Brown*.

éperons surplombant le navire en décharge, bien au-dessus des voies, le tout porté par un beffroi sous lequel passent d'autres voies ferrées, actionnés à l'électricité ou à la vapeur (un seul moteur commandant alors jusqu'à quatre ponts) : vitesses de levée 90 mètres par minute, des chariots 450 mètres, du beffroi 50 mètres.

L'appareil fig. 26, installé dans le port de New-York par le Pennsylvania Ry se compose d'un beffroi couvrant deux voies d'un quai, avec éperons de chaque côté, et, sur l'un des côtés du dock, une troisième voie pour les longues pièces : rails, bois, etc. Vitesses de translation du beffroi, 160 mètres par minute, des chariots 450 mètres, de levée 60 mètres pour une charge de 5 tonnes : peut manipuler 53 tonnes par heure.

Aux travaux du canal de Chicago, on a employé les derricks en encorbellement (1) pour le transport des roches éclatées à la mine sur les berges du canal. Entre la berge

(1) *Bulletin* d'octobre 1895, p. 1066.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

et le canal, se trouvaient établies sur des tréteaux en bois les deux voies de la grue de 0m,30, écartées de 9 mètres, et divisées en sections que l'on avançait, par la grue même, de l'arrière à l'avant de l'appareil, à mesure que le travail progressait. Le beffroi avait 9 mètres de côté à la base et 16 mètres de haut. Le pont, incliné de 1/10, avait 110 mètres de long et se déplaçait à la vitesse de 60 mètres par minute ; vitesse du chariot 450 mètres, de levée 100 mètres. En pratique, il fallait, 45 secondes pour lever la charge de 5 tonnes jusqu'au chariot à 30 mètres, la rouler sur le pont à 100 ou 110 mètres, la basculer et renvoyer le bac vide au chariot. Il y avait sur les chantiers 16 de ces transbordeurs, qui ont chacun enlevé environ 405 mètres cubes de roche par jour, au prix de 0 fr. 27 par mètre cube. Ce genre de transporteur est aussi d'un

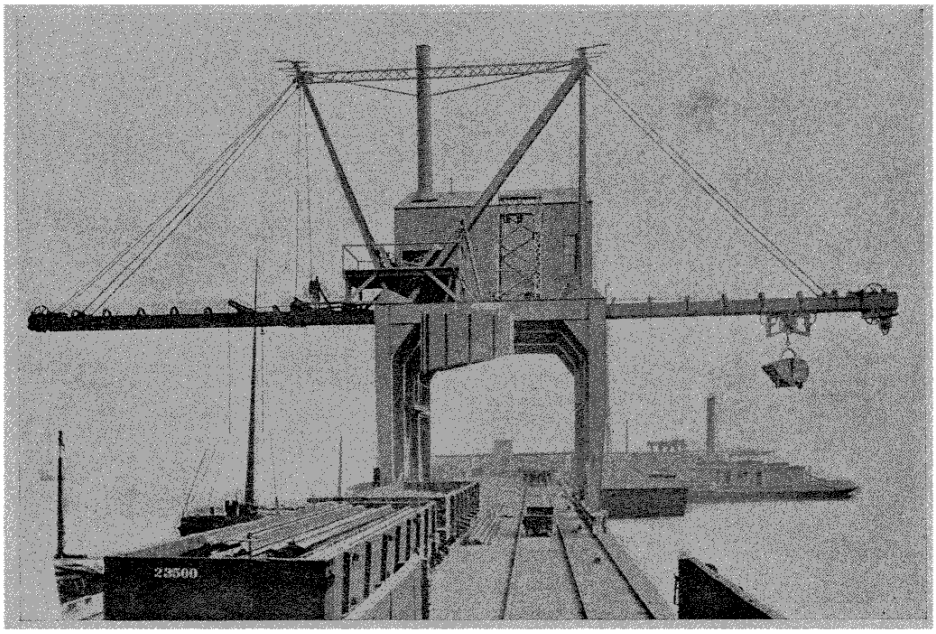


Fig. 26. — Déchargeur *Brown* pour le port de New-York.

emploi très commode pour desservir les chantiers d'usines ou de montage, et les hauts fourneaux.

Les chantiers de construction de navires à Newport sont desservis par trois transporteurs à encorbellement de 60 mètres de long, roulant sur une voie centrale de 6 mètres et de 210 mètres de long. Chaque bras de ces appareils couvre entièrement en long et en large le navire en construction : hautenr du chariot 30 mètres, vitesse de translation de la grue 180 mètres par minute, avec 5 tonnes au bout du bras, ou 14 tonnes à 16m,70 de l'axe du beffroi : vitesse du chariot 360 mètres, de levée 60 mètres. Le chariot commande un contrepoids qui se meut en sens inverse du chariot, de manière à équilibrer à peu près les charges par rapport à l'axe de beffroi. Cette grue transporte en moins d'une minute du chantier au navire en construction les tôles, fers, etc., en position pour leur traçage, puis les ramène au chantier avec

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

une remarquable économie de main-d'œuvre : une grue, avec un seul homme, suffit pour desservir deux navires en chantier : elle fait en une minute une besogne qui exigeait autrefois une heure et une dizaine d'hommes.

Ces appareils convenablement modifiés sont aussi fréquemment employés pour le déchargement sans chocs des charbons (1).

Le convoyeur distributeur automatique Brown pour hauts fourneaux est repré-

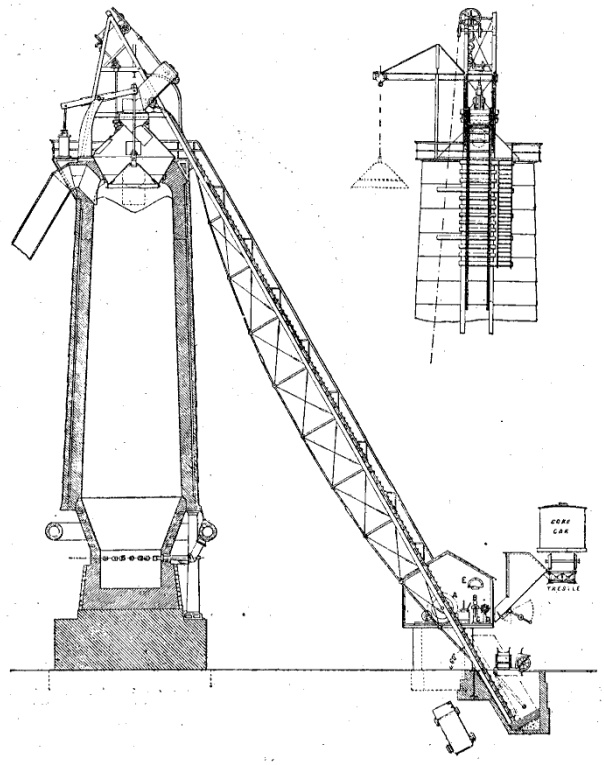


Fig. 27. — Monte-charges *Brown* pour haut fourneau.

senté par les figures 27 à 29 (2). Le pont, appuyé sur le haut fourneau, le dépasse de 6 à 8 mètres, plonge dans une fosse d'environ 3 mètres, et porte une voie de 1m,30, sur laquelle roule un bac à 4 roues, pouvant tenir une tonne de charbon ou 2 tonnes de minerai. Les roues d'avant du bac sont simples et celles d'arrière doubles, de manière, qu'au haut de la course du chariot, elles montent, comme l'indique la figure 27 sur deux contre-rails disposés de manière à en basculer la charge dans la trémie du haut fourneau. Cette trémie porte un distributeur conique (fig. 28), percé d'une ouverture latérale par où la charge tombe sur la cloche du gueulard ; quand le bac descend, une transmission fait tourner ce distributeur monté sur billes de 1/3, 1/4, 1/5

(1) *Bulletin* de novembre 1897, p. 1518.
(2) *Bulletin* d'avril 1898, p. 501.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ou 1/6 de tour, de manière qu'il répartisse uniformément les charges successives qu'y déverse le chariot. Ce chariot est tiré par un câble d'acier de 25 millimètres, enroulé sur le tambour d'un treuil commandé par une machine non réversible à 2 cylindres de 350 × 450, au moyen d'un puissant embrayage à friction (fig. 29). Quand le chariot arrive au haut de sa course, il ferme automatiquement l'admission de la vapeur au moteur ; après sa bascule, on relâche l'embrayage, et le chariot descend par son poids. Il faut 20 secondes pour le monter sur un haut fourneau de 24 mètres, 4 secondes pour le vider, 10 pour la descente, en tout 34 secondes. Un homme suffit pour commander le chariot et aussi la cloche du gueulard. Un compteur marque le

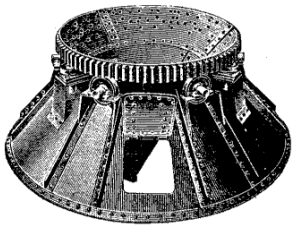


Fig. 28. — Distributeur *Brown*.

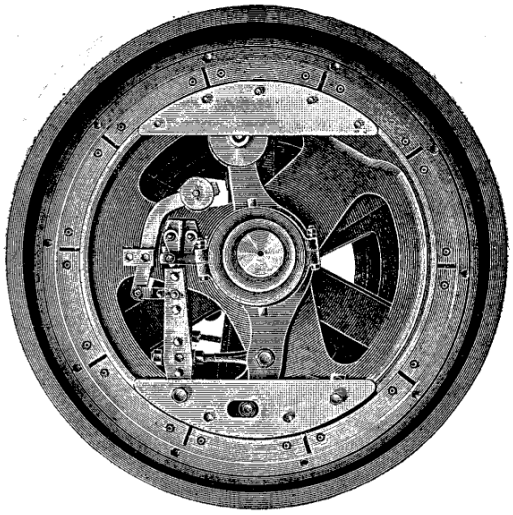


Fig. 29. — Embrayage à friction *Brown*.

nombre des charges déversées et un appareil optique le niveau qu'elles occcupent à chaque instant dans le haut fourneau, dont la marche est ainsi parfaitement contrôlée, et sans danger, sans aucune manœuvre au gueulard, avec un appareil ne pesant que 60 tonnes, plus expéditif, moins cher d'achat et d'entretien que les monte-charges habituels.

LES BRULEURS A PÉTROLE, d'après *M. J. S. V. Biekford* (1).

Brûleurs à jets pleins. — Il faut, pour produire un jet plein et stable, une cornue de section considérable par rapport à celle du jet, dans laquelle le pétrole circule de bas en haut, des parties froides vers les parties chaudes, avec toiles métalliques ou matelas d'air pour stabiliser le jet. Dans l'appareil expérimental (fig. 30, n° 1), le tube B, de 30 millimètres de diamètre et servant de cornue, fermé par deux bouchons A'A'', reçoit le pétrole par C'C'' et l'évacue par DE, percé d'un petit trou F, qui dirige la vapeur du pétrole G sur la toile métallique F. Un écran d'amiante H préserve le tube B du rayonnement. Si, après avoir chauffé ce tube, on y admet le pétrole, il se produit un

(1) *The Engineer*, 15 juillet 1898.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

jet de vapeur très stable tant que B reste vertical ou très incliné, mais si on incline B de manière que A′ soit au-dessus de A″, la flamme devient instable. Au départ, la flamme ne devient stable qu'après cinq minutes environ de chauffage en A, ce qui tient à l'échauffement, par A du tube C″, qui agit comme une petite cornue.

Dans le brûleur Owen (fig. 2) le pétrole amené par le tube A′A″, de 6 millimètres, est vaporisé en B par les flammes DD, alimentées par BCC : il faut un matelas d'air sur A′. Dans le brûleur expérimental (fig. 3), analogue au précédent, A″ a 20 millimètres de diamètre et débouche par un gros coude B dans le tube C, dont la flamme chauffe A″ et brûle très stable sans matelas d'air, grâce au gros diamètre de A″.

Il faut, en général, employer des dispositifs régulateurs dès que la longueur du vaporisateur dépasse dix fois son diamètre. En figure 2, l'instabilité de la flamme était due probablement à la projection de gouttes de pétrole dans la boule B, chauffée au

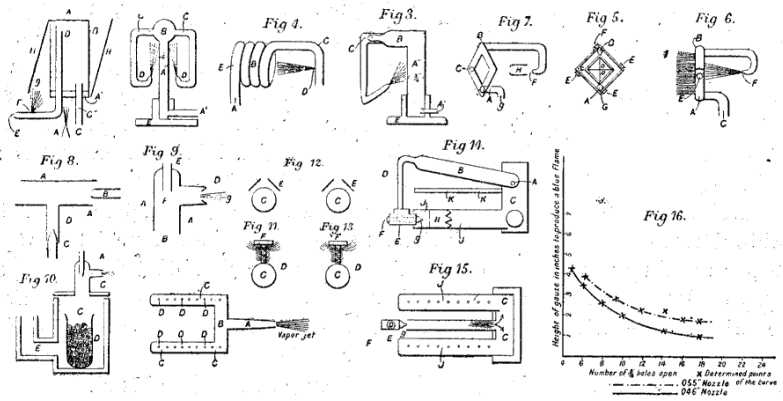


Fig. 30 (nos 1 à 16).

rouge. Le brûleur fig. 4, à serpentin B, de 3 millimètres de diamètre, chauffé par D, est aussi instable, à moins qu'on ne le régularise par exemple par l'insertion, en A, d'un faisceau de fils de fer parallèles de 50 à 75 millimètres de long.

Quant à la combustion du jet, s'il sort avec une pression supérieure à $0^{kil},07$ par centimètre carré, elle n'a lieu que si le jet est au contact d'une flamme ou d'un corps solide comme la toile G (fig. 1) et la couleur de la flamme dépend de la distance, à partir du trou, où commence la combustion ; l'éclat est d'autant plus vif que la combustion commence plus près du trou. Avec un jet sortant d'un trou de $1^{mm},5$, sous une pression de $0^{kil},7$, et coupé à $0^{m},20$ du trou, la flamme est bleue et très bruyante ; si on la coupe par une plaque placée tout près devant le trou, la flamme est jaune et silencieuse. Dans le brûleur Wells (fig. 5 et 6), le pétrole admis en A se volatilise dans le vaporisateur ABC, chauffé par la flamme F, qui frappe le vaporisateur et le réseau interrupteur DD (fig. 5). Il en résulte une flamme bleue très chaude I (fig. 6). Ce petit éolipyle est employé pour chauffer les tubes de moteurs à pétrole, les fourneaux de plombiers..., il est fondu très habilement d'une seule pièce. La lumière Wells est produite par l'appareil fig. 7, ne différant du précédent que par ses dimensions et l'emploi du cône H en place du réseau D ; le cône H allume le jet plus près du trou F, et l'on ajoute au pétrole de la créosote pour augmenter encore l'éclat de la flamme ; dans les grands appareils, on double le vaporisateur, et, dans tous, se trouve un

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

bouchon E, permettant le nettoyage du vaporisateur. Les interrupteurs, retardant le passage d'une partie de la vapeur de pétrole, l'empêchent de s'éteindre, et la flamme, ainsi maintenue, allume et conserve allumé le reste du jet. Ces interrupteurs ou retardateurs sont, en général, constitués par le vaporisateur même ou par un cône tronqué, comme dans les brûleurs Wells et la lampe Seigel, qui donnent des flammes bleues ou jaunes suivant la distance du cône à l'ajutage du jet. On obtient le même résultat avec une grosse toile métallique placée devant le jet; quand cette toile est assez éloignée, comme par exemple, en E (fig. 4), ce jet ne brûle qu'au delà de la toile portée au rouge, avec une flamme bruyante bleue et sans fumée.

Chalumeaux.— Après avoir échoué en cherchant à transformer immédiatement un chalumeau à gaz en chalumeau à pétrole, M. Brickford construisit l'appareil figure 8, où la vapeur de pétrole arrive par un tube de 10 millimètres C, et dans le tuyau de 20 millimètres A, au droit du jet d'air B : dès que l'on donnait cet air, la flamme s'éteignait. Dans l'appareil fig. 9, le jet de pétrole arrive dans le tuyau de 25 millimètres A par la tubulure tronconique D au droit du jet d'air E; on obtient ainsi une bonne flamme de chalumeau avec production, aux embouchures de D et de B, d'une auréole bleue, dont l'extinction provoquait celle de la flamme. La figure 10 représente l'application de ce chalumeau au chauffage aussi direct que possible d'un creuset D : on a pu ainsi fondre en 20 minutes $6^{kil},3$ de laiton avec $1^{lit},30$ de pétrole.

L'appareil figure 11 se compose de deux tubes CC, de 20×280, percés de 10 trous D de 3 millimètres, écartés de 25 millimètres : si l'on injecte en A un jet de vapeur de pétrole par un ajutage de $1^{mm},5$ de diamètre, à la pression de $0^{kil},7$, la vapeur ne brûle pas en D; si on retourne l'appareil sens dessus dessous, elle brûle avec une flamme brillante (de même en disposant au-dessus de D des déflecteurs EE) (fig. 12) ou avec une flamme bleue très chaude si l'on remplace ces déflecteurs par des toiles métalliques à 50 millimètres de D; mais ces toiles se brûlent, on les a remplacées par des barreaux F (fig. 13) parallèles à C, et à 50 millimètres au-dessus de D, qui donnent une flamme bleue, basse et très chaude.

Dans le brûleur figure 14 et 15, le pétrole entre par A dans le vaporisateur B, d'où il passe par DE et l'injecteur C, à bouchon de visite F, au tube d'appel d'air H et à la chambre de mélange CC, à brûleurs JJ, dont les flammes frappent les déflecteurs K et chauffent B. Ce brûleur n'est pas silencieux mais fumivore; si l'on remplace les barreaux K par des grilles rapprochées des brûleurs, la flamme devient lumineuse et silencieuse. Ce brûleur, de 300 millimètres de long sur 50 millimètres de large, dépense 15 litres de pétrole par heure.

Sous une pression de $0^{kil},7$ un ajutage de 1 millim. et demi de diamètre dépense $4^{lit},6$ de pétrole par heure, puis de $0^{k},7$ à $0^{k},4$, la dépense varie proportionnellement à la racine carrée de la pression.

Les courbes 16 résument toute une série d'expériences faites avec l'appareil figure 11, à trous de 5 millimètres de diamètre, avec ajutage A de $1^{mm},4$ et $1^{mm},15$. On y a porté en abscisses le nombre des trous D ouverts, et en ordonnées les hauteurs auxquelles il fallait placer les toiles métalliques au-dessus de D pour avoir une flamme bleue, toujours bruyante. Pour obtenir une flamme silencieuse, il faut faire le mélange de vapeur de pétrole et d'air suffisant pour sa combustion dans une chambre séparée du brûleur, de manière que le jet brûle sans besoin de l'air extérieur ; en outre, le jet peut alors brûler sous une plus forte pression que sous le mélange préalable.

G. R.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

PROCÈS-VERBAUX

Séance du 8 juillet 1898.

Présidence de *M. Carnot*, président.

M. E. Collignon, secrétaire, dépouille la correspondance.

Il fait part de la perte éprouvée par la Société en la personne de *M. Antoni Pollok*, ingénieur conseil à Washington, membre correspondant du Comité des Constructions et Beaux-Arts, qui a trouvé la mort dans le naufrage de la *Bourgogne*.

M. le commandant *Perrinon*, 17, rue de Plaisance, à Asnières, présente un ventilateur *Brise-vent*. (Arts économiques.)

M. Gruet, à Vaison, présente un dispositif de *Signaux électriques applicables aux chemins de fer*. (Arts mécaniques.)

M. A. Birachi, 58, faubourg Saint-Denis, demande une annuité de brevet pour une *sourdine pour pianos*. (Arts économiques.)

M. Mordiconi, 62, rue des Gravilliers, présente différentes *inventions mécaniques*. (Arts mécaniques.)

M. Coret dépose un pli cacheté ayant pour titre : *Dessin et description d'un indicateur de remontage des pendules*, etc.

MM. les lauréats des prix et médailles décernés dans la séance générale du 24 juin adressent leurs remerciements à la Société.

Correspondance imprimée. — *M. Collignon* présente au Conseil, avec remerciements aux donateurs, les ouvrages mentionnés à la page 774 du *Bulletin* de juin.

Communications. — Sont présentées les communications suivantes de :

M. Mackenstein sur le *Chromographoscope Ducos de Hauron;*

M. Ducretet, sur la *Télégraphie hertzienne sans fil avec radio-conducteurs* de *M. Branly* et *les dispositifs* de *MM. Popoff* et *Ducretet*.

M. le Président remercie MM. Mackenstein et Ducretet de leurs intéressantes communications, qui seront renvoyées aux comités compétents.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

LIVRES ET OUVRAGES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE

EN JUILLET 1898

Station agronomique de l'Est, *champ d'expériences du Parc des Princes, septième année,* 1897-98. Plan et description des cultures de 1897 et 1898, par M. L. Grandeau, 1 broch. 23 p. Imprimerie nationale.

Calcul du travail des hélices et carènes. Recherches de principes et formules, par M. A. Duroy de Bruignac, 1 vol. in-8, 154 pages. Paris, librairie des Sciences générales.

Du ministère du Commerce. **École centrale des Arts et manufactures.** *Portefeuille des travaux de vacances,* année 1897.

Du ministère des Travaux public. **Les ports maritimes de France,** vol. 7, *d'Arles à Carri-le-Rouet,* 1 vol. in-8, 400 pages et 18 planches. Imprimerie nationale.

Du ministère de l'Agriculture d'Italie. **Annuario statistico italiano,** 1898, 1 vol. in-8, 380 pages. Roma, Typografia nationale, G. Bertero.

De M. Ronna, **L. Acque di Roma** (traduction du mémoire publié au *Bulletin* d'août 1897), 1 broch. in-4, 66 pages, Roma. Ermano Lococher.

Annuaire de la Société philotechnique, année 1897, 1 vol. in-8, 200 pages. Paris, Dalagrave.

De l'*Encyclopédie Leauté* (Paris, Gauthier-Villars). **Régularisation du mouvement dans les machines,** par M. L. Lecornu, et **Nouveau traité des Bicyclettes,** vol. 2, le Travail, par M. G. Bourlet.

Atti del reale istituto d'incorraggiamento di Napoli, 4e série, vol. 10 in-4, 500 pages. Naples, Cooperativa Typographia.

Lettre circulaire sur le développement obtenu en augmentant la production de la terre, par M. T. Rochford. Chez l'auteur, à Ballyanny-Negath (Irlande).

De la Société havraise d'études diverses. **Recueil des publications,** *années* 1896-1897. Le Havre, imprimerie Micaux.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

De l'emploi des boulons à charnières pour maintenir les obturateurs amovibles de certains récipients de vapeur, par MM. G. Polonceau et C. Walckenaer (Extrait des Annales des Mines).

Machines typographiques et procédés d'impression, par M. A.-L. Monet, avec préface de M. Chamerot, 3e édition, 1 vol. in-8, 484 p., 99 fig. Paris, Gauthier-Villars.

Recueil de données numériques publié par la *Société française de physique.* **Optique,** par M. H. Dufet, 1er fascicule. *Longueurs d'onde. Indices des gaz et des liquides,* 1 vol. in-8, 420 p. Paris, Gauthier-Villars.

Traité des chaudières à vapeur, par M. Ch. Bellens, 1 vol. in-8, 462 p., 216 fig. Paris, Baudry.

De l'*Institution of Civil Engineers* (London). **Proceedings, Vol. CXXXII.** Principaux Mémoires : *Stanton,* Grands glissements de terrains sur le Canadian Pacific Ry. *Dalby,* Nouveau dynamomètre de transmission. *Anderson,* Machines employées dans la fabrication de la cordite. *Strange,* réservoir avec hauts barrages en terre dans l'Inde. *Bryant,* Conditions thermiques des tôles de fer et de cuivre des chaudières. *Stanley,* Restauration du pont Albert à Brisbane. *Harding,* Plans inclinés de Junin. *Butler,* Avantages du broyage très fin du ciment de Portland. *Barker,* Réservoirs de refroidissement pour les machines à condensation.

Festschrift zur 39. Hauptversammlung des Vereines Deutscher Ingenieure. Chemnitz, 1898, 1 vol. in-4, 416 p., chez Hugo Wilisch, Chemnitz.

Recherches sur le nickel et ses alliages, par M. C.-E. Guillaume, 1 broch. in-8, 60 p. Paris, Gauthier-Villars.

Éclairage au gaz. Éclairage électrique. Tramways. *Mission à l'étranger en* 1898 (compte rendu sommaire), par M. Lauriol, 1 broch. in-4, 35 pages. Imprimerie nationale.

De **M. Lindet,** membre du Conseil, les ouvrages suivants provenant de la bibliothèque de *M. Aimé Girard :*

Statistique de la Belgique, tableau général du Commerce avec les pays étrangers, 1872-1896, 19 vol. — Bulletin hebdomadaire de Statistique municipale de la Ville de Paris, 1881-1895, 16 vol. — Moniteur de la Papeterie française, 1872-1896, 24 vol. — Compagnie parisienne du Gaz, réduction du prix du gaz, 1883, 6 vol. — Barral. Irrigations du département de Vaucluse, 1877, 2 vol. — Paper Maker's Journal, 1872-1878, 7 vol. — Le Cidre, 1888-1895, 5 vol. — Congrès des Fabricants de Papier en France, 1864-1879, 3 vol. — Warren de La Rue. Solar Eclipse, 1862, 1 vol. — Commission supérieure pour l'aménagement des Eaux, 1878-1879, 1 vol. — Champion, De la Dynamite, 1870, 1 vol. — Rivers pollution Commission, London, 1880, 3 vol. — Liotard. Materials for Paper, 1880, 1 vol. — The Trade of the United Kingdom with the foreign Countries, 1884, 1 vol. — Lyell. The antiquity of Man, 1863, 1 vol. — Colburn, the Gasworks of London, 1865, 1 vol. — Fossil Fuel, Collieries and Coal trade of the Great Britain, 1833, 1 vol. — Levasseur. Statistique graphique, 1 vol. — Leithart. Practical Observations ou mineral Veins, 1838, 1 vol. — Schwackhofer. Technologie der Warme et des Wassers-Wien, 1883, 1 vol. — Fistie. L'hélice en papeterie, 1886, 1 vol. — Paper, Pasteboard et papier mâché, specifications, London, 1858, 1 vol. — Latour du Moulin. Lettres sur la Constitution de 1852, 1862, 1 vol. — Wrigley, Petroleum of Pennsylvania, 1875, 1 vol. — Servier. Éclairage des voies publiques, 1882, 1 vol. — Aucoc. Conditions légales des Étangs salés des bords de la Méditerranée, 1882, 1 vol. — Renouard. Habitations ouvrières de Llile, 1887, 1 vol. — Cumenge. Gisements de charbon et de bitume de la Trinitad, 1882, 1 vol. — De Loriol. Bassin houiller de la Ruhr, 1875, 1 vol. — Natalis Rondot. L'Enseignement de l'Industrie de la soie, 1877, 1 vol. — Compagnie parisienne du Gaz, rectification des erreurs contenues dans le rapport de M. Cochin, 1883, 1 vol. — Ville de Paris.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Commission du gaz, procès-verbaux, 1890, 1 vol. — Compagnie parisienne du gaz, rapports, 1869-1880, 1 vol. — Enquête sur les houilles, 1852, 1 vol. — Mémoires divers sur la fabrication du papier, 1861-1870, 2 vol. — Berthot. Les forces mutuelles et leurs applications, 1886, 1 vol. — Bidaut. Exploitation de la houille en Belgique, 1837, 1 vol. — Barreswil. Rapport sur le travail des enfants, 1865, 1 vol. — Rapport fait en 1850 par une Commission chargée d'étudier l'organisation du Muséum d'histoire naturelle, 1863, 1 vol. — Mathieu. Les traverses en bois sur les chemins de fer français, 1885, 1 vol. — Natalis Rondot. Exposition universelle de 1862, rapport sur les tissus, 1865, 1 vol. — Dusuzeau. Rapport de la Commission des soies de la Société d'agriculture de Lyon, 1879, 1 vol. — Lyon-Caen. Brevets d'invention, 1879, 1 vol. — South Kensington Museum, Inventory of the Food Collection, 1872, 1 vol. — Malapert. Lois sur les brevets d'invention, 1889, 1 vol. — Législation française et étrangère sur les brevets d'invention, 1866, vol. — Cogniet, Huiles minérales, 1868, 1 vol. — Michel Chevalier. Du système protecteur, 1853, 1 vol. — Giroud. Pression du gaz d'éclairage, 1867, 1 vol. — Acids, alkalies, oxides and salts, Specifications, 1869, 1 vol. — Cartes du terrain houiller de la Loire, du bassin houiller de l'Angleterre, du bassin houiller de Saint-Étienne, s. l. n. d. — Société de secours des Amis des Sciences. C. R. des séances, 1859-1896, 6 vol. — Smyth. Coal & Coal mining, 1873, 1 vol. — Laurent. La bière de l'avenir, 1873, 1 vol. — Hubert-Valleroux. De l'enseignement, 1859, 1 vol.

La Dynamo, *modèle démontable en carton*, par M. C. Volken, 1 album, 30 pages, Paris, Bernard.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

LITTÉRATURE

DES

PÉRIODIQUES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE DE LA SOCIÉTÉ

Du 15 Juin au 15 Juillet 1898

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.
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).
La . . . . La Locomotion automobile.
Ln. . . . . La Nature.
Ms. . . . . Moniteur scientifique.
Mc . . . . Revue générale des matières colorantes.
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.).
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 reservés au Cnam et à ses partenaires

AGRICULTURE

Allemagne. Agriculture allemande. *Ap.* 10 *Juin*, 854.

Bétail. Engraissement par la mélasse. *Ap.* 16 *Juin*, 850.

— précoce (Pluchet). *SNA.* 2 *Mars*, 123.

— (Alimentation du). *Ag.* 2 *Juillet*, 25.

Betteraves fourragères (Culture des) (Dehérain). *SNA.* 2 *Mars*, 119, 141.

Chevaux. Augmentation du droit sur les chevaux importés. *SNA. Mars*, 175, 192.

— américains. Importation en France. *SNA. Avril*, 237.

Engrais. Fumière métallique Montoussé. *Ap.* 30 *Juin*, 920.

Institut national agronomique. Organisation de l'enseignement. *Ap.* 7 *Juillet*, 22.

Machines agricoles. Semoir Brenton. *E.* 17 *Juin*, 779.

— Charrue (Théorie de la). *Ap.* 16 *Juin*, 868.

— Houes à un rang. *Ap.* 23 *Juin*, 899.

— Presses à foin Howard. *E.* 24 *Juin*, 789.

Prairies naturelles, hersage et roulage. *Ap.* 7 *Juillet*, 31.

Racines fourragères, amélioration de la culture. *Ap.* 23 *Juin*, 889.

— Navets fourragers. *Ap.* 7 *Juillet*, 20.

Tabac (Maladies du). *Ag.* 18, 25 *Juin*, 983; 1010. 9 *Juillet*, 67.

Vers blancs (Destruction des). *Ag.* 18 *Juin*, 992.

Vignes. Phosphocarbure de chaux contre le phylloxera. *Ag.* 25 *Juin*, 1022.

— *Vins* (Analyse des). *Pc.* 1er *Juillet*, 5.

— — Réaction permettant de reconnaître la nature des vins blancs obtenus par la décoloration. *Id.*, 9.

CHEMINS DE FER

Chemins de fer économiques. *E.* 17 *Juin*, 763.

— métropolitains. Vienne. Londres. *Rgc. Juin*, 462; *Gc.* 25 *Juin*, 121.

— — Waterloo-and City Ry. *E.* 8 *Juillet*, 51.

— suisses. Rachat des. *Musée Social* (B), nº 18.

— Transsibérien. *E'.* 8 *Juillet*, 25.

— français. Améliorations depuis 5 ans. *Ef.* 9 *Juillet*, 35.

— indiens. *EM. Juillet*, 558.

— du Congo (Thys). *Rs.* 9 *Juillet*, 33.

Chemins de fer *électrique* du Salève. *EE.* 2 *Juillet*, 15.

— *à crémaillères* (Nouveau) (Bruckmann). *VDI.* 2 *Juillet*, 755.

Gare nouvelle du P.-L.-M. E. 1er *Juillet*, 1.

Locomotives à hautes pressions. *E'* 9 *Juillet*. 37.

— *Compound*, du Nord français. Expériences (Barbier). *Rgc. Juin*, 431; *Juillet*, 12. *Gc.* 9 *Juillet*, 149, équilibrée Ivanoff. *RM, Juin*, 645.

— Express du North British. *E'.* 1 *Juillet*, 3.

— du Highland. Ry. *E'* 9 *Juillet*. 30.

— américaines (Dépenses des). *Rgc. Juin*, 479.

— du Wisconsin central. *RM. Juin*, 647.

— du Dublin-Kingstown. *E'.* 24 *Juin*, 610.

— Influence de l'huile de graissage et de la nature des tubes sur la dépense du charbon. *Rgs. Juin*, 60.

Signaux. Avertisseur de passage à niveau, Barluet. *Rgc. Juin*, 454.

— Organisation du Block-System pour double voie en Angleterre (Mangi). *Rgc. Juillet*, 3.

Wagons (Élévateur de). Chicago-Indianopolis. *RM. Juin*, 648.

— en acier en Amérique. *Rgc. Juillet*, 60.

Voie. Tire-fonds pour rails Vignole en Allemagne. *Rgc. Juin*, 483.

— Traverses métalliques, essais comparatifs de l'État néerlandais. *Rt.* 10 *Juillet*, 294.

TRANSPORTS DIVERS

Automobiles. Concours de la Royal Agricultural Society. *E.* 17 *Juin*, 764; *E'.* 17 *Juin*, 571; *E'.* 17 *Juin* 573.

— — des fiacres. *Ln.* 17, 23, 30 *Juin*, 378, 386, 403; *EE.* 18 *Juin*, 494; *Rt.* 25 *Juin*, 275; *Gc.* 25 *Juin*, 125.

— *au pétrole* Daimler. *E.* 17 *Juin*, 762.

— — Divers. *Ri.* 18, 25 *Juin*, 243, 254; 2, 7 *Juillet*, 263, 273.

— — Koch. *La.* 30 *Juin*, 406.

— — Decauville. *RM. Juin*, 650.

— — Baines et Norris. *RM. Juin*, 651.

— *électriques* Bouquet Garcin. *La.* 23 *Juin*, 390.

— — Ellieson. *Ie.* 25 *Juin*, 253.

— — Doré. *La.* 30 *Juin*, 412.

— — Cie française des voitures automobiles. *EE.* 2 *Juillet*, 27.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Automobiles. Concours des fiacres. *La.* 17, 23, 30 *Juin*, 378, 386, 403; *Ln.* 9 *Juillet*, 87; *Elé.* 9 *Juillet*, 20; *EEq. Juillet*, 60.
— *Avant-train* Doré. *La.* 30 *Juin*, 412.
Locomotives routières Clayton et Shuttleworth. *E.* 24 *Juin*, 788.
— américaines. *E'. Juillet*, 16.
Tramways *électriques* (Les) (Cardew). *EE.* 9 *Juillet*, 76.
— Emploi des accumulateurs (Zerner). *Gc.* 9 *Juillet*, 158.
— mixte Pantin-Aubervilliers. *Rgc. Juin*, 469.
— de Kilderminster-Stourport. *E'.* 24 *Juin*, 594.
— Pierrefitte-Cauterets. *Ie.* 25 *Juin*, 257.
— à Caniveau Walker. *EE.* 25 *Juin*, 529.
— Pertes par les rails dans les systèmes par contacts (Vigneron). *EE.* 25 *Juin.* 525.
— Feeders de retour (Trotter). *EE.* 9 *Juillet*, 74.
— Voitures à impériale Pullmann. *E'.* 9 *Juillet*, 41.
— *à air comprimé* (Compresseur pour) (Barbet). *RM. Juin*, 595.
Vélocipédie. Divers. *Dp.* 18 *Juin*, 233.
— historique (Bourlet). *Gc.* 18, 25 *Juin*, 104, 119.
— Roulements sur billes (Bourlet). *Gc.* 9 *Juillet*, 153. Star. Bamberger. Lunde. *RM. Juin*, 651.

CHIMIE ET PHYSIQUE

Acides sulfureux et hydrogéné, réactions à l'état naissant (Berthelot). *ACP. Juillet*, 289.
— sélénique (préparation par le séléniate de cuivre) (Metzner). *CR.* 4 *Juillet*, 54.
— phosphorique (Dosage de l') (Lasne). *CR.* 1er *Juillet*, 62.
Acoustique. Inscription des phénomènes phonétiques (Marey). *Rgds.* 15, 30 *Juin*, 445, 482.
Air liquide (d'Arsonval). *CR.* 13 *Juin*, 1683.
— Chaleur spécifique à pression constante (Leduc). *CR.* 27 *Juin*, 1860.
— Recherches spectrales sur l'air atmosphérique (Moissan et Deslandres). *CR.* 13 *Juin*, 1689, 1691.
Alcool. Extraction de la cellulose du bois (Simonsen). *Ms. Juillet*, 508.
Asphalte. Raffinage de Wilkinson. *E.* 17 *Juin*, 780.
Azote. Poids atomique (Veres). *CR.* 13 *Juin*, 1714.
Blanchiment. (Machinerie du) (Tebbutt). *E.* 17, 24 *Juin*, 771, 805.
Brasserie. Divers. *Ms. Juillet*, 505; *Cs.* 30 *Juin*, 592.
— Bierres tournées (Freiv). *Cs.* 30 *Juin*, 561.
Carbure de Tungstène (Nouveau) (Williams). *CR.* 13 *Juin*, 1722.
— de lithium. Chaleur de formation. (Guntz). *CR.* 27 *Juin*, 1806.
Chaux et Ciments. Conduits en ciment Bonna. *Le Ciment. Juin*, 82, 120.
Chocolat. Recherche de la gélatine (Onfroy). *Pc. Juillet*, 7.
Cristaux (Structure des) (Sollas). *RSL.* 18 *Juin*, 270, 300.
Eaux potables (Purification des) (Guichard). *ScP. Juillet*, 508.
— Décomposition par les sels de chrome (Berthelot). *CR.* 4 *Juillet*, 24.
— d'égout. Désinfection par le chlore. Muspratt et Shrapnell. *Cs.* 30 *Juin*, 529. — La chaux (C. Bell). *CD.* 30 *Juin*, 545.
Enseignement de la chimie dans les universités françaises (Haller). *Mc.* 1er *Juillet*, 257.
Essences de géranium (Acides des) (Flateau et Labbé). *CR.* 27 *Juin*, 1876.
— Diverses. *Cs.* 30 *Juin*, 597.
Explosifs. Divers. *Cs.* 30 *Juin*, 603,
— Perfectionnements récents (Street). *Ms. Juillet*, 495.
— Celluloses nitrées supérieures (Hoitsema. *M.* 3 *Juillet*, 500.
— Fabrication de la cordite à Watham Abbey (Anderson). (*Id.*), 502.
Fermentation alcoolique (La) (Sullivan). *Cs.* 30 *Juin*, 559.
Gaz (Mélange des) (D. Berthelot). *CR.* 13 *Juin*, 1703 (Van der Vaals). *Id.* 27 *Juin*, 1856. Leduc, *Id.* 1889.
Gaz d'éclairage. Divers. *Cs.* 30 *Juin*, 565.
— Congrès de l'Institution of Gas Engineers. *E.* 17 *Juin*, 768.
— Becs incandescents Kern, Langham. *Cs.* 30 *Juin*, 506.
— Régulateur de pression Maquaire. *EE.* 18 *Juin*, 497.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Gaz d'éclairage. Allumage des becs à incandescence. *Ri.* 9 *Juillet*, 278.
— Éclairage par les flammes. Progrès récents (Bunte). *Rgds.* 15 *Juin*, 456.
Acétylène. Exposition de Londres. *E.* 17 *Juin*, 755. Fabrication. *E'.* 24 *Juin*, 591.
— Gazogènes. Divers. *Dp.* 18, 25 *Juin*, 237, 255; *Cs.* 30 *Juin*, 567. Whalley. *E.* 17 *Juin*, 779. Lux. *Co.* 18 *Juin*, 778. Payan. *Ri.* 25 *Juin*, 255. (Fonctionnement des) (Lewes). *Cs.* 30 *Juin*, 532.
— Carbure glucosé (Létang). *EE.* 17 *Juin*, 508.
— (Chloruration de l') (Monneyrat). *CR.* 20 *Juin*, 1805.
— Combinaison cristallisée avec le chlorure cuivreux (Chavastelon). *CR.* 20 *Juin*, 1810.
Graisses. Séparation des acides gras bibasiques de l'oxydation des graisses (Bouveault). *ScP.* 5 *Juillet*, 562.
Guaïacol (Nouvelle synthèse du). *Cs.* 30 *Juin*, 542.
Huile de lin (Dosage de la résine dans l'). (Konigh). *CN.* 24 *Juin*, 287.
— — de cade (Cathelineau et Hausser). *ScP.* 5 *Juillet*, 577.
Hydrogène. Action sur le sulfure d'argent (Pelabon). *CR.* 27 *Juin*, 1864. Sur l'acide azotique (Berthelot). *CR.* 4 *Juillet*, 27.
Hyperborates et hypertitanates. *Cs.* 30 *Juin*, 579.
Laboratoire. Teinture de gaïac réactif des agents d'oxydation. *Pc.* 15 *Juin*, 569.
— Dosage des nitrites dans les eaux (Robin). *Pc.* 15 *Juin*, 575.
— — de la potasse (Linde Gladding). *CN.* 10, 17 *Juin*, 263, 275.
— — de l'ammoniaque dans une atmosphère gazeuse (Denigès). *CN.* 10 *Juin*, 267.
Manganèse. Oxydation du précipité par le chlorate. *CN.* 10 *Juin*, 269.
Optique. Étalons lumineux usuels (Laporte). *Sic. Mai*, 166.
— Phénomène de Zeemann (Becquerel et Deslandres). *CR.* 4 *Juillet*, 18.
— Application des franges à l'étude des micromètres (Hamy). *CR.* 20 *Juin*, 1772.
— Mesure optique de longueurs pouvant atteindre plusieurs décimètres (Perot et Fabry). *CR.* 20 *Juin*, 1779.
Optique. Pouvoir rotatoire du quartz dans l'infra-rouge (Dongier). *ACP. Juillet*, 331.
— *Rayons X. EE.* 18 *Juin*, 510. 9 *Juillet*, 86, 88.
Oxygène liquide. Susceptibilité magnétique. *CR.* 27 *Juin*, 1893. 4 *Juillet*; 43, 46. Fleeming et Dewar. *RSL.* 30 *Juin*, 311.
Ozone liquide. Température d'ébullition (Troost). *CR.* 20 *Juin*, 1751.
Papier. Divers. *Cs.* 30 *Juin*, 595.
Parfums. Cétones à odeur de violette (Tieman). *ScP.* 20 *Juin*, 520.
Pétrole. Sources nouvelles au Caucase (Venukoff). *CR.* 13 *Juin*, 1740. Du Texas. *Eam.* 18 *Juin*, 734.
Prascodymium et Neodymium. Poids atomiques (C. Jones). *CN.* 17, 24 *Juin*, 280, 292.
Propriétés chimiques de certains éléments (Tilders). *CN.* 8 *Juillet*, 16.
Sels mixtes halogènes du plomb (Thomas). *ScP.* 20 *Juin*, 488.
Spectres des dissolutions des sels fondus, de Gramont. *ScP.* 5 *Juillet*, 548.
Sulfate de chaux. Action sur les sels haloïdes alcalins (Ditte). *AcP. Juillet*, 294.
Sulfoantimonites des métaux alcalino-terreux (Pouget). *CR.* 20 *Juin*, 1792.
Sucrerie. Détérioration du sucre brut de canne en magasin (Shorey). *Cs.* 30 *Juin*, 554.
— Divers. *Cs.* 30 *Juin*, 590.
Tannerie. Divers. *Cs.* 30 *Juin*, 589.
— Progrès depuis 1894 (Paessler). *Ms. Juillet*, 483.
— Essais sur le dépilage par l'échauffe et le pelanage (Schoerder). *Ms. Juillet*, 494.
Teinturerie. Divers. *Cs.* 30 *Juin*, 569, 574.
— Anthraquinones nouvelles. *Cs.* 30 *Juin*, 672.
— Safranine (Synthèse de la) (*Actualités chimiques*). 30 *Mai*, 153.
— — de la laine et constitution de cette fibre (Prudhomme). *Ms. Juillet*, 467.
— Progrès des matières colorantes en 1896-97 (Ehrmann et Suais). *Ms. Juillet*, 472.
— Rouge de paranitraniline (Sausone). *Mc.* 1er *Juillet*, 267.
— Couleurs nouvelles. *Mc.* 1er *Juillet*, 270.
— Livres et procédés de teinture (Picquet). *Mc.* 1er *Juillet*, 276.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Terres rares (Complexité des) Urbain. (*Actualités chimiques*). 30 *Mai*, 141.
Vernis et Résines. *Cs*. 30 *Juin*, 589.

COMMERCE ET ÉCONOMIE POLITIQUE

Bimétallisme et l'industrie de l'argent aux États-Unis (Detienne). *Ru. Mai*, 216.
Céréales. Production de la Russie. *USR. Juin*, 279.
Chambres de commerce. Nouvelle organisation. *Ef*. 18 *Juin*, 835.
Chine. Mission Blackburn. *E*. 8 *Juillet*, 49.
Dépopulation (Causes de la). *Ef*. 2 *Juillet*, 3. *Rso*. 1er *Juillet*, 49.
États-Unis (Vie ouvrière aux). *Rso*. 16 *Juin*, 925.
— (Jardins ouvriers aux). *Id*. 956.
France. Moyens d'en relever le commerce extérieur. *Ef*. 9 *Juillet*, 43.
Indo-Chine. Son développement. *Ef*. 18 *Juin*, 837.
Japon. Commerce extérieur en 1897. *E*. 17 *Juin*, 765.
Participation aux bénéfices dans l'agriculture. *Ef*. 25 *Juin*, 879.
Prévoyance (Petites institutions de) contre la mortalité des animaux de la ferme. *Musée social* (B), n° 19.
Propriété industrielle. Congrès de Londres. *Ri*. 25 *Juin*, 258.
Singapoure. Gouvernements des colonies anglaises. *Ef*. 3 *Juillet*, 5.
Travail contemporain (Le) (Fix). *Rt*. 25 *Juin*, 253.
Viandes gelées. Commerce en Australie et l'Argentine. *USR. Juin*, 161.

CONSTRUCTIONS ET TRAVAUX PUBLICS

Équilibre d'un barrage en maçonnerie à section rectangulaire (M. Lévy). *CR*. 4 *Juillet*, 10.
Maisons Fischer à Chicago. *E*. 24 *Juin*, 781.
De Park Row à New-York. *E*. 8 *Juillet*, 39.
Ponts suspendu de Saint-Valier. Essai *APC*. 1898 (1).
— Alexandre III (Résal et Alby). *APC*. 1898 (6).
Ponts. De Mungster. *Gc*. 2 *Juillet*, 133.
— Viaduc du Viaur (Volontat et Thory). *APC*. 1898 (7).
— En ciment armé Hennebique. *Le Ciment*. *Juin*, 85.
Théâtres. Trappes hydrauliques de Drury-Lane. *E*. 17 *Juin*, 754.
— Construction des scènes. *N*. 16 *Juin*, 163.
Toits et rotondes (Théorie des) (Kohfahl). *VDI*. 25 *Juin*, 613, 2 *Juillet*, 749.

ÉLECTRICITÉ

Commutateur Ihler. *EE*. 9 *Juillet*, 47.
Courants alternatifs (Redressement des). (Janet). *CR*. 20 *Juin*, 1785.
Dynamos. Divers. *Dp*. 25 *Juin*, 249; 2 *Juillet*, 263.
— (Les) Parshall et Hobart. *E*. 1, 8 *Juillet*, 6, 35.
— (Commutation dans les) à courants continus (Girault). *Sie. Mai*, 183; *Ie*. 25 *Juin*, 250.
— à courant continu donnant plusieurs tensions simultanées. *Elé*. 2 *Juillet*, 6.
— Moteurs triphasés. *EE*. 25 *Juin*, 533.
— Transformation de l'énergie chimique en électricité (Foerter). *Ms. Juillet*, 461.
Éclairage du port de Rouen (Château). *APC*. 1898 (3).
— *Arc*. lampes Davis et Conrad, Quinby, Baker et Fox, Holsten, Crawford, Tepel, de l'Algemeine, Crompton, Drake et Cosham, Smith. *EE*. 18 *Juin*, 487.
Électro-aimant de 30000 unités. *EE*. 18 *Juin*, 481.
Électro-chimie. Divers. *Cs*. 30 *Juin*, 582.
— Cuivre, chrome, or. *Id*., 584.
— Fer, *Id*., 586.
— Préparation du phosphore au four électrique (Matignon). *Ri*. 18 *Juin*, 244.
— — de l'oxygène par électrolyse de l'eau (Garuti). *Rt*. 10 *Juillet*, 292.
— Progrès en 1897 (Andreoli). *Eam*. 18 *Juin*, 732.
— Résistance électrolytique de l'aluminium (Wilson). *RsL*. 30 *Juin*, 329.
— Galvanisation Cowper Cowles. *EM. Juillet*, 394.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Mesures. Compteur Bryan. *EE.* 18 *Juin*, 499.
— Vérification rapide d'un wattmètre pour courants périodiques. *Elé*, 18 *Juin*, 386.
— des capacités par la balance. *Elé*, 2 *Juillet*, 4.
Paratonnerre (Le). *Ln.* 9 *Juillet*, 93.
Résistance pour grandes intensités Derry. *Élé.* 25 *Juin*, 401. *Ie.* 25 *Juin*, 255.
Servo-moteur Siemens et Halske. *EE.* 9 *Juillet*, 45.
Stations centrales. Port Dundas, Glasgow. *E.* 24 *Juin*, 793.
— Économie des moteurs (Weiss). *E.* 8 *Juillet*, 59.
— Tarifs de vente. *Elé.* 2 *Juillet*, 8.
Tableau indicateur Tournaire. *EE.* 2 *Juillet*, 35.
Télégraphie. — Transmissions rapides par alternateurs. *N.* 30 *Juin*, 211.
Téléoscope Predfort. *Elé.* 25 *Juin*, 409.
Téléphonie. Poste Bernheim. *Elé.* 2 et 9 *Juillet*, 1 et 20.
Transmissions d'énergie (Les) (Blondel). *APC.*, 1898 (5).
— Behrend. *E.* 24 *Juin*, 809.

HYDRAULIQUE

Pompes des eaux de Stretham. *E'.* 17 *Juin*, 569.
— centrifuges pour les docks de Libau. *E.* 1er *Juillet*, 5; de Glasgow. *E'.* 8 *Juillet*, 29.
— équilibrées Armstrong. *RM. Juin*, 652.
— à vapeur, triple expansion Sulzer. *E'.* 1er *Juillet*, 10.
— locomobiles Merrywheather. *E.* 8 *Juillet*, 48.
— directes Appleton. *RM. Juin*, 652. Worthington. *RM. Juin*, 653.
Siphon. Moyens d'en assurer le fonctionnement permanent. *Gm. Juin*, 477.

MARINE, NAVIGATION

Astronomie nautique. *N.* 16 *Juin*, 151.
Bateaux à roues du Nord français pour le service de Calais-Douvres. *E.* 24 *Juin*, 792.
Constructions navales sous le règne de Victoria. *E'.* 17 *Juin*, 574.
Gouvernail pneumatique du Terror. *E.* 1er *Juillet*, 25.
Machines marines du croiseur *Friedland* *E.* 1er *Juillet*, 12.
— de 320 chevaux Shanks. *E.* 1er *Juillet*, 5.
— (Équilibrage des). (Haas). *RM. Juin*, 574.
Marine de guerre. Les marines modernes (Clowes). *EM. Juillet*, 539.
— anglaise. *E.* 1er *Juillet*, 17. Cuirassé *Albion. E'.* 17, 24 *Juin*, 575, 606; *E.* 24 *Juin*, 799. Croiseur *Europa.* Essais. *E.* 1er *Juillet*, 21.
— japonaise. Croiseur *Tokiwa. E'.* 9 *Juillet*, 33.
— destruction du *Maine.* *E.* 17, 24 *Juin*, 753, 782; 1er *Juillet*, 23.
Phare de Ryvingen. *Gc.* 18 *Juin*, 101.
Plans inclinés pour bateaux. *ZOI.* 17, 24 *Juin*, 365, 377.
Touage électrique (Cox). *VDI.* 18 *Juin*, 691.

MÉCANIQUE GÉNÉRALE

Air comprimé. Compresseur étagé Wright. *RM. Juin*, 663.
Arrêt de moteur Monarch. *EE.* 9 *Juillet*, 30.
— Welbury. *RM. Juin*, 660.
Calculer (Machines à). Diverses. *Dp.* 9 *Juillet*, 14.
Chaînes (Usure des). *E'.* 9 *Juillet*, 34.
Changement de marche Grist. *RM. Juin*, 632.
— Ravasse-Reeves. *Id.*, 662.
Chaudières Todd, Tonkin, du *Kaiser Wilhelm. RM. Juin*, 640.
— — *à tubes d'eau* Johnston. *RM. Juin*, 642. Weir. *E'.* 24 *Juin*, 612. Mazières. *Ri.* 9 *Juillet*, 275. Yarrow. *RM. Juin*, 642. Simon et House. *Id.*, 642. Alimentation Dunlop. *RM. Juin*, 644. Filtres Rankine. *Ri.* 18 *Juin*, 245. Chaufferie de la raffinerie Arbuckle. *RM. Juin*, 643.
— Grilles Thurell Horsfall. *RM. Juin*, 643, Maier et Kanitz. *Id.*, 644.
— Accidents en 1898. *APC.*, 1898 (n° 9).
— Foyers fumivores. Concours de la ville de Paris. *RM. Juin*, 605.
— Porte de Crane. *RM. Juin*, 644.
— Boulons à charnière pour obturateurs amovibles (Polonceau et Walckenaer). *APC.*, 1898 (8).
— Conductibilité des tôles. *Dp.* 25 *Juin*, 243.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Chaudières. Vent forcé Gwynne. *E'.* 17 *Juin*, 571. Horsfall. *E'.* 9 *Juillet*, 40.
— Injecteur Sticker. *RM. Juin*, 633.
— Rivures. Avaries causant des explosions (Baclé). *Gc.* 9 *Juillet*, 155.
— Évaluation de la fumée. Ringelmann. *Rt.* 25 *Juin*, 268.
— Surface de chauffe des. *E'.* 7 *Juin*, 580.
— Purificateurs d'eau d'alimentation. Udell et Bochmer. Tranter et Howl. *RM. Juin*, 644.
Dragues du Misissipi. *RM. Juin*, 655.
— pour placers Beckmann. *RM. Juin*, 655.
Écrou Crocker. *E'.* 17 *Juin*, 571.
Embrayage hydraulique Herschmann. *E.* 8 *Juillet*, 57.
Engrenage à vis sans fin, tracé (Bastien). *Bam. Juin*, 465; *E.* 8 *Juillet*, 33.
Graisseur Chapmann. *RM. Juin*, 663.
Levage. Pont roulant de fonderie de 12 tonnes. Unruh et Liebig. *Ri.* 2 *Juillet*, 264.
— — électrique Shaw. *EE.* 9 *Juillet*, 50.
— Ascenseur électrique Ihler. *EE.* 9 *Juillet*, 52.
— Grue de pesage Nagel et Kaemp. *RM. Juin*, 653.
Machines-outils. Alésoir pour trous de brides Walker. *E.* 17 . *Juin*, 755.
— Cintreuse Barrow. *RM. Juin*, 657.
— Dresseuse pour meules Roberti. *Rm. Juin*, 658.
— Fraiseuses diverses. *Dp.* 18 *Juin*, 226. Wesson. *RM. Juin*, 634. Klay. *Id.* 636.
— — pour couteaux de table Johnston. *RM. Juin*, 635.
— Perceuse pour chaudières. Hulse. *E.* 17 *Juin*, 751.
— Raboteuse universelle. Bement-Miles. *RM. Juin*, 637.
— à forger (Codron). *Bam. Juin*, 427.
— à tailler les pignons hélicoïdaux. *Dp.* 9 *Juillet*, 9.
— Marteau dresseur Donaldson. *RM. Juin*, 650.
— Tours. Commande du chariot. *VDI.* 25 *Juin*, 725.
— — alésoir au gabarit. *RM. Juin*, 658.
— Tubes. Laminoirs Sturgeon, Charnock. *RM. Juin*, 657.
— Rochet réversible Tyler. *RM. Juin*, 658.
— *à bois.* Appareils de sûreté Tailby. *E.* 1 *Juillet*, 9.
Machines-outils. ScieKirchner. *RM. Juin*, 657.
— *à pierres.* Scies Rushworth. *E.* 1er *Juillet*, 11.
— — Losche et Zschunke. *Ri.* 2 *Juillet*, 261.
Machines à vapeur. Rendement. (Mollier.) *VDI.* 18 *Juin*, 686. Sans condensation (Les) (Stanwood). *EM. Juillet*, 603.
— Compound verticale Fowler. *E'.* 1 *Juillet*, 9.
— Compression dans l'espace mort. (Boulvin.) *RM. Juin*, 553.
— (équilibrage des). *E'.* 17, 24 *Juin*, 584, 611, 1er *Juillet*, 18.
— Piston Marschall. *E'. Juillet*, 8.
— Rotatives Ghersi. *La.* 16 *Juin*, 374. Arbel et Tihon. *La.* 30 *Juin*, 407.
— *simple effet* Restler. *E'.* 17 *Juin*, 583.
— Distribution Marschall. *Rm. Juin*, 667.
— *Régulateurs* Robinson. *E.* 17 *Juin*, 759; *E'.* 24 *Juin* 598. Marschall. *E'. Juillet*, 8. Haggem. *RM. Juin*, 667.
— Turbo-moteur marin Persons. *RM. Juin*, 660.
— *Distribution* Turner. *E'.* 24 *Juin*, 600. Restler. *Ri.* 25 *Juin*, 254.
— *Condenseurs.* — Éjecteur Bourdon. *RM. Juin*, 661.
— **à gaz** de hauts fourneaux. *Ru. Mai*, 188, 200; *Rt. Juillet*, 289.
— — Kilmarnock American. *RM. Juin*, 667. Chaudun, Wolverine, Carnes et Mac-Kibben. Pétréano. *Id.*, 669.
— *à pétrole.* Diesel. *Rgds.* 15-30 *Juin*, 462, 498; *Dp.* 18 *Juin*, 222. *E'.* 8 *Juillet*, 26. *VDI.* 9 *Juillet*, 783.
— — Davies. *E'.* 24 *Juin*, 599.
— — Divers. *Dp.* 25 *Juin*, 241.
— — Decauville, Faure, Lamy et Richard, Seunier. *RM. Juin*, 790, 791.
— — *Graisseur* Holt. *RM. Juin*, 672.
Résistance des matériaux. Déformation permanente des métaux industriels (Brillouin). *ACP. Juillet*, 311.
— Essais pour le matériel roulant. *E'. Juillet*, 1.
Roulement sur billes (Étude des) (Bourlet). *Gc.* 29 *Juillet*, 139, 153.
Servomoteur Watson. *RM. Juin*, 662.
Transmission Rademacher. *RM. Juin*, 662.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

MÉTALLURGIE

Aluminium (Industrie de l'). *E'.* 1er *Juillet*, 21.
Soudure. *Elé.* 18 *Juin*, 389.

Cuivre. Raffinage électrolytique en 1897 (T. Ulke). *Eam.* 2 *Juillet*, 6.

Fer et acier. Ateliers du Creusot. *E.* 17-24 *Juin*, 749, 791; 8 *Juillet*, 35.

— Bessemer. (Thermo-chimie) du (Hartley). *SA.* 8 *Juillet*, 705.

— Acier basique sur le continent (Stromeyer). *E.* 7 *Juin*, 777.

— — (Progrès réalisés dans l'étude de l') (Greiner). *Ru. Mai*, 145.

— — laminage de l'acier Thomas (Magery). *Ru. Mai*, 170.

— *Hauts fourneaux.* Emploi de la chaux. (Cochrane). *E.* 17, 24 *Juin*, 775, 807.

— — Réductibilité des minerais, méthode de Wiberg. *Gc.* 2 *Juillet*, 143.

— *Fonderie* centrifuge (Lewicki). *VDI. Juin*, 719.

Or. Procédé Petatan Clèrici. *Bam Juin*, 450.

— — Cassel, Hinman. *Eam.* 18 *Juin*, 726.

— Cyanuration à Golden Gate (Utah). *Eam.* 25 *Juin*, 759. Au Rand. *EM. Juillet*, 584.

Or. Traitement des tailings. *Eam.* 2 *Juillet*, 5.

— — des slimes au filtre-presse (MacNeill). *Cs.* 30 *Juin*, 501.

— Fonderie de pyrites au Transvaal. *Id.* 762.

MINES

Bocard Morrisson. *Eam.* 11 *Juin*, 705.

Colombie britannique. District des Sandon. *Eam.* 18 *Juin*, 731.

Extraction. Machine Woodworth. *E'. Juin*, 576.

Fer. Gisement de Minette en Lorraine. *SuE.* 1er *Juillet*, 593.

Mexique. Mines de la Sonora. *Eam.* 18 *Juin*, 730.

Or. Lavage à la drague. *Eam.* 11 *Juin*, 699.

— Placers du Contesté franco-brésilien (Levat). *Rs.* 2 *Juillet*, 7.

— Traitement au Colorado. *E.* 1 *Juillet*, 3.

— Évaluation des réserves. *Eam.* 27 *Juillet*, 764.

Perforatrices pour mines et carrières. *Eam.* 11 *Juin*, 701. Simons; *RM. Juin*, 665.

Philippines. Ressources minérales. *Eam.* 11 *Juin*, 703.

Sondages. Divers. *Dp.* 9 *Juillet*, 1.

Le Gérant : Gustave Richard.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

97e ANNÉE. Cinquième Série, Tome III. AOUT 1898.

BULLETIN

DE

LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT

POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

NOTICE NÉCROLOGIQUE

SUR **M. Anthony Pollok,** *membre correspondant de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale,* par **M. L. Appert,** *membre du Conseil.*

Dans la dernière séance, M. Collignon a fait part à la Société de la perte qu'elle avait faite en la personne de M. Anthony Pollok, ingénieur et jurisconsulte, membre correspondant du Comité des Constructions et des Beaux-Arts, disparu dans la catastrophe de la *Bourgogne* dont les conséquences ont si profondément ému la France, et, on peut dire, le monde entier.

Le Comité des Constructions et des Beaux-Arts m'a chargé de vous présenter une courte notice sur ce collègue regretté.

M. Anthony Pollok avait fait ses études d'abord comme ingénieur; plus tard, attiré aux États-Unis par l'énorme développement de ce peuple américain, dont les aspirations correspondaient si bien aux siennes, il s'y était adonné à l'étude du droit industriel.

Très bien préparé par ses études antérieures, et doué de la plus énergique volonté, il s'était fait rapidement connaître par sa haute compétence dans toutes les questions de propriété littéraire, industrielle et commerciale.

Il est peu de ces questions, parmi les plus délicates et les plus importantes, qui, ayant été soumises à l'examen du Patent Office, à Washington, n'aient été traitées par lui soit à titre de conseil, soit, le plus souvent, comme défenseur.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Aussi sa notoriété était-elle devenue très grande et son autorité universellement reconnue. M. Anthony Pollok n'a pas laissé d'ouvrages spéciaux traitant des questions qu'il avait si bien étudiées; mais, en dehors de ses plaidoiries, restées comme documents dans les Archives du Patent Office, il a publié à diverses époques, dans le journal de Berne, *la Propriété Industrielle*, sous le nom de *Lettres d'Amérique* des articles du plus haut intérêt; ces articles étaient toujours très remarqués, et, le plus souvent, vivement commentés et discutés.

Il était correspondant juridique de plusieurs sociétés industrielles françaises, dont il était en même temps le conseil.

M. Anthony Pollok avait fait ses études en France, et il ne s'était fixé aux États-Unis que quelques années après sa sortie de l'École centrale des Arts et Manufactures, dont il avait été l'un des meilleurs élèves.

Très reconnaissant des services que lui avait rendus la forte instruction qu'il y avait reçue, et qui lui avait permis d'arriver à la brillante et enviable situation dont il jouissait, il n'a jamais oublié ce pays qu'il aimait à l'égal du sien, et dans lequel il revenait chaque année passer quelques mois.

Ce n'était jamais en vain que ses anciens camarades ou ses collègues s'adressaient à lui : les ingénieurs français étaient toujours assurés de sa protection et de son appui, sous quelque forme que ce soit.

Nous ne pouvons, à ce nouveau titre, que regretter plus vivement la disparition de ce collège éminent, qui se recommandait à nous par ses qualités et par les services qu'il avait su nous rendre.

Lu et approuvé en séance, le 22 juillet 1898.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

CONSTRUCTIONS ET BEAUX-ARTS

RAPPORT fait par **M. L. Appert,** au nom du Comité des Constructions et Beaux-Arts, sur un *Appareil porte-fleurs* présenté par **M. Charles Paris,** *ingénieur des arts et manufactures, maître de verrerie au Bourget.*

Les fleurs naturelles, de préférence les fleurs coupées, font l'objet d'un commerce important, que la rapidité des transports n'a pas été sans augmenter notablement depuis quelques années.

Ces fleurs sont, le plus souvent, destinées à orner nos demeures d'une façon simple et peu coûteuse, en en augmentant ainsi l'agrément.

S'il est facile de se procurer des fleurs en toute saison, il est toujours beaucoup plus difficile de les disposer convenablement dans les vases qu'elles sont destinées à garnir : le plus souvent, ces fleurs, étant mal assujetties, se déplacent, au grand désespoir des maîtresses de maison, qui ont perdu un temps précieux pour n'arriver qu'à un résultat défectueux et peu satisfaisant.

On cherche quelquefois à y remédier en mettant au fond des vases du sable ou de la terre; mais ce moyen est défectueux, il alourdit le vase, et donne lieu à des manipulations désagréables.

On a eu aussi l'idée de mettre à l'orifice du vase un grillage en fil de fer galvanisé, dans les mailles duquel on engage les tiges des fleurs. Ce moyen est préférable, mais il est encore incomplet, car les tiges ne sont pas maintenues dans le pied.

M. Charles Paris, adoptant le grillage métallique, a eu l'idée de remédier à ce dernier inconvénient fort simplement, en superposant (fig. 1 et 2) deux grillages semblables, maintenus distants l'un de l'autre de quelques centimètres par leur soudure à une lame métallique, présentant en plan la forme intérieure du vase ou de la jardinière à garnir.

Les tiges, une fois engagées dans le grillage, et quelle que soit la façon dont elles reposent sur le fond, ne peuvent plus se déplacer, et restent dans une position fixe l'une par rapport à l'autre.

Au moyen de ce petit appareil sans prétention, auquel M. Charles Paris

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

a donné le nom de « Porte-fleurs instantané », on arrive très facilement au but désiré : on garnit avec une grande facilité et rapidement le vase que l'on a choisi, que ce soit une jardinière, une corbeille, un cachepot, un surtout.

Par sa simplicité et son bas prix, cet appareil répond à un besoin très réel, qu'il y a tout lieu de chercher à développer.

Fig. 1.

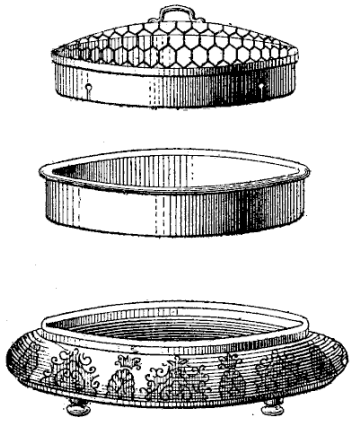


Fig. 2.

Toutes les personnes, et particulièrement les maîtresses de maison auxquelles cet appareil a été soumis, en ont été enchantées, et la façon dont on l'a accueilli prouve son utilité et les services qu'il peut rendre.

En remerciant M. Charles Paris de la présentation qu'il a faite à la Société de son appareil et du mémoire qui l'accompagnait, j'ai l'honneur de demander au Conseil de vouloir bien approuver le présent rapport, et de le faire inscrire au *Bulletin*.

Signé : L. Appert, *rapporteur*.

Lu et approuvé en séance, le 22 juillet 1898.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

MARINE

LES GRANDS PAQUEBOTS, M. L. de Chasseloup-Laubat.

AVANT-PROPOS

Une étude complète sur les grands paquebots modernes est une des plus difficiles et des plus complexes qui existent actuellement. Elle comprend en effet un nombre considérable de questions d'ordres très différents : cinématique, statique, dynamique, thermodynamique, hydraulique, électricité, étude spéciale des machines à vapeur et résistance des matériaux. On peut dire que la construction d'un grand paquebot moderne exige la connaissance plus ou moins approfondie de la plupart des branches des sciences appliquées d'aujourd'hui.

L'exploitation d'une de ces véritables villes flottantes est également aussi compliquée que délicate : le choix des points de départ et d'arrivée, l'intervalle des voyages, les prix du fret, les goûts spéciaux de la clientèle à desservir, la durée de l'amortissement du matériel et la gestion financière sont également des questions qui exigent autant de science que de tact. Il faut pourtant les connaître à fond. Leur ignorance, même partielle, compromet les plus beaux travaux techniques. L'ingénieur, à lui tout seul, est incapable de faire prospérer les capitaux qu'il a dépensés pour construire les merveilleuses masses d'acier dont il est fier à si juste titre.

Enfin, aux grands paquebots, il faut des ports possédant l'outillage capable d'effectuer dans un temps relativement très court les manipulations d'énormes quantités de marchandises de toutes espèces. Le temps est de l'argent, telle est la vérité dont doivent se pénétrer ceux à qui incombent les redoutables responsabilités de la gestion des grandes entreprises de notre époque; mais le temps est surtout de l'argent pour des bâtiments qui ont coûté des sommes énormes et dont la durée fructueuse est très courte; les sommes considérables qu'exigent l'intérêt et surtout l'amortissement, font que le grand paquebot moderne ne doit littéralement pas perdre une seule journée de travail.

Malheureusement, l'étude des ports n'est pas entreprise, surtout chez nous, avec un esprit suffisamment large, élevé, et dégagé de toutes espèces de considérations qui ne devraient en rien entrer en ligne de compte. Trop souvent, ce

(1) *Conférence du 28 janvier 1898.*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sont les passions et les intérêts des politiciens, et non point les résultats des études des ingénieurs et de l'expérience des pilotes, qui décident des travaux les plus importants pour la navigation, et, par conséquent, pour le pays tout entier.

Ces quelques considérations suffisent certainement à montrer toute l'ampleur et toutes les difficultés de l'étude que nous avons entreprise; elles doivent, par conséquent, rendre indulgents ceux qui voudront bien la lire.

Le travail en lui-même comprend d'abord un court avant-propos, puis des monographies distinctes des principales entreprises et des principaux types de bâtiments.

Ce plan, nous ne l'ignorons pas, peut aisément être critiqué : les rapprochements et les comparaisons ne sont pas toujours aisés à faire; la tâche du lecteur, autant que celle de l'auteur, est plus ingrate. Nous l'avons pourtant suivi, comme dans la plupart des publications techniques que nous avons déjà faites, parce que nous estimons que les monographies constituent encore le meilleur moyen, pour ne pas dire le seul, d'envisager, d'examiner, d'étudier à fond les faits que l'on veut faire connaître, — ces faits qui sont par eux-mêmes et en eux-mêmes les bases fondamentales indispensables de tout travail scientifique.

*
* *

Depuis les époques les plus lointaines de l'histoire jusqu'à nos jours, les transformations qu'a subies l'art de la navigation sont profondes et multiples. Elles seraient impossibles à suivre et à connaître si elles s'étaient effectuées de la même façon et en même temps dans les différentes régions du globe.

On ne peut guère se figurer ce qu'étaient les mœurs et le mode d'existence d'époques parfois même très rapprochées de la nôtre, lorsqu'on n'a pas parcouru longuement les contrées où les sociétés n'ont que peu changé depuis les générations que l'ont veut étudier. Le plus grand intérêt des voyages est peut-être cette faculté d'étudier l'histoire de son propre pays en allant voir chez les autres ce que nous avons pu être nous-mêmes autrefois ; et puis, dans une certaine mesure, le recul dû à l'espace peut remplacer le recul dû au temps : on peut mieux estimer la part des illusions d'optique que nous faisons en étudiant notre passé lorsque nous pouvons saisir, grâce à l'étude et à la critique, les erreurs faites dans le jugement de contemporains dont nous séparent seulement des distances aujourd'hui aisément franchissables. L'étude de l'art de la navigation offre une preuve particulière bien frappante de ces vérités générales.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*
* *

Sans parler des pirogues à balancier, dont les insulaires de l'océan Pacifique et de l'océan Indien se servent depuis une époque indéterminée, on peut diviser l'histoire de la navigation en trois périodes bien distinctes.

La première, dont l'origine se perd dans la nuit des temps, est caractérisée par l'emploi, sur le même bâtiment, et de l'aviron et de la voile, soit ensemble, soit séparément. L'emploi de l'aviron prédomine surtout dans la Méditerranée où les calmes sont fréquents, et où de puissants États luttent entre eux avec des flottes très nombreuses et montées par un nombre d'hommes extraordinairement élevé eu égard aux populations et aux ressources disponibles. C'est que l'homme est non seulement le combattant ou le marin, mais il est encore le moteur animé grâce auquel le bâtiment se déplace et peut prendre les différentes formations tactiques; de plus, il n'est employé à bord aucune arme de jet pouvant réduire l'ennemi. On combat exclusivement par le choc ou à l'abordage. La conséquence est que le tonnage des navires est extrêmement faible eu égard au nombre d'hommes qui sont à bord; le rayon d'action des bâtiments est faible : les flottes de l'antiquité ne s'écartent guère de leurs bases d'opération.

Les navires marchands ressemblent fatalement aux bâtiments de guerre; ils naviguent le long de terre, car ils n'ont point le moyen de savoir exactement où ils sont dès qu'ils ont perdu de vue le rivage; il leur faut un équipage assez nombreux pour se déhaler en temps de calme, et surtout pour se défendre contre la piraterie.

Dans les mers du Nord, les bâtiments ont les mêmes traits caractéristiques que dans la Méditerranée; mais, grâce à l'endurance, à l'incroyable énergie, au mépris de la mort de leurs hardis équipages, ils arrivent à effectuer de véritables tours de force nautiques. D'ailleurs, leurs belles lignes d'eau et leurs formes marines leur permettent d'affronter avec chances de succès de furieux coups de vent ; en 1893, une grande embarcation norvégienne, construite absolument sur le modèle du fameux navire de Wiking, est venue directement et sans escorte de Norvège aux États-Unis.

Au xv^{e} siècle, la marine change soudain : l'application de la boussole et les progrès de l'astronomie appliquée permettent aux navires de se diriger loin des côtes. Grâce à la poudre, le canon devient l'arme principale qui décide du sort des batailles; les combats se terminent à distance et sans que les navires entrechoquent leurs bordés. Il y a donc intérêt à augmenter les déplacements, soit pour transporter plus de marchandises, soit pour mettre à bord une artillerie plus lourde et plus puissante. Cette époque est réellement la plus belle de la marine. Le navire a une autonomie et une liberté d'action incroyables, indéfinies. La force

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

des vents est, pour rien, constamment à la disposition du marin, qui se préoccupe uniquement d'emporter des vivres et de l'eau; les bâtiments et les escadres peuvent rester des mois entiers sans toucher terre. Aussi l'existence à bord prend-elle une physionomie très spéciale, et fait-elle du matelot un être à part. La possession de la mer donne une écrasante supériorité économique et commerciale à ceux qu'elle rend maîtres des seuls moyens de transport à bon marché, puisque les chemins de fer n'existent pas encore, et que les canaux sont très peu développés. La suprématie maritime est le but vers lequel tendent les efforts de tous les hommes d'État.

Depuis cinquante ans, il n'en est plus ainsi. De nombreux et importants changements s'effectuent dans les relations des peuples entre eux. Pour la seconde fois dans l'histoire du monde, la navigation reçoit soudain une transformation radicale. La vapeur apparaît sur les mers et sur la terre; les réseaux de canaux prennent une grande extension. L'importance économique de la suprématie maritime est infiniment moins grande qu'autrefois. Sans doute, les transports maritimes sont meilleur marché que ceux qu'effectuent les voies ferrées; mais la différence entre la voie de mer et la voie de terre est beaucoup moindre.

Pourtant, le navire a gagné en dimensions; ses traversées sont plus rapides et plus régulières; il n'a pas besoin de la force du vent, et le calme ne le retient pas; il se déplace, se meut et se retourne comme il l'entend; sa vitesse a augmenté dans des proportions inouïes. Les chances d'incendie et de submersion rapide ont diminué avec l'emploi du fer et des cloisons étanches et les machines multiples ont rendu de plus en plus rare l'absolue impossibilité d'avancer. Néanmoins, ces navires si puissants, si rapides et relativement si agiles, dépendent complètement de leurs bases de ravitaillement et d'opérations; ils ne peuvent s'éloigner des points où sont amassés les monceaux de houille, source de leur mouvement, on pourrait même dire de leur vie; leurs machines et leurs chaudières ont besoin de repos fréquents et parfois prolongés; leurs coques, généralement non recouvertes de cuivre, se salissent vite; les passages aux bassins sont nécessaires au bout de courtes périodes. Le navire moderne a une grande liberté d'action mais dans un cercle relativement peu étendu autour de sa base d'opérations, dont il ne peut ni s'éloigner beaucoup ni rester longtemps absent.

La navigation à voiles a été frappée, il y a un demi-siècle environ, d'une déchéance irrémédiable et fatale au moment même où, avec les grands clippers américains et la découverte de l'or en Californie, elle atteignait un magnifique épanouissement. En moins de cinquante ans, elle a presque entièrement disparu pour les transports à grande vitesse, et à beaucoup diminué pour les marchandises : la vapeur tend à la supplanter partout.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

De cette quasi-disparition des navires à voiles résulte un grand changement dans la distribution des bâtiments sur la surface des mers du globe. Autrefois l'incertitude des vents, la nécessité de louvoyer, les incidents de route, les calmes et les courants, les appréciations des capitaines faisaient que, pour se rendre d'un point à un autre, les bâtiments suivaient des routes souvent très différentes. On rencontrait des navires un peu partout sur l'océan.

Aujourd'hui il n'en est plus de même. Les sillages suivent mathématiquement les arcs de grands cercles qui, sur la sphère terrestre, constituent le plus court chemin d'un point à un autre : certaines routes maritimes sont très encombrées; à quelque distance de ces grandes voies de communication, la mer est déserte. Toute l'activité humaine se concentre sur certaines routes déterminées.

*
* *

Une évolution de même ordre a lieu pour les ports.

Naguère, avec les bâtiments à voiles, les dimensions, le tirant d'eau et le prix de revient étaient bien inférieurs à ce qu'ils sont aujourd'hui avec nos énormes vapeurs; bien plus nombreux étaient donc les ports où pouvaient se rendre les bâtiments atteignant le maximum de dimensions possibles. D'ailleurs, l'insuffisance des moyens de transport par voie de terre ou par canaux nécessitait l'emploi d'un nombre considérable de ports, même médiocrement outillés, répartis tout le long du littoral.

De nos jours, les conditions ont changé; les chemins de fer et les canaux permettent à un port de desservir utilement des régions considérables; mais les navires, comme nous l'avons déjà dit, étant plus grands ne peuvent entrer que dans des ports plus grands, et étant plus coûteux ils exigent des ports mieux outillés, afin de perdre moins de temps.

Une nation où les considérations économiques guident seules les gouvernants en ce qui concerne les affaires commerciales, a donc un intérêt de premier ordre à concentrer tous ses soins et toutes ses ressources sur quelques ports convenablement choisis. Prétendre disséminer tout le long de ses côtes les forces économiques est une folie aussi coûteuse et aussi désastreuse que l'éparpillement des forces militaires; aussi bien que les arsenaux de la marine de guerre, les arsenaux de la marine de commerce doivent être en très petit nombre, mais parfaitement outillés.

Les grands ports sont absolument indispensables aux grands paquebots.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

LIGNES AMÉRICAINES

Les premières traversées. — Le *Savannah*, construit en 1818, paraît être le premier navire à vapeur qui ait fait la traversée de l'Atlantique. Construit comme voilier par MM. Crocker et Fickett à Corlaer's Hook, sur l'East River, emplacement aujourd'hui englobé par la ville de New-York, ce navire fut acheté avant son achèvement par William Scarborough et autres, de Savannah, qui en firent un bateau à vapeur.

Le *Savannah* jaugeait 380 tonneaux; il avait donc à peu près les dimensions de l'un des vingt bateaux de sauvetage que porte aujourd'hui la *Campania*. Sa machine, à action directe, comportait un cylindre incliné de 1 mètre de diamètre, avec course du piston de $1^{m},83$. La pression de la vapeur était de $1^{kg},4$.

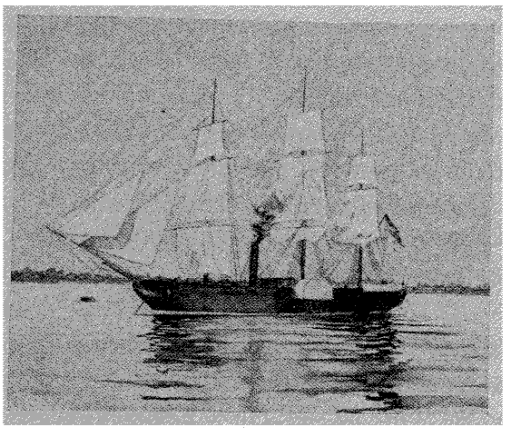


Fig. 1. — Le *Savannah* (1819).

Le *Savannah* quitta Savannah le 25 mai 1819 et arriva à Liverpool le 29 juin suivant, après une traversée de 35 jours, dont 18 jours seulement de marche avec la machine. Du reste, pour ne pas entraver les qualités de voilier du navire, les roues avaient été installées de manière à pouvoir être relevées quand on ne s'en servait pas.

Le *Savannah* ne fit que cette seule traversée transatlantique; après avoir poursuivi son voyage jusqu'à Saint-Pétersbourg, il rentra à son port d'attache, et, débarrassé définitivement de sa machine, il ne fit plus qu'un service côtier entre Savannah et New-York. Il périt le long de la côte de Long-Island.

L'entreprise ne fut renouvelée qu'en 1833, par le *Royal William*, bateau canadien de 363 tonneaux qui, parti de Québec le 5 août, arriva à Gravesend le 16 septembre, après une traversée d'un peu plus de 40 jours.

Black Ball Line (1847). — Les premiers services Cunard ayant été organisés, les Américains essayèrent de disputer le trafic à la compagnie anglaise. L'*United States*, navire de 2 000 tonneaux, construit en 1846 par M. William Webb, à New-York, pour la Black Ball Line, fut vendu au gouvernement prussien après un seul voyage. Vinrent ensuite l'*Hermann* et le *Washington*, qui firent pendant quelques années les services bimensuels entre New-York, Southampton et

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Brême (Ocean Navigation C°), puis le *Franklin* (1848) et le *Humboldt* (1850), construits pour la *New York Southampton and Havre Steamship C°*, compagnie américaine qui recevait une subvention de 750 000 francs pour le transport de la malle postale. Ces deux navires se perdirent et furent remplacés par l'*Arago* (de 2 260 tonneaux), le *Fulton* (2 300 tonneaux) et le *Vanderbilt*, navires en bois, construits à New-York en 1855.

Ces navires étaient à roues, avec machines oscillantes pour les deux premiers

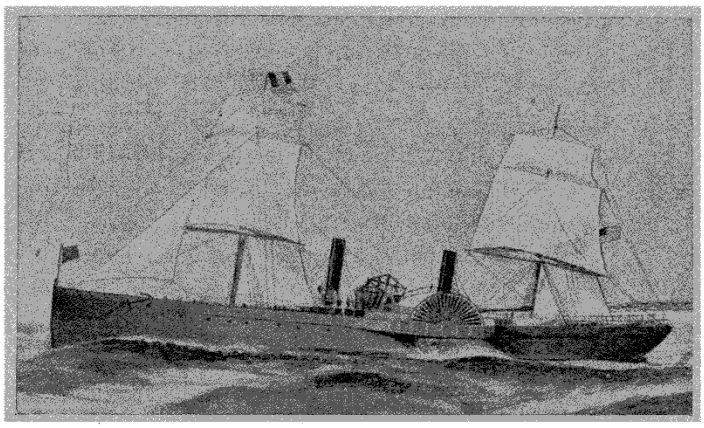


Fig. 2. — Le *Vanderbilt* (1856).

bateaux et à balancier pour le dernier. Voici la description du plus grand d'entre eux (1).

Dimensions : 103m,15 de long sur 22 mètres de large (hors tambours) et 10 mètres de creux.

Tirant d'eau	6 mètres.
Déplacement	6 000 tonneaux.
Jaugeage	3 700 —

Roues de 12m,45 de diamètre avec chacune 38 aubes de 2m,80 × 0,70, 16 tours à la minute, 13 nœuds.

Machine type Watt, balancier supérieur en fonte, sous-tendu et fretté en fer. L'axe de ce balancier est à environ 18 mètres au-dessus du fond de la coque et il dépasse de 2 mètres les tambours, qui s'élèvent eux-mêmes de 7 mètres au-dessus du pont.

La machine est à deux cylindres conjugués à angle droit sur l'arbre porte-roues, lequel mesure 65 centimètres de diamètre au milieu ; les pistons ont 2m,25 de diamètre et 3m,64 de course ; la pression effective est de 1kg,26 par mètre carré. La distribution de vapeur se fait par clapets et à cames entre deux colonnes qui sont les conduites de vapeur.

(1) Communication de M. Gaudry. *Bulletin de la Société des Ing. civils*, 1857, p. 359.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les condenseurs opèrent à sec et par surface, c'est-à-dire que la vapeur traverse une série de tubes rafraîchis extérieurement sans que l'eau froide d'injection se mêle à l'eau de condensation; il en résulte qu'on a, pour alimenter la chaudière, de l'eau distillée en proportion des deux tiers de la quantité totale voulue.

Les chaudières sont du système dit tubulaire à retour de flammes. Elles se divisent en 4 corps placés transversalement, avec l'allée de service au milieu, 2 à chaque bout de la machine, avec une cheminée de $2^{m},30$ de diamètre. Chaque corps a un réservoir de vapeur, un réchauffeur pour l'eau d'alimentation et 7 foyers. La surface totale de chauffe est de 1 844 mètres carrés. La force de la machine est de 2 000 chevaux nominaux et de 1 500 à 2 880 effectifs. La consommation de charbon ne dépasse pas, assure-t-on, 100 tonnes en 24 heures.

Ligne Collins (1848). — Mais le principal concurrent de la Compagnie Cunard fut la fameuse *Collins Line*, fondée en 1848. Décidé à vaincre la concurrence anglaise, le gouvernement américain alloua une subvention qui dépassa 4 millions de francs à la condition que les navires destinés à assurer le service fussent hors de pair. Les navires construits dans cette intention, l'*Atlantic*, le *Pacific*, l'*Arctic* et le *Baltic* ne coûtèrent pas moins de 3 500 000 francs chacun; ils jaugeaient 3 000 tonneaux, mesuraient $91^{m},40 \times 13^{m},70 \times 9^{m},75$, et furent construits en bois, par William Brown de New-York. Ces navires, pour lesquels rien n'avait été négligé, devinrent bientôt les favoris des voyageurs. Le service fut ouvert par l'*Atlantic* le 27 avril 1849, de New-York à Liverpool. Les machines de 800 chevaux, construites par les *Novelty Iron Works* de New-York, étaient du type à balancier latéral, avec cylindres de $2^{m},44$ de diamètre et $2^{m},75$ de course; les chaudières, au nombre de quatre, étaient rangées avec deux séries de foyers les uns au-dessus des autres, et pourvues de tubes verticaux de $0^{m},050$ de diamètre. La vapeur était fournie à $1^{kg},2$ et la consommation de charbon était de 85 tonnes par jour. Les roues avaient $10^{m},80$ de diamètre et la vitesse moyenne était de $12^{n},5$.

En mars 1851, le *Pacific* fit la traversée New-York-Liverpool en 9 jours 20 heures et le *Baltic* en 9 jours 13 heures; au retour, la durée minimum fut de 10 jours 4 heures 45 minutes pour le *Baltic*. Les temps minima pour le concurrent anglais *Africa* étaient à cette époque de 10 jours 6 heures de New-York à Liverpool et 10 jours 9 heures 20 minutes en sens inverse.

Mais en septembre 1854, l'*Arctic* sombra à la suite d'une collision avec le petit steamer français *Vesta*, causant la mort de 322 personnes, dont la femme, le fils et la fille de M. Collins même. Deux ans après, le *Pacific* partait de Liverpool (29 juin 1856) avec 180 personnes et disparaissait sans qu'on en ait eu jamais aucune nouvelle. Ces malheurs successifs ébranlèrent la Compagnie Collins qui, cependant, mit encore à l'eau, en décembre 1857, un grand paquebot en

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

bois avec roues; l'*Adriatic*, le plus beau et le plus rapide de son époque.

Construit par Steers, de New-York, ce navire mesurait 108m,20 de longueur totale, 106m,70 à la flottaison, 15m,25 de largeur et 10 mètres de profondeur; son tonnage brut était de 3670 tonneaux. La machine, construite à New-York, comportait deux cylindres oscillants dans l'axe longitudinal du navire, de chacun 2m,54 de diamètre et 3m,65 de course, actionnés par de la vapeur à 1kg,4. La puissance était de 2500 chevaux-vapeur indiqués. Les roues avaient 12m,20 de diamètre, et, au régime de 17 tours par minute, la vitesse était de 13 nœuds

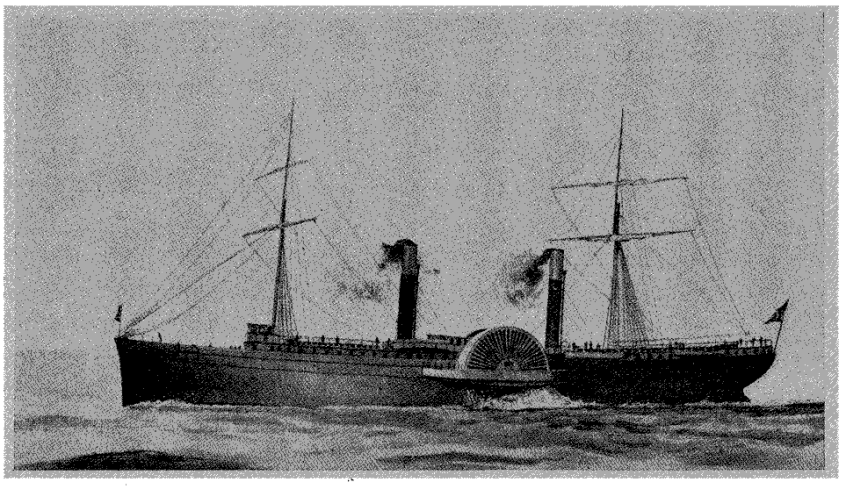


Fig. 3. — L'*Adriatic* (1857).

pour une consommation quotidienne de 85 à 90 tonnes de charbon. Les chaudières étaient des chaudières aquitubulaires.

Voici en effet la description qu'en donnait M. Gaudry :

« Les tubes sont verticaux et contiennent l'eau à l'intérieur, les gaz chauds passant à l'extérieur, au lieu que dans le type usuel, plus voisin des locomotives, les tubes sont horizontaux et plongés dans l'eau, les gaz chauds passant à l'intérieur. »

M. Gaudry donne d'ailleurs les chiffres suivants pour les principaux éléments de ces chaudières :

Nombre	8

Pour chaque chaudière :

Nombre de foyers	6
Longueur extérieure	6m,08
Largeur	3m,70
Nombre de tubes	1633
Diamètre extérieur des tubes	0m,05
Longueur des tubes	1m,30

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pour l'ensemble :

Surface de chauffe totale	353m²,64
Longueur de grille (environ)	2m,20
Largeur de grille (environ)	0m,80
Poids d'une chaudière vide	47 tonneaux.
Poids d'une chaudière en marche	60 —
Poids des 8 chaudières en marche	482t,40
Surface de chauffe totale	2 829m²,18
Section totale des 2 cheminées	7m,12
Hauteur totale des cheminées	25 mètres (1).

La Compagnie étant tombée en déconfiture en 1858, ce beau navire fut vendu pour servir de ponton dans l'Ouest-Africain; les deux paquebots *Atlantic* et *Baltic* furent convertis en voiliers.

La disparition de la Compagnie Collins marqua la disparition du pavillon américain sur les lignes transatlantiques, où il ne devait reparaître que trente-cinq ans plus tard.

Pourtant l'American Line, en 1872, inaugura un service avec 4 navires en fer à hélice : *Ohio*, *Indiana*, *Pennsylvania* et *Illinois*, construits sur les chantiers Cramp de Philadelphie. Ces navires mesuraient 104m,50 de longueur, 13m,10 de large et 10m,50 de creux; leur tonnage était de 3 119 tonneaux. Les machines, du système Compound à deux manivelles, avaient des cylindres de 1m,448 et 2m,286 de diamètres respectifs avec course commune de 1m,219.

Au bout de quelques années de service entre Philadelphie et Liverpool, ces quatres paquebots furent repris, en 1884, par l'International Navigation Co, des États-Unis, plus connue sous le nom de *Red Star Line*, qui devait, deux ans plus tard, fusionner avec la Compagnie Inman sous le nom d'*Inman and International Co* et devenir l'embryon de la nouvelle *American Line*.

Il est intéressant de noter que c'est à bord de l'*Ohio* que fut appliqué pour la première fois (en 1887) le système Howden de tirage forcé. A la même époque, ce paquebot fut pourvu de machines à triple expansion.

American Line. — En 1893, le pavillon américain reparut parmi les transatlantiques. L'*American Line* racheta l'ancienne ligne Inman et remplaça Liverpool par Southampton comme tête de ligne en Europe, en vue de faire une concurrence directe aux services allemands et français pour le continent.

Le matériel racheté comprenait deux superbes paquebots à peu près neufs : *City of New York* et *City of Paris*, qui devinrent *New York* et *Paris*. Ces deux navires, construits en 1888 par MM. Thomson, de Glascow, avaient été les pre-

(1) *Bulletin de la Société des Ing. civils*, 1860, p. 274.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

miers grands paquebots à double hélice, avec machines à triple expansion et tirage artificiel aux chaudières. Comme ils sont en tout semblables, nous nous contenterons de décrire l'un d'eux, le *New York*, par exemple :

Coque. — Les dimensions principales sont :

	Mètres.
Longueur totale	171,60
— à la flottaison	160,77
Largeur	19,20
Creux	13,10

Le déplacement normal est de 13 000 tonnes pour un tirant d'eau de 7m,47. Pourtant, des relevés faits à Southampton en décembre 1897 indiquent comme

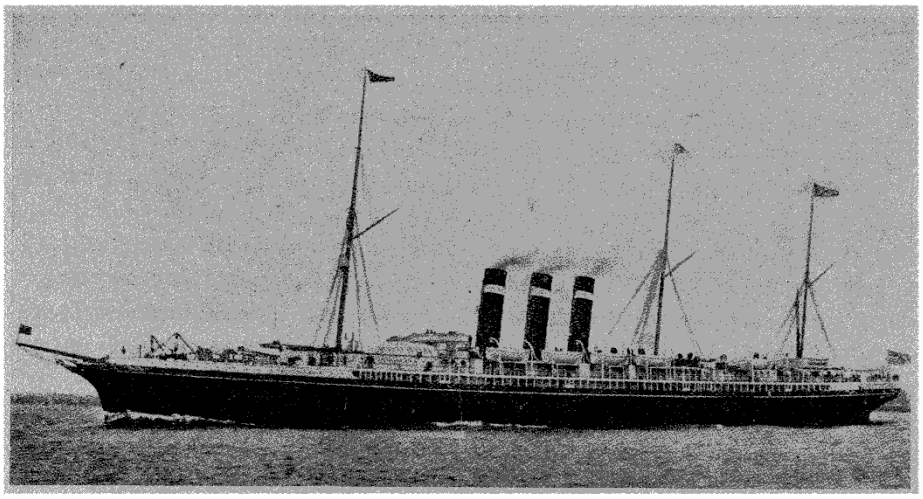


Fig. 4. — Le *Paris*, ancien *City of Paris* (1888).

tirant d'eau effectif à l'arrière, lors des deux derniers départs de Southampton, les chiffres de 7m,98 et 7m,83.

La coque est partagée en quinze compartiments étanches dont deux contiennent les machines et trois les chaudières. Les appareils moteurs des deux hélices sont en outre séparés par une cloison étanche longitudinale ; les portes des cloisons sont sur le pont supérieur, au-dessus de la flottaison ; aucun des compartiments n'a plus de 10m,50 de longueur. Le double fond, de 1m,20 de hauteur, peut recevoir 1 600 tonnes de water-ballast ; il offre cette particularité d'être aménagé sur 10 mètres environ de longueur, de manière à fournir ce qu'on appelle une chambre de roulis. Cette chambre, qui s'étend sur toute la largeur du navire, est remplie partiellement d'eau et sa forme est calculée de manière que le déplacement de cette eau atténue l'effet du roulis.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le gréement, avec trois cheminées, est du type trois-mâts goélette, dont la misaine a trois voiles carrées.

Vitesse. — La vitesse aux essais aurait été de 21ⁿ,8 avec une puissance des machines de 20 600 chevaux.

Comme tous les grands paquebots, ces navires font un service d'une grande régularité. C'est ainsi que la durée moyenne des traversées vers l'ouest, c'est-à-dire d'Europe en Amérique, a été de 6 jours 21 heures 31 minutes en 1893 et de 6 jours 21 heures 25 minutes en 1894. De même les chiffres respectifs pour les traversées en sens inverse sont : 6 jours 20 heures 30 minutes en 1893, et 6 jours 20 heures 24 minutes en 1894.

En juin 1895, le *Paris* a effectué la traversée Southampton-New-York à une vitesse moyennne de 20ⁿ,54 Le *New York* avait fait mieux encore en septembre 1894, sa traversée de Southampton à New-York ayant été faite en 6 jours 1 heure 34 minutes, à la vitesse de 20ⁿ,95.

En 1896, les vitesses mesurées sur base ont été les suivantes :

	Nœuds.
Aller.	18,47
Retour.	18,62
Moyenne	18,55

D'autre part, les vitesses du *New-York* en service postal (durée de la traversée comptée depuis la réception du courrier au départ jusqu'à sa remise à l'arrivée) ont été, d'après le rapport du Post-Office pour 1896 :

	Nœuds.
Aller.	17,84
Retour.	18,33
Moyenne.	18,06

En 1897, la moyenne des vitesses mesurées sur base est descendue à 18ⁿ,01 pour le *New-York*. Pour le *Paris*, elle a été un peu plus élevée : 18ⁿ,10, au lieu de 17ⁿ,66 en 1896. La vitesse postale de ce dernier paquebot a été pour 1896 de 17ⁿ,94 à l'aller et 16ⁿ,81 au retour, soit en moyenne 17ⁿ,37.

Machines. — Les deux machines, une par hélice, sont à triple expansion ; leur puissance totale est de 18 500 chevaux indiqués. Elle a été poussée jusqu'à 20 700 chevaux, avec tirage forcé, à l'allure de quatre-vingt-onze tours d'hélice pour une vitesse de 21ⁿ,45. Dans chaque machine, les trois cylindres, dont les diamètres respectifs sont 1ᵐ,143, 1ᵐ,803 et 2ᵐ,870 (1), commandent un égal nombre de manivelles.

La plaque de fondation, qui repose sur un carlingage très robuste, est en

(1) C'est l'un de ces grands cylindres BP qui s'est brisé dans l'accident du 25 mai 1890.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

acier coulé ; elle se compose de trois pièces pesant chacune environ 16 tonnes. Les supports des cylindres sont également en acier coulé, de section rectangulaire et creux. Ils affectent la forme d'un parallélipipède irrégulier ; les condenseurs ne font point partie du bâti, ils sont en laiton et indépendants du reste de l'appareil.

Les pistons, de $1^m,524$ de course, sont en acier coulé ; tous les arbres sont en acier forgé ; le diamètre du vilebrequin est de $0^m,516$, les pistons portent des contre-tiges.

Tous les cylindres ont une enveloppe de vapeur ; pour le premier, la vapeur vient des chaudières ; pour les deux autres on utilise la vapeur d'émission du cylindre précédent. La distribution de la vapeur aux cylindres s'effectue par des tiroirs cylindriques à valve-piston, toutes de même diamètre, pour simplifier les rechanges, mais en nombre gradué : il y en a une pour le cylindre HP, deux pour le cylindre MP, quatre pour le cylindre BP. Ces dernières sont mues par groupes de deux, au moyen de deux coulisses situées de part et d'autre du cylindre. Les tiroirs ont été ainsi fractionnés afin de diminuer leur volume et celui de l'espace mort tout en conservant les mêmes sections de passage. La distribution est effectuée par des coulisses ordinaires. Les colliers d'excentriques sont en acier coulé garni d'antifriction. Une valve auxiliaire de vapeur est contrôlée par un régulateur Dunlop. Le vireur ordinaire est remplacé par un appareil hydraulique se composant d'un piston vertical actionnant une roue à rochet clavetée sur l'arbre.

Les hélices ont $5^m,50$ de diamètre et $8^m,70$ de pas ; elles sont à trois branches et l'arbre mesure $0^m,516$ de diamètre. Le gouvernail et sa manœuvre sont entièrement sous la flottaison. Ce gouvernail, du type partiellement balancé, est de très grande surface ; il est constitué de tôles d'acier et de cornières, et forme le prolongement des lignes du bateau vers l'arrière. La commande du gouvernail est effectuée au moyen de deux pistons hydrauliques actionnant la barre au moyen d'une bielle et d'un renvoi de mouvement. Chacun de ces pistons peut exercer un effort de 80 tonnes, lequel est augmenté de 60 tonnes par le mécanisme intermédiaire. L'eau sous pression est fournie par les conduites qui règnent dans tout le bâtiment pour les diverses manœuvres ; le jeu des appareils est contrôlé, de la passerelle, au moyen d'une petite barre mue par le timonier. Les mouvements du gouvernail sont répétés sous les yeux de ce dernier par un axiomètre.

Les deux pompes à air, verticales, à simple effet, sont actionnées au moyen de balanciers, l'une par la tige du piston HP, l'autre par la tige du piston MP. Chaque chambre de machines contient deux pompes de cale et à incendie. Ces pompes sont disposées de manière à pouvoir au besoin servir à l'alimentation ; elles sont également reliées aux drains des doubles fonds.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La circulation est assurée, dans chaque condenseur, au moyen de deux turbines mues par des machines indépendantes.

On trouve aussi dans les chambres de machines, les pompes de compression desservant les nombreuses installations hydrauliques du bord. Les moteurs de ces pompes sont compound, à condensation par surface et du système Brown. Elles desservent 7 grues, 9 mâts de charge, 2 cabestans et 1 guindeau.

Au nombre des appareils auxiliaires, il faut encore citer quatre machines compound de 200 chevaux-vapeur qui, commandant les dynamos pour l'éclairage électrique, tournent à 800 tours; un appareil réfrigérant, du système Kilburn, comportant une machine motrice verticale, et deux compresseurs d'ammoniaque, etc.

Les chaudières, au nombre de neuf, sont en acier de $0^{m},027$ d'épaisseur; elles mesurent $4^{m},72$ de diamètre sur $5^{m},79$ de longueur et sont timbrées à $10^{kg},5$; chacune comporte 1 056 tubes de $0^{m},060$ de diamètre. Ces chaudières, à double face, ont chacune six foyers de $1^{m},19$ de diamètre moyen; elles sont réparties dans trois compartiments étanches avec cheminée pour chacun des trois groupes, et alimentées au moyen de pompes Worthington verticales associées à un réchauffeur Gilmour qui fournit de l'eau à 135°.

La surface de chauffe totale est de 4 648 mèt. carrés, et la surface de grille de 137 mèt. carrés; chaque chaudière pèse 74 tonnes.

C'est à bord du *New York* que le tirage forcé en vase clos a été appliqué pour la première fois sur un navire de commerce. Le vent est fourni par 12 ventilateurs Tangye de $1^{m},65$ de diamètre.

Le *New York* peut recevoir :

	480	passagers de	1re classe
	300	— de	2e —
et	400	— d'	entrepont.
ensemble	1180	—	

Le salon de 1re classe est sur le pont principal. La hauteur de ce salon comprend deux intervalles de pont; le plafond est formé par une sorte de hall arrondi dont la partie supérieure arrive au niveau des roofs du pont supérieur, la hauteur totale est ainsi portée à $6^{m},60$. Le dôme, qui a une longueur de 16 mètres et une largeur de $7^{m},50$, est supporté par de robustes supports reliés par des arcs magnifiquement décorés. Sa carcasse est en acier recouvert de moulures en bois; le vitrage est composé de glaces colorées de $0^{m},037$ d'épaisseur. Dans le bas, à l'une des extrémités, se trouve une sorte de tribune contenant l'orgue, et, à l'autre extrémité, une tribune semblable dans laquelle s'ouvre une belle fenêtre, avec verres de couleur, donnant sur le salon de conversation, blanc et or, situé au-dessus du grand salon.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le pont supérieur, placé immédiatement au-dessus, présente de chaque côté une promenade de 3 mètres de largeur, s'étendant sur les 4/5 de la longueur du navire ; il est abrité par un pont spardeck. Entre ces deux ponts sont compris : le salon des dames, le fumoir, de 13m,70 sur 8m,20, et une trentaine de cabines de luxe. Le dernier pont, qui porte le nom de pont-promenade, s'étend de bout en bout; il comporte également vingt-cinq cabines de premières; le pont inférieur reçoit les marchandises . Le pont supérieur est à 2m,85 au-dessus du pont principal ; les autres ponts sont espacées de 2m,44.

La compagnie américaine décida d'adjoindre à l'ancienne flotte Inman deux nouveaux navires, le *Saint-Louis* et le *Saint-Paul*, qui furent dessinés et exécutés (coques et machines) par la maison William Cramp & Sons' Ship and Engine Building Co, de Philadelphie, sous la direction supérieure de M. James S. Doran, ingénieur en chef de la compagnie.

Le premier, le *Saint-Louis*, a été commencé le 23 juillet 1893 ; la coque a été lancée le 12 novembre 1894 et le navire faisait son premier voyage d'essai le 25 mai 1895.

Tous deux ont été construits avec des matériaux de provenance exclusivement américaine; ils sont du même modèle et il suffira d'en décrire un.

Coque. — Le *Saint-Louis* est un navire à deux mâts, à avant droit, dont les dimensions principales sont :

Longueur totale.	168m,86
Largeur.	19m,20
Creux sur quille.	12m,80

La puissance de ses machines est de 20 000 chevaux. Il est entièrement en acier; sa quille a 1m,445 de hauteur, sur laquelle viennent se river les membrures formées de fers en U de 87 + 175 + 12,7 millimètres espacées de 9m,60. Dans la partie centrale, une membrure sur trois est constituée de tôles et cornières assemblées, formant en réalité une sorte de porque d'une hauteur moyenne de 0m,750. Ce navire comporte un double fond présentant une hauteur intérieure de 1m,37.

A signaler l'absence de water-ballast dont MM. Cramp condamnent l'usage, en faisant remarquer que ce système prive de l'avantage de la réduction du tirant d'eau, soit par suite de la consommation du charbon, soit par suite du manque de marchandises.

Vers l'arrière, la quille se relève de manière à supprimer une partie du massif voisin de l'étambot ; l'attache inférieure du gouvernail est ainsi relevée au niveau des arbres d'hélices. Cette disposition diminue le tirant d'eau arrière et le plan longitudinal immergé du navire, ce qui facilite les évolutions.

Le bordé se compose de tôles d'acier ayant, en moyenne, une épaisseur de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

0m,018. Les arbres des hélices ne sont pas en porte à faux dans la partie arrière, mais restent, sur toute leur longueur, compris à l'intérieur de la coque dont le bordé se trouve cintré pour les entourer.

La coque pèse environ 6 000 tonnes ; elle est divisée en dix-sept compartiments étanches principaux constitués par douze cloisons transversales, et une cloison longitudinale médiane entre les deux chambres des machines.

A l'exception de la cloison longitudinale, qui comporte une ouverture permettant la communication d'un bord à l'autre, toutes les portes des cloisons étanches sont situées sur le pont principal, c'est-à-dire au-dessus de la flottaison ; la cloison de collision est située à 9m,94 de l'étrave.

Il y a cinq ponts : pont inférieur, pont principal, pont supérieur, pont des

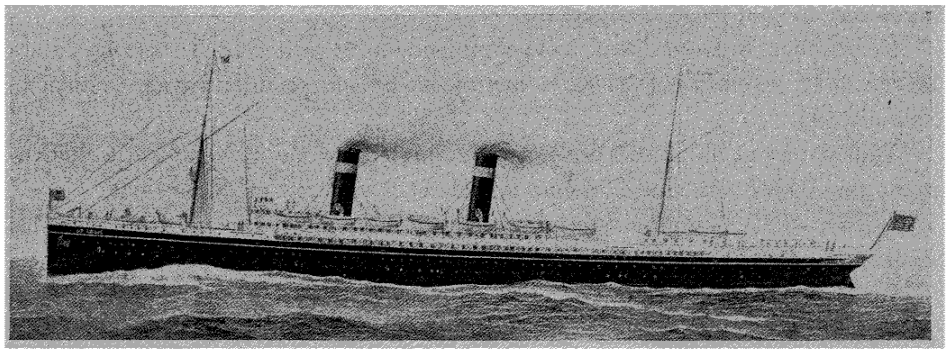


Fig. 5. — Le *Saint-Louis* (American Line, 1895).

salons et pont-promenade. Au-dessus de ce dernier se trouve encore un pont s'étendant sur toute la longueur du navire, de manière à couvrir une partie du pont-promenade. C'est sur ce pont que sont tous les bateaux de sauvetage. Au-dessus, on trouve encore la superstructure renfermant la passerelle du commandant. La hauteur entre les ponts varie de 2m,18 à 2m,74.

Le tirant d'eau indiqué par les constructeurs est de 7m,92, correspondant à un déplacement de 16 000 tonnes ; mais il résulte de relevés faits en décembre 1897 à Southampton que le tirant d'eau à l'arrière effectif était, lors des deux derniers voyages, de 8m,07 et 8m,28.

Vitesse. — Pour obtenir la subvention de 4 dollars par mille pour le service hebdomadaire entre New York et Southampton, le *Saint-Louis* devait fournir une vitesse de 20 nœuds dans un essai à la mer de 4 heures.

Lors de son essai officiel à Southampton le 20 août 1895, le *Saint-Louis* a soutenu une vitesse de 22n,3 pendant 4 heures, au lieu de 20 prévus au cahier des charges ; sur une course de 52 nœuds en mer, avec la marée, il fit même

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

23ⁿ,6. Ce résultat a été obtenu avec du charbon ordinaire, au tirage naturel ; les hélices faisaient 95 tours à la minute.

Pourtant, lors de la première traversée, la vitesse moyenne tomba à 18ⁿ,3, la vitesse maximum étant 19ⁿ,5, correspondant à une puissance de 16 000 chevaux-vapeur et à une vitesse de rotation de 85 tours par minute. Pour l'année 1896, la vitesse moyenne, mesurée sur bases, a été de 19 nœuds à l'aller et 18ⁿ,80 au retour, soit une vitesse moyenne de 18ⁿ,9, qui, en 1897, s'est élevée à 19ⁿ,35.

D'autre part, la vitesse officielle de la traversée indiquée par le rapport du General Post Office à la Chambre des Communes, le temps de la traversée étant compté de l'intervalle entre la réception du courrier à bord et son débarquement à destination, a été : pour 1896 de 18ⁿ,74 à l'aller et 18ⁿ,49 au retour, soit 18ⁿ,61 en moyenne.

La traversée d'août 1896 s'est effectuée à la vitesse moyenne de 20ⁿ,867, la distance, de 3 055 milles marins, entre les Neèdles et Sandy-Hook ayant été franchie par le *Saint-Louis* en 6 jours 2 heures 24 minutes.

De son côté, le *Saint-Paul* a donné une vitesse moyenne de 18ⁿ,91 à l'aller, 18ⁿ,28 au retour, soit en moyenne 18ⁿ,59. Sa meilleure traversée s'est effectuée au taux de 21ⁿ,08, en août 1896, par un temps favorable, et n'a duré que 6 jours 31 minutes pour les 3 046 milles marins entre Southampton et Sandy-Hook. Pendant cette traversée, la vitesse moyenne des hélices était de 90 tours et demi, et cette vitesse n'a pas dépassé 93 tours ; la puissance maximum des machines a été de 20 800 chevaux, la pression de la vapeur étant de 14ᵏᵍ,3, et la consommation moyenne de charbon, par jour, de 315 tonnes.

Au retour, la meilleure traversée s'est effectuée en 6 jours 14 heures 21 minutes (août 1897).

Machines. — Les 2 hélices jumelles sont actionnées chacune par une machine à quadruple expansion à 6 cylindres du type usuel vertical à pilon, développant 20 000 chevaux indiqués. Les cylindres sont disposés de la façon suivante, brevetée par la Compagnie Cramp ; les deux cylindres à haute pression, d'un diamètre de 0ᵐ,713, sont superposés aux deux cylindres à basse pression de 1ᵐ,920 de diamètre ; le premier cylindre intermédiaire, placé à l'arrière, offre un diamètre de 1ᵐ,37 ; le second, placé entre le précédent et le groupe des grands cylindres, présente un diamètre de 1ᵐ,92 ; la course commune est de 1ᵐ,525.

Tous ces cylindres sont fondus séparément et, à l'exception des deux cylindres à haute pression surmontant les cylindres de détente finale, ils reposent sur des supports creux en fonte, en forme d'A, placés dans le plan d'oscillation des bielles. La plaque de fondation est formée de parties rapportées, de section en U renversé, offrant une hauteur moyenne de 1ᵐ,02, portée à 1ᵐ,39 par le travers

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

des supports. Entre les cylindres, des entretoises longitudinales en fonte, creuses, relient les supports verticaux entre eux; ces entretoises se prolongent vers l'avant et l'arrière jusqu'aux cloisons étanches, sur lesquelles elles sont boulonnées. Aux points d'attache, les cloisons sont renforcées par des poutres en tôle de $0^m,61$ de hauteur; ces attaches donnent une grande rigidité à la machine.

Les trois derniers cylindres de la série comportent seuls des chemises de vapeur; tous sont munis d'enveloppes en feutre et amiante recouvertes d'une tôle polie.

Les tiges de piston des cylindres à haute pression ont un diamètre de $0^m,150$; celles des autres pistons ont $0^m,220$. Les bielles motrices, dont la longueur entre axes est de $3^m,42$, présentent un diamètre de $0^m,254$ en bas, et de $0^m,220$ en haut. Ces bielles se terminent, à la partie supérieure, par un T placé dans le sens de la longueur du navire, et percé à chaque extrémité d'un trou fileté qui reçoit la partie taraudée terminant vers le bas le coussinet inférieur du pied de bielle. Cette disposition, assez employée aujourd'hui pour les grosses machines marines, est d'exécution plus facile que la fourche généralement usitée.

Les glissières sont à guide unique, placé du côté intérieur du bâtiment contre le support des cylindres; les patins des crosses sont en bronze et percés de nombreux trous pour les alléger.

La vapeur est admise simultanément dans les deux cylindres HP, passe de là dans le premier cylindre intermédiaire, puis dans le second, et enfin dans les deux BP, d'où elle gagne les condenseurs. La distribution est effectuée dans tous les cylindres au moyen de tiroirs cylindriques à double orifice commandés par des coulisses de Stephenson ordinaires. Les colliers d'excentriques sont en fonte et garnis de métal Pearson. La tige de tiroir des deux cylindres à haute pression est commandée par un mouvement de sonnette articulé sur la crosse de la tige du tiroir à basse pression situé au-dessous.

La mise en train est opérée au moyen d'un cylindre à vapeur asservi, ayant un diamètre de $0^m,610$ et une course de $0^m,750$; un ressort à boudin, enroulé autour de la tige, sert de frein et de modérateur.

Les tuyaux de vapeur, en acier, sont soudés à recouvrement avec des embases réunies par des doubles rivures. Le tuyau principal a $0^m,50$ de diamètre; la valve le commandant est formée par une double soupape équilibrée, placée au niveau des cylindres à haute pression, mais commandée d'en bas.

L'arbre à manivelles présente un diamètre de $0^m,525$; les portées de l'arbre ont $0^m,660$ de longueur; les coussinets sont en acier moulé garni de métal blanc Pearson, et le bâti est disposé de façon qu'un courant d'eau puisse circuler à la base des paliers et les rafraîchir.

L'arbre de butée est forgé d'une seule pièce; il présente une longueur de $4^m,27$, un diamètre de $0^m,533$ au corps et de $0^m,838$ aux anneaux; le palier qui

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

le reçoit est porté par un prolongement, vers l'arrière, de la plaque de fondation ; il comporte 13 butées en fer à cheval de $0^m,063$ d'épaisseur, qui présentent dans leur ensemble une surface de portage de $4^{m^2},27$. On peut rattraper le jeu au moyen de deux vis horizontales traversant ces butées et les maintenant de part et d'autre à l'aide de deux écrous.

L'arbre de transmission, composé de fractions d'une longueur de $8^m,50$, présente un diamètre de $0^m,482$; les paliers de support sont espacés d'axe en axe de $4^m,27$. Les coussinets sont en acier moulé garni intérieurement de métal blanc; ils offrent une longueur à l'alésage de $0^m,610$. L'arbre porte-hélice a $0^m,533$ de diamètre ; il est recouvert d'une chemise en cuivre et de portées en bronze de $0^m,046$ d'épaisseur, tournant à l'intérieur d'un palier d'étambot garni de lames en gaïac de $0^m,025$ d'épaisseur et de $0^m,090$ de largeur, mais légèrement espacées, de manière à permettre la libre circulation de l'eau de mer le long de la portée.

Les deux hélices comportent chacune un bossage en acier sur lequel sont boulonnées trois ailes en bronze Pearson réglées pour un pas de $8^m,38$.

La machinerie auxiliaire à bord du *Saint-Louis* comporte quarante-neuf machines séparées, non compris les douze moteurs servant à l'éclairage électrique et à la production artificielle du froid. L'installation électrique comprend quatre dynamos à quatre pôles, avec accessoires, de Gramme, à enroulement compound, commandées par des machines à grande vitesse ayant des cylindres de $0^m,305 \times 0^m,250$. Chacune de ces dynamos développe, à 450 tours, 360 ampères sous 112 volts, et peut alimenter 700 lampes à incandescence de 16 bougies. Il y a sur le navire 1 350 lampes à incandescence. Les cales, pendant les déchargements de nuit, peuvent être éclairées par des foyers formés de 6 lampes à incandescence groupées devant un réflecteur.

Le froid nécessaire à la production de la glace est produit au moyen de deux machines Kilbourn, mues par trois moteurs électriques Gramme ; les ventilateurs destinés à l'aération du navire sont également mus par transmission électrique. Quatre séries de deux ventilateurs assurent la ventilation des compartiments contenant les cabines. L'un fournit l'air frais par des tuyaux débouchant dans les corridors et passages d'où l'air pénètre dans les cabines par des bouches spéciales ; l'autre puise l'air vicié dans les cabines pour le rejeter au dehors. L'air refoulé dans les cabines peut être, en hiver, préalablement chauffé.

Le déchargement des six cales à marchandises est opéré à l'aide de cinq treuils à vapeur Williamson à cylindres horizontaux de $0^m,205 \times 0^m,250$. Un treuil spécial, monté sur le pont des bateaux, sert à la manœuvre des embarcations. A l'avant se trouve un guindeau Hyde, et en différents endroits du pont, sept cabestans à vapeur, les uns et les autres mus par des machines à cylindres verticaux de $0^m,305 \times 0^m,250$.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L'armement est complété par 14 life-boats ordinaires, 4 life-boats en acier 2 canots et 14 radeaux insubmersibles.

La barre du gouvernail est commandée par une manœuvre à vis qu'actionne une machine à grande vitesse à deux cylindres de $0^m,355 \times 0^m,305$, dont la distribution est contrôlée par un télémoteur hydraulique de Brown. En cas d'avarie à l'appareil du servo-moteur, la manœuvre à vis peut être opérée directement à l'aide de roues ordinaires. Un axiomètre, situé sous la passerelle, indique à tout moment au timonier la position de la barre du gouvernail, et un indicateur électrique donne dans la chambre des machines la vitesse de l'arbre.

Chaudières. — La vapeur est fournie par 10 générateurs du type écossais à retour de flamme, dont 6 à deux façades et huit foyers, et 4 à quatre foyers. Ces chaudières offrent un diamètre extérieur de $4^m,76$, et une longueur qui est de $6^m,10$ pour les chaudières à huit foyers, et de $3^m,164$ pour les chaudières à quatre foyers. Les tôles d'enveloppe ont $0^m,040$ d'épaisseur; toutes les rivures sont à quadruples rangs de rivets de $0^m,038$. Les fonds sont emboutis vers l'intérieur. Les plaques tubulaires ont $0^m,016$ d'épaisseur. Les foyers sont en acier ondulé du système Fox, offrant un diamètre moyen de $0^m,991$, avec décroissance légère vers l'arrière pour faciliter l'enlèvement en cas de réparation, une épaisseur de $0^m,015$ et une longueur de $2^m,10$. Les chaudières à huit et quatre foyers renferment chacune respectivement 832 et 416 tubes, dont 328 et 164 sont des tubes-tirants de $0^m,006$ d'épaisseur. Le diamètre de tous ces tubes est de $0^m,070$ extérieurement, leur longueur est de $2^m,13$ entre plaques; ils sont munis intérieurement d'ailettes ou retarders, favorables au refroidissement des gaz.

Les surfaces totales de grille et de chauffe sont respectivement de $106^{m^2},27$ et de $3\,745^{m^2},6$; la pression de régime est de 14 kilos. Pour les appareils auxiliaires, la pression est réduite par des réducteurs de pression; les appareils de pont : treuils, guindeau, etc., sont alimentés par une chaudière spéciale.

Les chaudières sont réparties en deux groupes égaux placés dans un compartiment étanche avec 12 mètres d'intervalle entre les deux. Le tirage est forcé et s'opère suivant le système Howden. 8 ventilateurs de $2^m,03$ de diamètre, disposés au nombre de deux par chaufferie, et mus par des machines ayant des cylindres de $0^m,200 \times 0^m,200$, aspirent l'air au dehors et le refoulent dans les foyers, partie au-dessus, partie au-dessous des grilles, après l'avoir préalablement fait circuler dans un réchauffeur tubulaire situé dans la boîte à fumée. Les chaufferies restent ouvertes et peuvent être ventilées, l'air y étant à une température beaucoup moins élevée que dans les bateaux où le tirage forcé a lieu en chambre close.

Il y a deux cheminées de section ovale ($3^m,50 \times 4^m,27$) dont le sommet est situé à $30^m,50$ au-dessus du niveau des grilles.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La capacité des soutes à charbon est de 2 500 tonnes, suffisante pour assurer le service normal à raison de 300 tonnes par jour. L'embarquement du charbon nécessaire pour chaque traversée constitue pour le *Saint-Louis*, comme pour tous les grands paquebots, une opération des plus laborieuses, occupant 48 hommes à l'intérieur du navire. La quantité embarquée n'est en effet pas inférieure à 3 000 tonnes, et son chargement exige environ 40 heures. Ce chargement s'effectue de la façon suivante :

Les chalands de 350 tonnes qui contiennent le charbon sont amenés le long du paquebot, et, au moyen de palans manœuvrés par une machine auxiliaire, on descend du paquebot dans le chaland une caisse en acier. 4 hommes remplissent cette caisse, qui est ensuite enlevée jusqu'à une plate-forme accolée au flanc du navire, et sur laquelle se tiennent deux hommes qui reçoivent la caisse et en versent le contenu dans un couloir *ad hoc*, au bas duquel le charbon est repris et transporté dans les soutes. 5 caisses et demie représentent une tonne de charbon.

L'eau d'alimentation est réchauffée à une température de 126° dans un appareil Worthington spécial. Les petits chevaux d'alimentation verticaux sont aussi du système Worthington.

Les condenseurs et les pompes à air sont séparés des machines principales et situés sur le côté, en abord. La surface refroidissante totale est de $2431^{m^2},20$; les condenseurs cylindriques ont $2^m,18$ de diamètre et $5^m,10$ de longueur. Chaque condenseur comporte quatre pompes à air Worthington à action directe, mues par des cylindres à vapeur ayant $0^m,660$ de diamètre et $0^m,507$ de course. Les pompes de circulation centrifuges ont $1^m,07$ de diamètre, et les conduites d'aspiration et de refoulement ont respectivement des diamètres de $0^m,165$ et de $0^m,100$; les cylindres moteurs ont $0^m,305$ de diamètre et $0^m,355$ de course. Une conduite, dérivée de la décharge de circulation, permet de fournir, en différents points du navire, de l'eau à une température de 35°. Les échappements de tous les appareils auxiliaires se rendent dans un condenseur spécial. L'eau douce est fournie à l'aide d'un distillateur du système Quiggan.

Emménagements. — Le *Saint-Louis* peut recevoir 350 passagers de première classe, 200 de deuxième classe, et 800 émigrants. L'équipage comprend 400 personnes; les cales peuvent recevoir 1 000 tonnes de marchandises. Il peut être converti en croiseur.

Les cabines de première classe sont toutes situées au milieu, dans une zone de 54 mètres de longueur, sur le pont principal et sur le pont supérieur, ainsi que sur le spardeck et le pont-promenade, à l'intérieur de trois compartiments étanches. Les cabines de deuxième classe sont placées dans le compartiment étanche immédiatement à l'arrière de la machine, sur le pont principal et le pont supérieur. Les passagers de troisième classe sont répartis à l'avant et à l'arrière des précédents.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La salle à manger des premières classes, aménagée sur le pont supérieur, mesure 33m,20 de longueur sur 15 mètres de largeur; elle peut recevoir simultanément les 350 passagers, et est éclairée au milieu par une grande claire-voie à surface courbe, garnie de vitraux en camaïeu qui s'élève au-dessus du pont-promenade. A l'extrémité avant de ce dôme se trouvent des orgues actionnées par l'électricité. Les parois de la salle à manger sont en mahogany du Mexique, encadrant des panneaux peints ; l'ameublement est en peluche gris bleu.

Le pont promenade s'étend sur toute la longueur du navire, et présente de chaque côté, par le travers des roofs qui occupent plus de la moitié de la longueur, un espace libre de 3m,60. On y trouve le fumoir des passagers de première classe, la bibliothèque et un petit salon. La salle à manger des deuxièmes classes est au même étage que celle des premières, mais vers l'arrière.

LIGNES ANGLAISES

PREMIÈRES TENTATIVES

Nous avons vu que c'était aux Américains que revenait l'honneur des premières traversées de l'Atlantique avec des navires à vapeur. Les Anglais ne tardèrent pas à s'engager dans la voie tracée. En juin 1838, le *Royal William* (1), construit à Liverpool et muni de machines à balancier latéral, d'une puissance nominale de 276 chevaux, fit plusieurs traversées entre Liverpool et New-York pour le compte de la *Transatlantic Steamship C°*. Ce navire fut le premier à être divisé en compartiments étanches par des cloisons en fer, au nombre de quatre. Il mesurait 44m,20 de long sur 8m,23 de large et jaugeait 817 tonneaux. Sa vitesse était d'une dizaine de nœuds.

Il cessa son service après quelques voyages entre Liverpool et New-York, au taux moyen de 17 jours pour les traversées vers l'Amérique et de 15 jours pour celles en sens inverse. Ce navire fut vendu à la P. & O. C°, qui le baptisa *Great Liverpool;* il se perdit le 24 février 1846, au large du cap Finistère.

Le *Sirius*, équipé par la *British and American Steam Navigation C°*, fit sa première traversée, de Queenstown à New-York, en 1838; il quitta Queenstown le 5 avril, avec 46 passagers et arriva à New-York le 24 avril après une traversée pénible de 18 jours et demi, durant laquelle il soutint une vitesse moyenne de 8 nœuds et demi, en brûlant 24 tonnes de charbon par jour. Ce navire avait été construit par Meuzies, de Leith; il mesurait 54m,24 de long, 7m,77 de large et 5m,56 de creux, et jaugeait 703 tonneaux. Ses machines, construites par MM. Wingate et C° de Glascow, étaient à balancier latéral avec cylindres de

(1) Il ne faut pas confondre le *Royal William* avec le bateau canadien du même nom.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

1m,524 de diamètre et 1m,829 de course. Il y avait un condenseur de surface, et la pression de la vapeur était de 1kg,05. Les roues avaient 7m,30 de diamètre. Le *Sirius* ne continua pas non plus le service transatlantique; il fut utilisé sur la ligne Dublin-Cork, et il se perdit le 16 janvier 1847.

Le 24 avril 1838, quelques heures après l'arrivée du Sirius, le *Great Western*, entrait à son tour dans le port. Ce navire, appartenant à la *Great Western Navigation C°*, de Bristol, avait quitté Bristol le 8 avril 1838 et effectué par conséquent la traversée en 13 jours et demi. Il avait été construit par Patterson et lancé le 19 juillet 1837. Ses dimensions étaient : 71m,93 de long sur 10m,77 de large et 7m,08 de creux, avec un tonnage de 1340 tonneaux. Ses machines, construites par Mausdlay et Field, étaient du type à balancier latéral, avec deux cylindres de 1m,85 de diamètre et de 2m,13 de course. Leur pression était de 750 chevaux indiqués. Les roues avaient 8m,68 de diamètre et tournaient à la vitesse de 15 tours par minute. La vapeur était fournie, à la pression de 1kg,05 par 4 chaudières en fer à retour de flamme brûlant environ 33 tonnes par jour. La durée moyenne des traversées du *Great Western*, entre Bristol et New-York, était de 15 jours; le voyage le plus rapide s'étant effectué en 12 jours et demi.

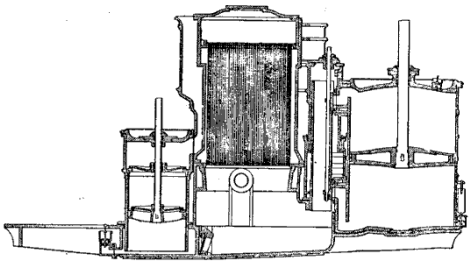


Fig. 6. — Machine de la *British Queen* (1841).

Un autre navire, le *British Queen*, fut construit sur la Tamise pour le *British and American Steam Navigation C°*. Ses dimensions étaient de 83m,81 de long sur 11m,42 de large et 8m,23 de creux, avec tonnage de 1863 tonneaux. Les machines, construites par Napier, étaient du type à balancier latéral, avec cylindres de 1m,815 de diamètre et 2m,13 de course; sa puissance était de 700 chevaux, et les roues mesuraient 9m,14 de diamètre. Ce navire partit de Portsmouth pour son premier voyage le 12 juillet 1839; il fut vendu deux ans plus tard aux Belges.

Le *Great Britain*, construit par Brunel, mérite d'être mentionné. Ce navire, qui fut le premier navire à vapeur en fer de grandes dimensions, mesurait 98m,20 de long sur 14m,63 de large et 9m,60 de creux; son tonnage était de 3170 tonneaux et la puissance de ses machines de 1500 chevaux. Ses machines comportaient 4 cylindres disposés diagonalement, de 2m,032 de diamètre chacun avec course commune de 1m,828, agissant sur un arbre relié à l'arbre de l'hélice par une chaîne sans fin. Le propulseur était une hélice à 6 branches, de 4m,72 de diamètre et 7m,62 de pas, faisant 80 tours à la minute alors que l'arbre principal n'en faisait que 27. Les chaînes furent remplacées par des engrenages en

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

1851. La vapeur, à $1^{kg},75$, était fournie par trois chaudières à double façade avec 8 foyers.

Lancé le 19 juillet 1843, le *Great Britain* ne fit son premier voyage, de Liverpool à New-York, que le 26 juillet 1845. Cette première traversée dura 15 jours (soit une vitesse d'environ 9 nœuds un quart), mais ultérieurement, le navire fit le trajet en 13 jours, puis 12 jours. En 1846, il s'échoua; en 1853, il fut pourvu de nouvelles machines et utilisé pour les services d'Australie, qu'il continua jusqu'en 1874. En 1882, il fut de nouveau transformé et converti en voilier; peu après, il fut démâté et utilisé comme ponton aux îles Falkland. Il avait accompli sa dernière traversée entre Gravesend et Melbourne (1876) en 54 jours.

Great Eastern. — Le *Great Eastern* mérite un examen détaillé; ce fut une tentative des plus audacieuses, et si, les progrès de la mécanique aidant, on a fait depuis

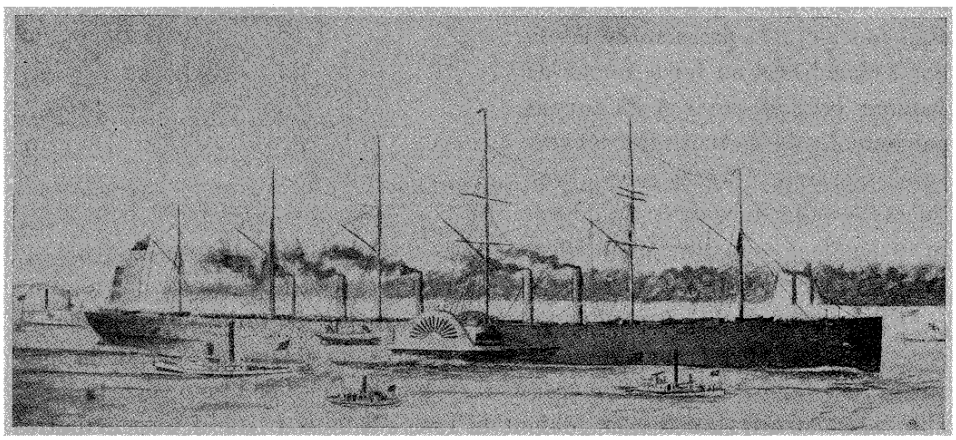


Fig. 7. — Le *Great Eastern* (1858).

des navires beaucoup plus puissants, on n'en a pas refait jusqu'ici d'aussi grands.

Le *Great Eastern* fut construit pour l'*Eastern Steam Navigation C°*, en vue d'un service entre l'Angleterre et l'Australie et les Indes par le cap de Bonne-Espérance. Sa construction fut entamée le 1er mai 1854 par Scott Russell à Milwall, d'après les dessins d'Isambard Brunel. Il devait être suivi de trois autres navires semblables et devait prendre le nom de *Leviathan*. Mais la Compagnie tomba en déconfiture après un essai malheureux de mise à l'eau pratiqué le 3 novembre 1857; l'opération de lançage, qui ne coûta pas moins de 750 000 francs, ne put être faite que le 31 janvier 1858 par une nouvelle Compagnie, qui baptisa la navire : *Great Eastern*.

C'est en juin 1860 qu'il fit son premier voyage en Amérique, surtout à titre

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de curiosité, car il ne transporta que 42 passagers et n'en ramena que 68. Cette traversée s'effectua à la vitesse moyenne de 12n,2, à l'aller et 14 au retour. La consommation de charbon à l'aller fut de 2876 tonnes pour 11 jours 2 heures; au retour, elle ne fut que de 2744 tonnes, pour 8 jours 20 heures. Ce voyage fut un véritable désastre au point de vue financier, bien que le navire ait été visité par plus de 190 000 personnes.

Le *Great Eastern* passa l'hiver à Milford Haven; le 1er mai 1861, il repartait pour New-York avec 100 passagers, faisant la traversée en 9 jours 14 heures, et revenait, en 9 jours 13 heures, à Liverpool, le 3 juin avec 212 passagers et un fort chargement de marchandises. Il transporta ensuite 3300 soldats à Québec. Il fit encore plusieurs traversées de l'Atlantique en 1862 et 1863, mais en 1864, il fut vendu à la *Great Eastern Steamship C°*, pour la somme de 2 millions de francs, et à partir de ce moment, il cessa son service de voyageurs.

En 1865, MM. Glass et Elliott l'équipèrent pour la pose du câble atlantique; en 1867, une Compagnie française chercha à l'utiliser entre New-York et Brest pour le transport des visiteurs, mais ne lui fit faire qu'un voyage. En 1868, nous le retrouvons pour la pose du câble français entre Brest et Saint-Pierre; il est de même utilisé en 1869 pour le câble Bombay-Aden, et en 1872, pour le nouveau câble transatlantique. Puis on le perd de vue jusqu'en 1886, époque à laquelle il est acheté 650 000 francs pour être promené de Milford à Liverpool, puis à Dublin, et revenir encore à Liverpool, où ses derniers propriétaires, MM. Henry Bathand Sons, se décident à le démolir et à le vendre comme vieux métal (août 1888). La démolition de la coque, commencée en mai 1889, n'a été terminée que vers la fin de septembre 1891.

Voici, d'après Flachat (1), les éléments principaux du *Great Eastern :*

Longueur entre perpendiculaires	207m,50
— sur le pont supérieur	210m,90
Largeur de la coque	25m,30
— en dehors des tambours des roues	36m,65
Creux, du pont supérieur à la quille	17m,70
Nombre de compartiments étanches	13
Nombre de cloisons longitudinales dans toute la longueur du navire	2
Nombre de ponts	4
Épaisseur des plaques formant la quille	0m,254
— du bordé et du vaigrage	0m,099
— des cloisons	0m,0127
Poids total de fer dans le matériel	10.000 t.
Tirant d'eau à charge	9m,15
— léger	6m,10

La carène tout entière du *Great Eastern* était composée de cellules de

(1) Navigation à vapeur transocéanienne, 1866.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

0m,86 de hauteur fermées par les tôles du bordé et du vaigrage. Le pont supérieur était également de forme cellulaire.

Le *Great Eastern* avait 6 mâts : 3 en fer, 3 en bois; leur diamètre variait de 1m,07 à 0m,85 et leur hauteur de 50 à 69 mètres. La surface de voilure était de 5400 mètres carrés. Le gréement fixe est en câbles de fil de fer.

Le tirant d'eau moyen des diverses traversées accomplies par le *Great Eastern* est de 7m,50, ce qui correspond à un déplacement de 22500 tonneaux. La vitesse moyenne réalisée dans les 11 premières traversées (1) a été de 13n,40 avec une consommation de 322 tonnes, soit 1 tonne par nœud et par heure. La vitesse de rotation des roues ne dépassait guère 10 tours à la minute et celle de l'hélice variait entre 34 et 38 tours.

Lors de son premier voyage de Southampton à New-York, le *Great Eastern* mit 11 jours 4 heures (17-28 juin 1860); sa meilleure traversée de New-York à Liverpool s'effectua en 9 jours 3 heures (25 mai-4 juin 1861).

Le *Great Eastern* était pourvu d'un double mode de propulsion dont voici les éléments, toujours d'après Flachat :

1° *Machines à roues.*

Nombre de révolutions par minute	12
Puissance nominale en chevaux	1000
— en chevaux-vapeur indiqués	3679
Nombre des cylindres	4
Diamètre —	2m,26
Course —	4m,27
Diamètre des roues motrices	17m,70
Poids des roues	90 t.

2° *Machines à hélice.*

Nombre de révolutions par minute	48
Puissance nominale en chevaux	1600
— (chevaux-vapeur indiqués)	3976
Nombre de cylindres	4
Diamètre —	2m,56
Course —	1m,24
Diamètre de l'hélice	7m,32
Nombre d'ailes	4
Poids de l'hélice	60 t.
Pas de l'hélice	11,30

Les machines à roues sont à 4 cylindres oscillants pesant chacun 28 tonnes; elles peuvent marcher séparément. Le poids de ces machines n'était pas de moins de 850 tonnes ; c'étaient les plus grandes machines qui aient été faites à cette époque.

(1) Dans les 7 dernières, le *Great Eastern* a éprouvé des avaries majeures et la vitesse moyenne a été réduite en moyenne à 11n,58.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les machines à hélice étaient à 4 cylindres horizontaux; elles avaient été construites par James Watt et C°.

Le *Great Eastern* était muni en outre de 2 machines de 70 chevaux pour les divers services du navire et même pour mener l'hélice au besoin, de deux autres machines de 10 chevaux et de 2 machines d'alimentation de même force.

Les machines à roues étaient desservies par 4 chaudières avec 40 foyers et une surface de chauffe de 780 mètres carrés; les machines à hélice recevaient la vapeur de 6 chaudières avec 72 foyers et une surface de chauffe de 1 175 mètres carrés. La hauteur des cheminées était de $30^{m},50$ pour les deux groupes et la pression de la vapeur était de $1^{k},76$ pour les deux machines. Vers 1870, les chaudières avaient été remplacées et le nombre des foyers réduit à 80 en même temps que celui des cheminées était ramené de 5 à 4; ces cheminées n'avaient d'ailleurs que $1^{m},80$ de diamètre.

La consommation de charbon était de 300 tonnes environ par jour; elle est descendue à 240 tonnes environ après le changement des chaudières.

L'équipage se composait de 500 hommes et le bâtiment comportait 4 000 lits pour passagers. Ajoutons qu'il n'avait pas coûté moins de 25 millions de francs.

Compagnie Cunard. — Samuel Cunard, le fondateur de la grande compagnie qui porte son nom, était né en Nouvelle-Finlande en novembre 1787. Il représentait la grande *East India C°* à Halifax quand son attention fut appelée par l'avis de l'Amirauté anglaise relatif à la création d'un service postal à travers l'Atlantique (1838). Il vint en Angleterre et se rencontra avec Robert Napier (1), de Glascow, qui, à son tour, le présenta à M. G. Burns (2), de Glascow, et à M. David Mac Iver (3), de Liverpool, avec lesquels il s'associa pour la création, sous la dénomination de *British and North American Royal Mail Steam Packet C°*, d'une société pour l'exploitation d'un service mensuel entre Liverpool et Halifax et Boston, moyennant un subside annuel de 1 500 000 francs.

Ce service était assuré par quatre paquebots en bois et à roues; le *Britannia*, l'*Acadia*, le *Columbia* et le *Caledonia* (4). Ces navires, construits sur la Clyde,

(1) Robert Napier, qui assura le succès de l'entreprise par l'habileté de ses conceptions pour les machines, était né à Dumbarton, le 18 juin 1791; il mourut le 22 juin 1876.

(2) M. George Burns était né dans les environs de Glascow, en 1795; il mourut baronnet le 2 juin 1890, âgé de 95 ans.

(3) M. David Mac Iver était né en Écosse en 1807; il mourut en 1845, âgé seulement de 38 ans.

(4) Avis inséré dans le *Liverpool Mercury* du 3 juillet 1840.

Navires à vapeur de la *British and North American Royal Mail* de 1 200 tonneaux et 440 chevaux-vapeur chacun.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mesuraient 76m,20 de longueur, 10m,46 de largeur et 6m,80 de profondeur ; ils jaugeaient 1 200 tonneaux et portaient 115 passagers de cabines et 225 tonnes de marchandises. Quatre chaudières à retour de flamme fournissaient de la vapeur à 1k,4 et les machines, du type usuel à cette époque, à balancier latéral, avec 2 cylindres de 1m,80 de diamètre et 2m,10 de course, construites par Robert Napier, avaient une puissance de 740 chevaux-vapeur indiqués. Le système de

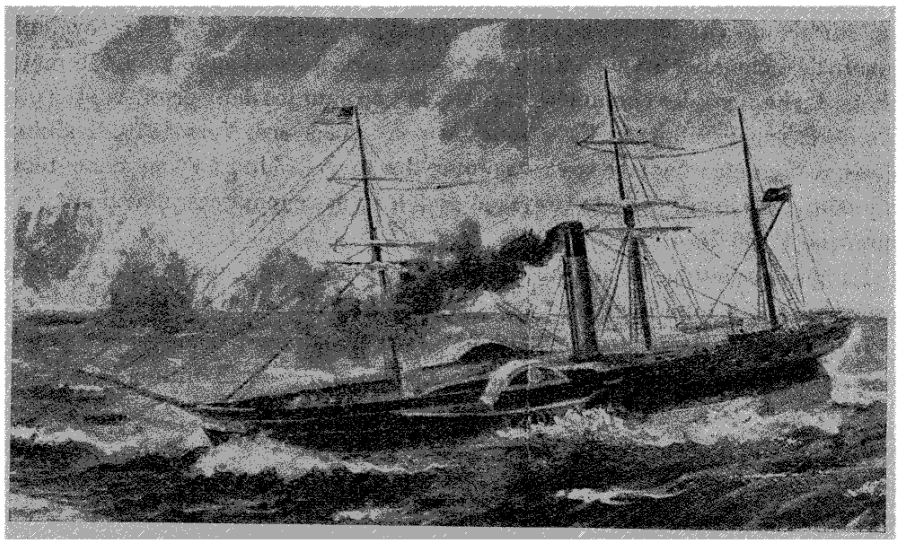


Fig. 8. — Le *Britannia*, Compagnie Cunard (1840).

propulsion se composait de deux roues à aubes de 8m,60 de diamètre et assurait une vitesse moyenne de 9 nœuds.

Ces navires pouvaient recevoir 715 passagers de cabines. Les émigrants n'étaient pas encore admis sur les navires de 1re classe.

Le *Britannia* fit son premier voyage en 1840; le 4 juillet, ce paquebot quittait la Mersey, emportant la malle anglaise; il arrivait à Boston le 19, après une

Subventionnée par l'Amirauté pour le service de Boston avec relâche à Halifax pour le transport des voyageurs et des malles postales :

Britannia, Capitaine Wordruff.
Acadia, — Edouard C. Miller.
Caledonia, — Richard Cleland.
Columbia,

Le *Britannia* partira de Liverpool le 4 juillet; l'*Acadia* le 4 août.

Le prix du passage, y compris nourriture et vin, est de 34 guinées (900 fr.) pour Halifax, et de 38 guinées (1 000 fr.) pour Boston. Service, 1 guinée (26 fr. 50).

Le vapeur *Unicorn* fait le service entre Picton et Québec en correspondance avec les navires ci-dessus; il transporte les voyageurs et la malle-poste.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

traversée de 14 jours 8 heures, y compris un arrêt de plusieurs heures à Halifax, la vitesse moyenne ayant été de 8n,5, et la consommation de charbon de 38 tonnes par jour.

On raconte que Cunard, qui avait pris passage à bord, reçut dans les vingt-quatre heures de son arrivée 1 873 invitations à dîner.

La Compagnie Cunard répondit au succès de la *Great Britain* par les paquebots *Hibernia* et *Cambria*, construits par la maison Steele de Greenock et par R. Napier pour les machines. Ces paquebots, plus grands que les quatre premiers, firent la traversée Liverpool-Halifax en 11 jours 21 heures et celle de retour en 10 jours 9 heures.

En 1847 la subvention fut portée à 4 820 000 francs (1), à la condition de rendre le service hebdomadaire. Quatre nouveaux paquebots furent construits : *America*, *Niagara*, *Europa* et *Canada*, de chacun 1 825 tonnes et 680 chevaux-vapeur (1848).

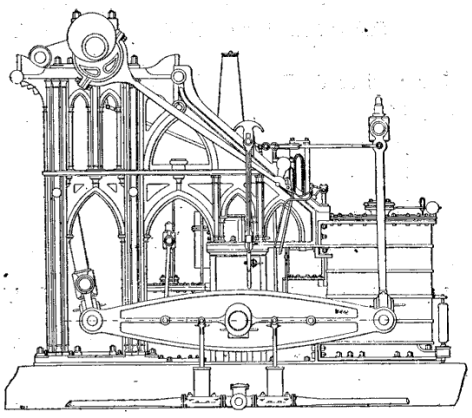


Fig. 9. — Machine du *Britannia* (1840).

L'*America* a été noté comme le plus rapide de son époque. Sa traversée la plus rapide, de Liverpool à Halifax, s'effectua en 8 jours 23 heures, et celle du retour en 8 jours 10 heures ; la moyenne fut de 10 jours 13 heures à l'aller, et 9 jours 15 heures au retour.

Ces navires furent suivis bientôt de *Asia* et *Africa* qui, lancés en 1850, donnèrent des vitesses de 12 nœuds. Ces paquebots pouvaient recevoir 180 passagers et 600 tonnes de marchandises. La durée moyenne de la traversée entre Boston et Liverpool est alors d'environ 13 jours; pourtant le *Canada* fait des traversées plus courtes, notamment une de 9 jours 22 heures seulement en juillet 1849 ; dès 1846, l'*Europa* avait franchi les 3 017 milles marins entre New-York et Liverpool en 11 jours 3 heures, ce qui correspondait déjà à une vitesse de plus de 11 nœuds.

En 1852, sous l'influence de l'éventualité du renouvellement du privilège, la Compagnie Cunard met en service l'*Arabia*, de 2 500 tonneaux et 3 000 chevaux indiqués.

(1) Pour les voyages transatlantiques et les annexes : Nassau, Bermudes, Saint-Thomas et Terre-Neuve; le service transatlantique comportait 26 voyages annuels de Liverpool à New-York et retour et 26 voyages de Liverpool à Boston.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

En 1854 (1), une commission de la Chambre des communes constate la régularité des services Cunard s'accomplissant de Liverpool à New-York en une moyenne de 12 jours 1 heure 14 minutes.

Enfin le 9 janvier 1856, paraît le *Persia*, le premier paquebot en fer de cette compagnie. Ce paquebot, construit par la maison R. Napier et fils, de Glascow, pour lutter contre l'*Adriatic* de la Compagnie Collins, coûta près de 4 millions de francs ; il était pourvu de machines à balancier latéral d'une puissance de 3 600 chevaux-vapeur indiqués, avec 2 cylindres de chacun $2^m,55$ de diamètre et $3^m,04$

(1) L'affiche ci-dessous donne la situation du service à cette époque.

British and North American Royal Mail Steamships.

Subventionnés par l'Amirauté pour service direct entre Liverpool et New-York.

Les navires de Boston relâchent seulement à Halifax pour débarquer et embarquer des passagers.

Arabia,	Capitaine	Indkins.	*America,*	Capitaine	W. J. C. Lang.
Persia,	—	A. Ryrie.	*Niagara,*	—	J. Leitch.
Asia,	—	Ed. G. Lott.	*Europa,*	—	N. Shannon.
Canada,	—	J. Stone.	*Cambria,*	—	W. Douglas.
Africa,	—	W. Harrison.			

Les navires partiront aux dates suivantes de Liverpool :

Canada,	pour	Boston,	samedi	22	juillet	1854.
Arabia,	—	New-York,	—	29	—	—
America,	—	Boston,	—	5	août	—
Europa,	—	New-York,	—	12	—	—
Niagara,	—	Boston,	—	19	—	—
Africa,	—	New-York,	—	26	—	—

D'Amérique :

Europa,	de	New-York,	vendredi	12	juillet	1854.
America,	—	Boston,	—	19	—	—
Asia,	—	New-York,	—	26	—	—
Niagara,	—	Boston,	—	2	août	—
Africa,	—	New-York,	—	9	—	—
Canada,	—	Boston,	—	16	—	—

Pour Halifax et Boston :

Cabines de 1re classe.	625 francs.
— 2e —	575 —

Pour New-York :

— 1re classe.	750 francs.
— 2e —	500 —

Ces prix comprennent le service et la nourriture, mais pas le vin et les liqueurs.

Les chiens paient 125 francs chacun.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de course. Les roues avaient 12m,19 de diamètre; il y avait 8 chaudières avec 40 foyers, et la pression de la vapeur était de 1kg,4.

Les cabines étaient à l'entrepont; elles avaient généralement 1m,90 de long sur 1m,80 de large, et contenaient 2 couchettes placées l'une au-dessus de l'autre et perpendiculaires entre elles. La couchette supérieure était à charnières et pouvait se relever à volonté le long de la cloison.

Les salles de repas et de réunion étaient placées sur le pont supérieur et dans

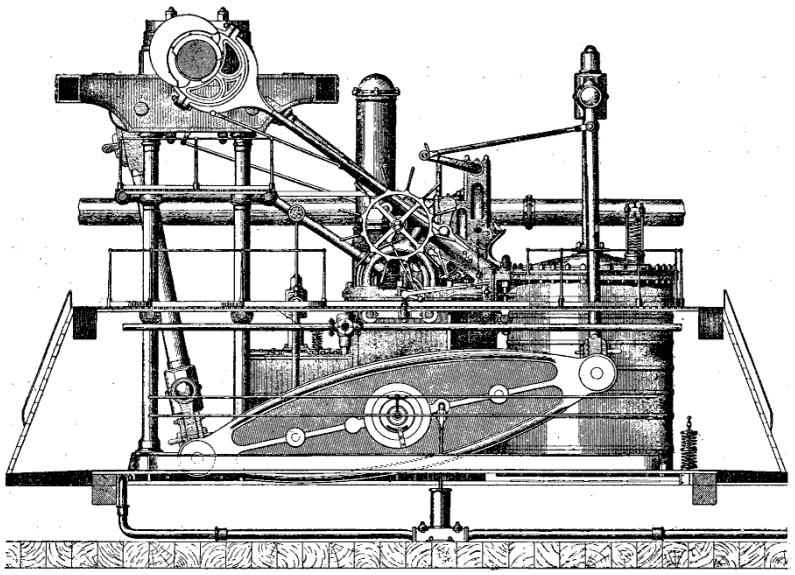


Fig. 10. — Machine à balancier du *Persia* (1856).

un roof dont la largeur est de 6m,10 et la hauteur de 2m,44. Le salon de l'avant avait 13m,72 de long; celui de l'arrière 18m,71. Les tables pouvaient recevoir 300 voyageurs. Le long de ce roof étaient deux cursives servant de promenoir aux passagers et de chemin de manœuvre à l'équipage. Ces cursives étaient protégées du côté de la mer par des parois dont la hauteur variait de 2 mètres à 2m,25. Le dessus du roof pouvait également servir de promenoir dans les beaux temps.

La *Persia* pouvait recevoir 252 passagers; son équipage se composait de 148 personnes, dont 61 pour les 2 machines.

Sa meilleure traversée fut, à l'aller, de 9 jours 21 heures 41 minutes (juin 1856), et au retour, de 9 jours 2 heures 55 minutes (juin 1856). Le tableau

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

suivant, emprunté à l'*Engineering* (24 avril 1891), donne d'ailleurs la situation à cette époque.

	Aller. jours	Retour. jours
Cunard (Boston)	13,07	11,12
— (New-York)	12,67	11,03
Collins	12,16	12,03
Brême	15	14,12
Havre (Cie française)	17	15
Hambourg	15,12	16

Le *Persia* mesurait 121m,31 de longueur totale, 118m,55 de longueur perpendiculaire, 13m,72 de large (21m,79 hors tambours) et 9m,45 de creux; il jaugeait 3870 tonneaux; sa vitesse était de 12m,9, et sa consommation de charbon, de 150 tonnes par jour.

Le contrat pour le service postal ayant été renouvelé en 1859 et prolongé jusqu'au 1er janvier 1867, la Compagnie construisit le *Scotia*, achevé le 5 mars 1862, de même type et de mêmes dimensions que le *Persia :* ce fut le dernier grand transatlantique à roues. Avec ce navire, la durée de la traversée fut réduite à 8 jours (vitesse de 14 nœuds).

Dès 1860, la Compagnie avait tenté l'essai des navires à hélice en achetant d'une compagnie en liquidation l'*Australasian;* en 1862, elle fit entrer en service, en même temps que la *Scotia*, son premier paquebot à hélice *China*. Ce navire éprouva en commençant plusieurs accidents graves, et ce n'est guère qu'en 1864 que le succès s'affirma; mais la compagnie n'avait pas désespéré : en 1863, c'est le *Cuba;* en 1865, le *Java*, qui entrent à leur tour en service, puis, stimulée par les grands navires à hélices que construit la Compagnie Transatlantique française, la Compagnie Cunard fait construire un navire plus grand et plus puissant que les précédents : *Russia.*

Le *Russia* (1867), — qui lutta contre le *City of Paris I*, de la ligne Inman, et finit par le battre en accomplissant le voyage Queenstown-New-York en 8 jours 28 minutes, au lieu de 8 jours 4 heures que mit son concurrent, — mesurait 112m,77 de longueur sur 13m,11 de large et 8m,84 de creux; sa machine était à action directe avec 2 cylindres de 2m,16 de diamètre et 1m,14 de course. Ce navire fut vendu en 1881 à la *Red Star Line*, d'Anvers, qui l'utilisa depuis sous le nom de *Waesland*, après l'avoir allongé et pourvu de machines Compound, remplacées à leur tour en 1890 par des machines à triple expansion.

Après *Russia*, la Compagnie Cunard continua à augmenter sa flotte de nouveaux navires en fer à hélice. Les premiers, avec machines Compound, furent *Batavia* (1869) et *Parthia* (1870), construits tous deux à Dumbarton. Vin-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

rent ensuite : *Bothnia* (1874)(1), qui réduisit à 9 jours la durée de la traversée, et *Scythia* (1875).

En 1878, la Compagnie prend la dénomination de *Cunard Steamship C°*, au capital de 50 millions de francs; elle lance en 1879 le *Gallia*, dont les machines, du type Compound à 3 cylindres (2 BP, et 1 HP) avec 3 manivelles calées à 120°, donnèrent aux essais une puissance de 6630 chevaux-vapeur indiqués, et qui a fait plusieurs traversées à plus de 15 nœuds. Puis, en 1881, *Servia*, le plus grand et le plus puissant navire de son époque, le premier transatlan-

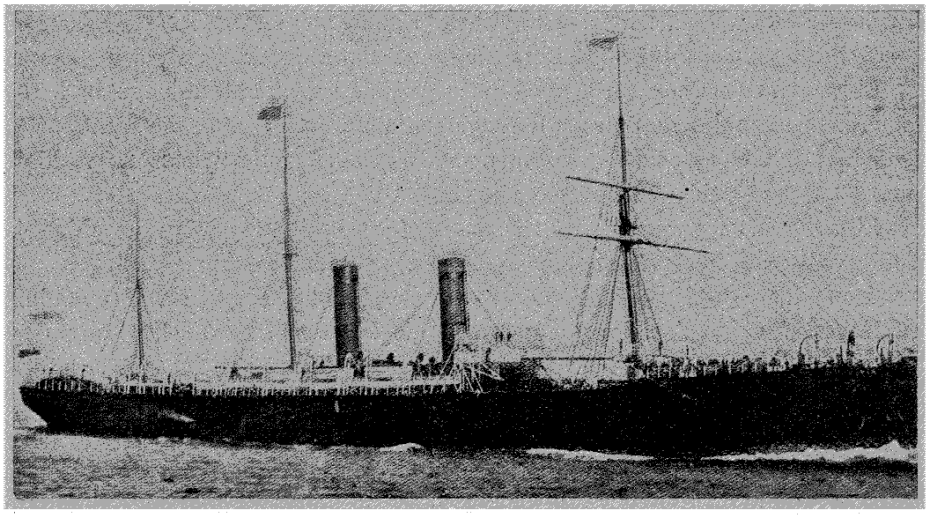


Fig. 11. — Le *Servia* (1881).

tique rapide en acier. Notons en passant que l'usage de ce métal avait permis de réduire d'au moins 600 tonnes le poids du navire (2).

Ce paquebot, mesurant 157 mètres de longueur, 15m,90 de largeur et 12m,34 de creux, d'un jaugeage brut de 7392 tonneaux, pouvait recevoir 450 passagers de cabine et 750 d'entrepont. La plus grande recherche du confortable présida à

(1) Dès cette époque, des progrès considérables sont acquis, ainsi que le montre la comparaison avec le *Britannia*, construit en 1840 :

	Britannia.	Bothnia.
Jauge	1139 tonneaux.	4556 tonneaux.
Tonnage de marchandises	225 —	3000 —
Nombre de passagers	90	349
Vitesse	8n,5	13 nœuds.

La consommation de charbon par mille parcouru est d'ailleurs sensiblement la même pour les deux navires (Transatlantics Steamers-Stanton).

(2) Les premiers bateaux à vapeur avec revêtements en acier paraissent avoir été les bateaux à roues *Pélican* et *Banshee*, construits en 1863 par MM. H. Bessemer et Cie de Sheffield.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'agencement de ses cabines et de ses salons et ce fut le premier « Cunarder » à bord duquel l'éclairage électrique fut appliqué. Ses machines, du type Compound, avec 3 manivelles, comportaient 2 cylindres BP de 2m,540 de diamètre et 1 cylindre HP de 1m,829 de diamètre; la course des pistons était de 1m,98; la pression aux chaudières de 6kg,7. Elles donnaient 10 000 chevaux indiqués et assuraient une vitesse de 17 nœuds avec une consommation de 190 tonnes de charbon par jour.

Le voyage le plus rapide, de New-York à Queenstown, s'effectua en 6 jours 23 heures 57 minutes, ce qui correspond à une vitesse moyenne de 16n,7. Ce bateau est encore en service et a donné en 1896 une vitesse moyenne, mesurée sur bases, de 15n,73 à l'aller et 15n,45 au retour, soit en moyenne 15n,59. Le *Servia* fut toutefois distancé par l'*Alaska*, de la ligne Guion, puis par l'*Orégon*.

L'*Aurania*, lancé en 1883, offre cette particularité que le rapport de 1/10 généralement maintenu entre la longueur et la largeur des paquebots, fut porté pour lui à 1/8, ce qui, tout en augmentant la stabilité, donnait plus de facilité pour l'agencement des cabines et des salons.

L'*Aurania*, encore en service aussi, peut recevoir 480 passagers de cabine et 700 voyageurs d'entrepont. Sa vitesse moyenne en 1896 a été de 15n,65.

Aucun de ces navires n'eut pourtant l'honneur si envié de la traversée la plus rapide, et ce ne fut qu'en 1885 que la Compagnie Cunard put reconquérir le premier rang à cet égard avec ses superbes paquebots *Umbria* et *Etruria*, mis en exercice, le premier, le 31 octobre 1884, le second le 25 avril suivant. Pendant cinq années, ces navires éclipsèrent tous les autres, en réalisant des vitesses de plus de 19 nœuds, qui leur permirent d'accomplir la traversée Queenstown-New-York en 6 jours ou à peu près (6 jours 1 heure 55 pour l'*Etruria* en mai 1888).

Ces paquebots, construits par John Elder et Cº de Glascow (1), sur le même type que l'*Orégon* de la ligne Guion, ont coûté 8 250 000 francs chacun; ils mesurent 158m,99 de longueur totale (152m,40 entre perpendiculaires), 17m,37 de large et 12m,19 de creux; leur tonnage est de 8 120 tonneaux; le tirant d'eau est de 6m,86, correspondant à un déplacement de 10 500 tonneaux.

La coque est divisée en 10 compartiments étanches. Les machines, d'une puissance de 14 300 chevaux-vapeur indiqués, sont du type compound à 3 manivelles, avec 1 cylindre HP de 1m,803 de diamètre et 2 cylindres BP de 2m,667 placés de part et d'autre du premier; la course des pistons est de 1m,829.

Ces dimensions sont probablement les plus considérables qui aient été employées, l'introduction de la double hélice ayant permis, dans les bâtiments ultérieurs, de dédoubler la machine, et l'emploi de la triple expansion ayant bientôt permis de réduire encore les dimensions des cylindres.

9 chaudières, avec 72 foyers, consommant 320 tonnes de charbon par jour

(1) Depuis *Fairfield Shipbuilding and Engineering Cº*.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

fournissent la vapeur nécessaire à la pression de 7kg,7. La surface de grille est de 149 mètres carrés, et la surface de chauffe de 3 606 mètres carrés. L'hélice, encore unique, est en acier fondu : elle a 7m,46 de diamètre, 10 mètres de pas; tourne à 68 tours par minute et pèse 39 tonnes.

Chacun de ces paquebots peut recevoir 550 passagers de 1re classe, 170 de 2e,

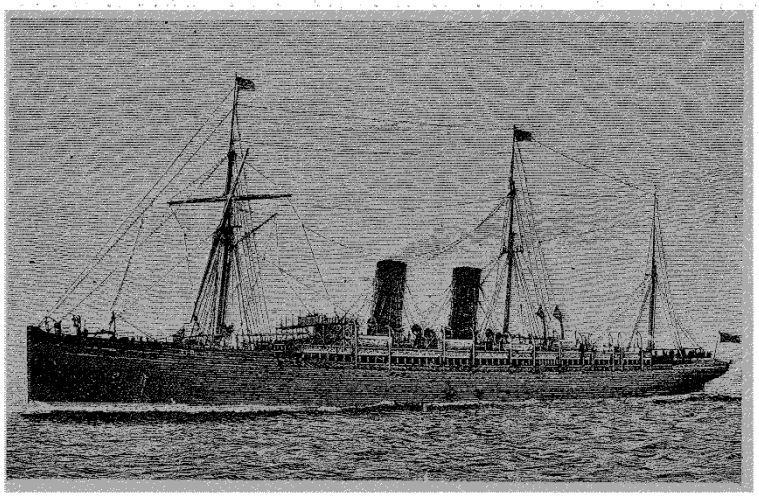


Fig. 12. — L'*Etruria* (1884).

et 800 émigrants, ce qui, avec l'équipage de 287 hommes, donne une population totale de 1 807 personnes.

La vitesse aux essais a été de 20n,2; en 1886, d'après le rapport de M. Bell, superintendant of Foreign Mails, les vitesses postales étaient les suivantes pour les principaux navires :

	Nœuds.		Nœuds.
Etruria	17 »	*Fulda*	16 »
Umbria	16,8	*Eider*	15,9
Champagne (français)	16,8	*Bretagne*	15,9
Bourgogne	16,4	*Adler*	15,8
Trave (allemand)	16,5	*Servia*	15,8
Ems	16,4	*America* (National Line)	15,7
Saale	16,3	*Elbe*	15,7
Gascogne	16,3	*Aurania*	15,6
Alaska	16,3	*Normandie*	15,5
City of Rome (Anchor Line)	16,3	*Arizona*	15 »
Werra	16,2		

La meilleure traversée pour les deux « cunarders », a été celle de l'*Umbria* en juin 1897 : 6 jours 7 heures 1 minute, pour la traversée New-York-Queenstown

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

(3132 milles marins), soit 20n,69 comme vitesse moyenne. En septembre suivant, l'*Etruria* a accompli la même traversée (2780 milles marins) en 5 jours 15 heures 38 minutes, ce qui correspond à une vitesse de 20n,5.

En 1890 (*Engineering*, 1891, I, p. 725), la vitesse moyenne (aller et retour) a été de 18n,15 pour l'*Umbria* et 18n,29 pour l'*Etruria*. En 1896, la vitesse moyenne, mesurée sur bases, a été de 18n,14 pour l'*Umbria* et de 18n,61 pour l'*Etruria*, tandis que les vitesses postales étaient respectivement égales à 17n,65

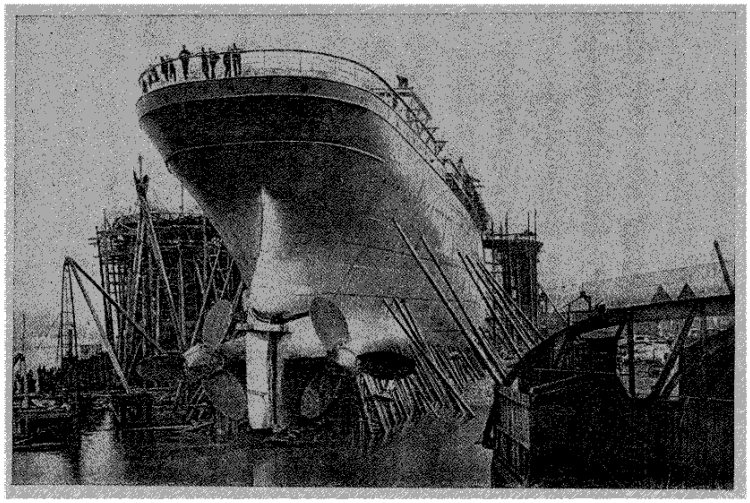


Fig. 13. — *Campania*. Vue de l'arrière, avant le lancement.

pour le premier et 18n,05 pour le second. Pour 1897, la vitesse moyenne (mesurée sur bases) a été de 18n,81 pour l'*Etruria*.

Campania et Lucania. — Le *Campania* et le *Lucania* ont coûté chacun 15 millions de francs; ils ont été construits aux chantiers Fairfield, sous la haute direction de M. William G. Pearce. La première plaque de quille du *Campania* a été posée le 22 septembre 1891, et le 8 septembre suivant, on procédait au lancement du navire. La construction a donc été très rapide, d'autant qu'elle a été retardée par plusieurs grèves.

Les dimensions sont :

Longueur totale	189m,70
— entre perpendiculaires	182m,88
Largeur	19m,81
Profondeur (à partir du pont-promenade)	18m,10
Tonnage	13000 tonneaux.

Le navire est tout entier en acier.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La première pièce de quille a été posée le 22 septembre 1891; le 21 janvier 1892, on commençait le bordé, qui était terminé le 30 juin suivant. La mise à l'eau a été effectuée le 8 septembre 1892 et les machines étaient mises en marche pour les essais le 26 décembre suivant.

La quille est formée d'une âme de $1^m,35$ de haut avec semelles de $1^m,40$ de largeur et $0^m,025$ d'épaisseur; la semelle supérieure fait corps avec le pied du water-ballast. Cette partie centrale est renforcée par deux autres poutres en I placées à $4^m,56$ de part et d'autre et par deux poutres extérieures limitant le double fond. Des intercostales ajustées entre les poutres transversales forment planchers renforçant le système.

Les membrures s'élèvent d'une seule volée depuis la poutre longitudinale limitant le double fond jusqu'au pont supérieur; elles atteignent ainsi jusqu'à 15 mètres de long et sont espacées de $0^m,762$; tous les 3 couples, la coque est renforcée par des goussets formés de plaques de 600 à 900 millimètres de large. Le doublage est constitué par des plaques d'acier de $7^m,62 \times 1^m,80$, et même, pour un certain nombre, $2^m,50$ de large, l'épaisseur variant de 18 à 25 millimètres. Ce sont probablement les plus grandes plaques qui aient jamais été employées dans la construction navale, et leur mise en œuvre a nécessité l'usage d'un matériel de riveteuses, perceuses, etc., comme peu de chantiers en possèdent. Les joints sont à clin pour les joints longitudinaux et à double couvre-joint pour les jonctions transversales.

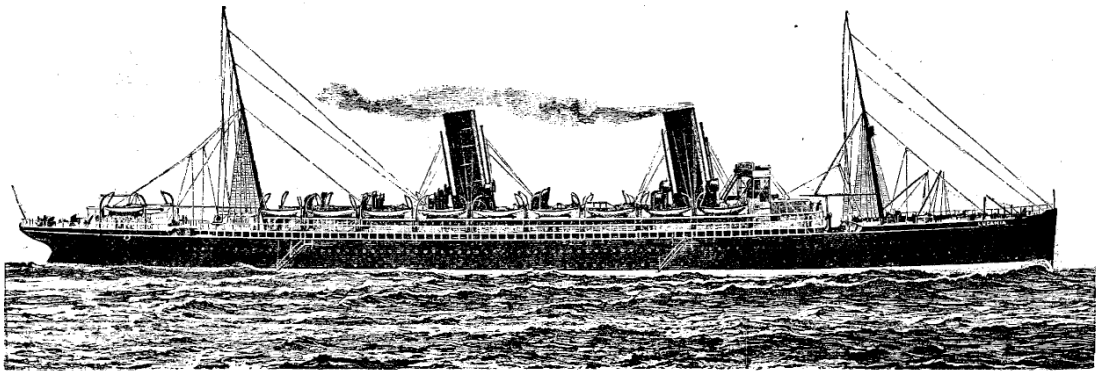


Fig. 14. — Le *Lucania* (1893).

Les cloisons étanches, au nombre de 18, sont toutes transversales; l'intervalle maximum entre cloisons est de 20 mètres au milieu du navire; aux extrémités et surtout en avant, où les risques d'accident sont plus grands, la distance est beaucoup moindre.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les ponts sont couverts de plaques d'acier supportant un plancher en teck pour ceux exposés aux intempéries, en pin jaune pour les autres.

Le tirant d'eau indiqué par les constructeurs est de 8m,23 pour un déplace-

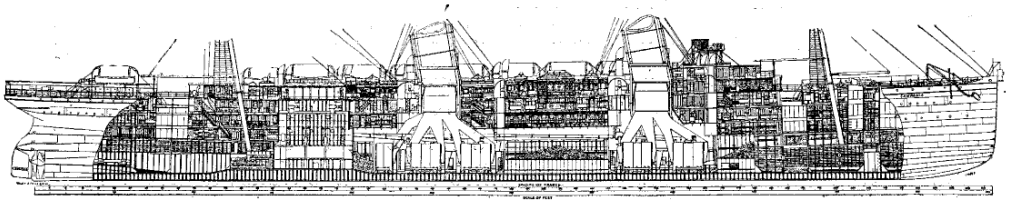


Fig. 15. — Le *Campania* et le *Lucania*, Coupe longitudinale.

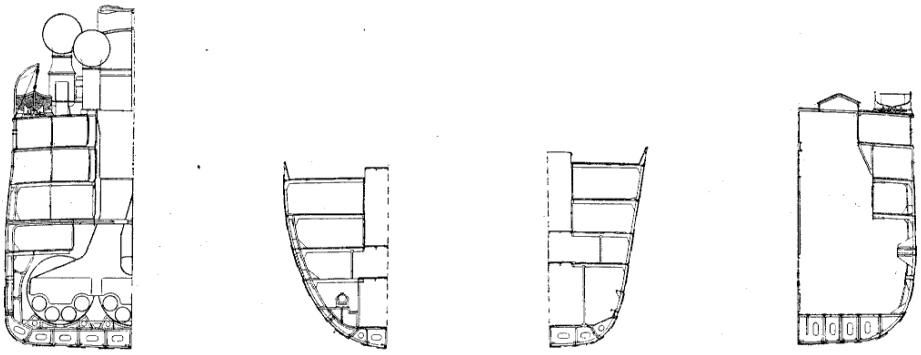


Fig. 16. — Le *Campania* et le *Lucania*. Coupes transversales.

ment de 18000 tonneaux; des relevés faits en 1896 à Liverpool donnent toutefois pour le *Campania* 8m,91 et pour le *Lucania* 8m,74.

Vitesse. — La vitesse aux essais a été de 23n,18. En service courant, les vitesses moyennes ont été les suivantes pour 1896 :

	MESURÉES SUR BASES.			TEMPS COMPTÉ ENTRE LA RÉCEPTION et la remise du courrier.		
	Aller.	Retour.	Moyenne.	Aller.	Retour.	Moyenne.
Campania	19,87	20,49	20,18	19,43	19,88	19,65
Lucania.	20,10	20,58	20,34	19,79	20,08	19,93

Pour 1897, la vitesse moyenne, mesurée sur bases, ressort à 20n,65 pour le *Campania* et à 20n,43 pour le *Lucania*.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La traversée la plus rapide, en 1894, s'est effectuée en 5 jours 7 heures

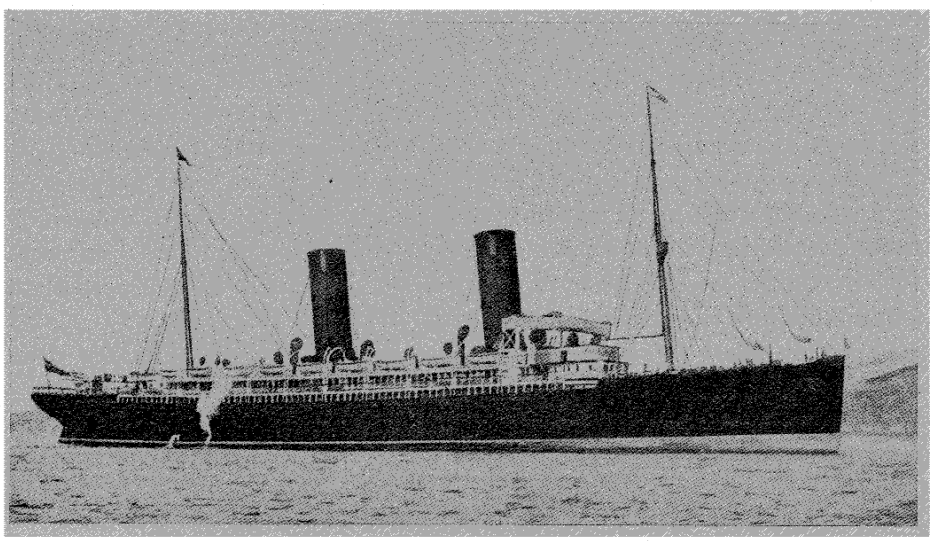


Fig. 17. — Le *Campania* (1893).

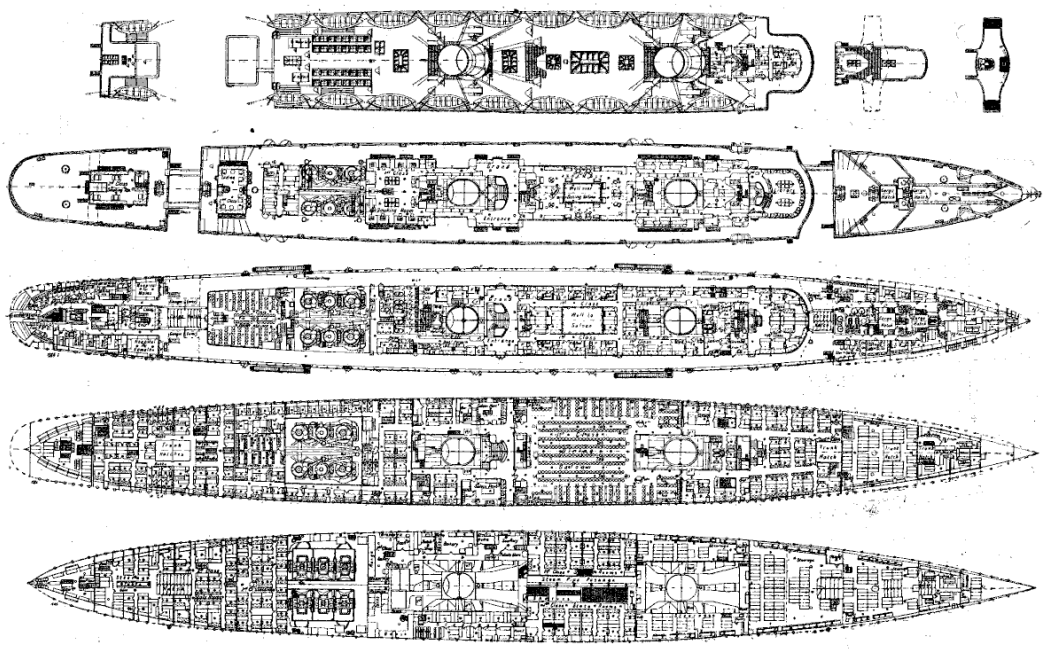


Fig. 18. — Le *Campania*. Plan des ponts.

28 minutes de New-York à Queenstown pour le *Campania* (soit 21ⁿ,81). On re-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

trouve pour ces navires la régularité de course déjà signalée. En 1893, le *Campania* a fait huit voyages dont la durée moyenne a été de 5 jours 20 heures 18 minutes; en 1894, il a fait 10 voyages d'une durée moyenne de 5 jours 20 heures 17 minutes, soit une différence d'une minute d'une année à l'autre pour un parcours de 2770 milles marins (5130 kilomètres), effectué par tous les temps et toutes les saisons. En juin 1896, le *Campania* a fait la traversée de New-York à Queenstown en 5 jours 12 heures 32 minutes, ce qui, pour un parcours de 2898 milles marins, donne une vitesse moyenne de 21n,86; le *Lucania* a effectué la traversée la même année en 5 jours 8 heures 38 minutes; et en mars 1898 il aurait encore abaissé le record en effectuant la traversée de Queenstown à New-York à la vitesse moyenne de 22n,92.

Voici d'ailleurs le relevé des traversées les plus rapides de ces deux bateaux :

		DURÉE.	TRAJET EN MILLES marins.	VITESSE MOYENNE en nœuds
1° Voyages d'Europe en Amérique.				
Octobre 1893.	*Campania*.	5j 13h 44m	2786	20,83
Août 1894.	—	5 9 40	2783	21,45
Octobre 1894.	*Lucania*.	5 7 50	2779	21,74
Août 1896.	*Campania*.	5 10 »	2785	21,42
Juillet 1897.	*Lucania*.	5 10 6	2778	21,35
2° Voyages d'Amérique en Europe.				
Mars 1894.	*Lucania*.	5j 13h 14m	2900	21,77
Mai 1895.	—	5 11 40	2897	22 »
Mars 1896.	—	5 12 27	2894	21,78
Juin 1896.	*Campania*.	5 12 19	2888	21,88
Mai 1897.	*Lucania*.	5 14 34	2939	21,76

Machines. — Chacune des deux machines, d'une puissance de 15000 chevaux-vapeur, comporte 5 cylindres, 2 à HP, 1 intermédiaire et 2 à BP; mais le grand avantage des parties bien balancées de la machine à 3 manivelles est conservé, les HP étant placés au-dessus des BP, de part et d'autre du cylindre intermédiaire. L'adoption de 5 cylindres a permis de réduire leurs diamètres, qui restent néanmoins de 0m,94, 2 mètres et 2m,50, avec course des pistons de 1m,829. Tous ces cylindres sont *jacketés* et pourvus de purgeurs automatiques. Le rapport entre le volume des cylindres HP et celui des cylindres BP, rap-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

port qui règle l'expansion de la vapeur, est de 7, ce qui, pour une introduc-

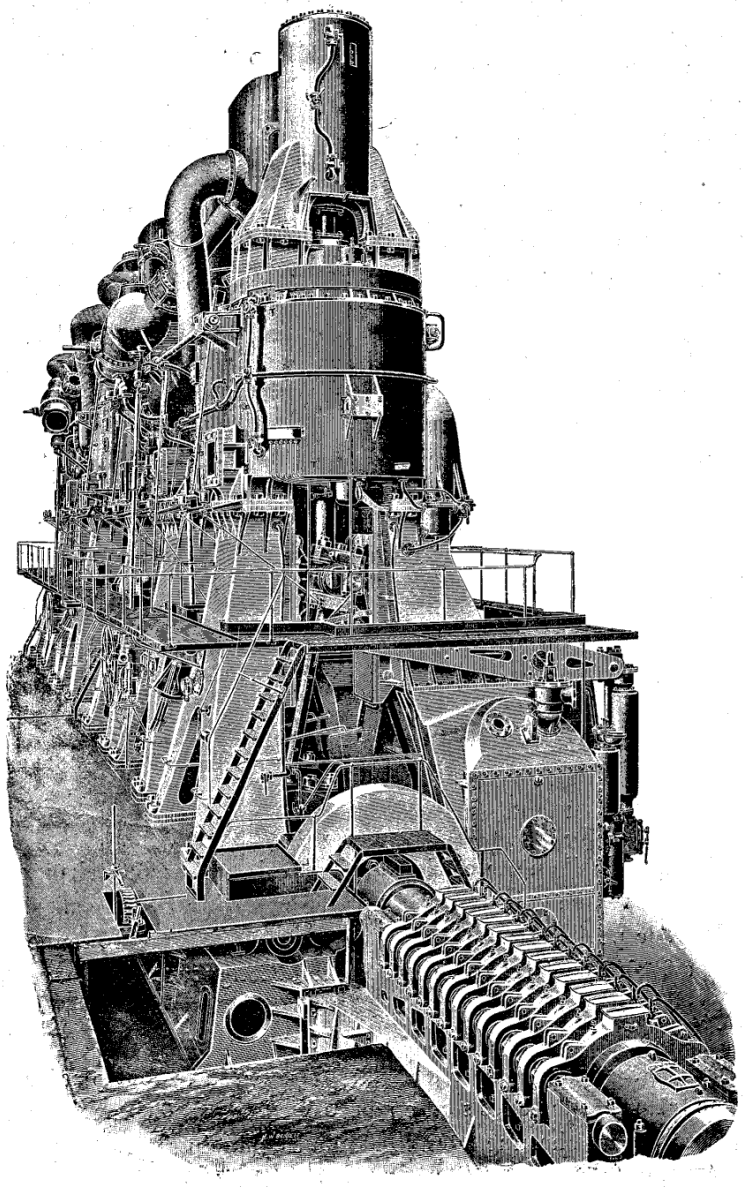


Fig. 19. — Machines à triple expansion du *Campania*.

tion moyenne à 0^{m},50 de la course des cylindres HP, donne une expansion totale de 14 volumes.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le condenseur, de section rectangulaire, est pourvu de tubes en laiton de 18 millimètres; il est établi en 3 parties et divisé en 2 compartiments, de manière que chaque BP ait son propre condenseur. A la sortie, il y a deux pompes à air et deux pompes de circulation d'eau, mues chacune par un levier détaché des crosses des machines avant et arrière, qui actionnent aussi les pompes pour le relèvement de l'eau du condenseur dans le réchauffeur d'alimentation.

Les pistons du HP sont à valves garnies d'anneaux Ramsbotton, ceux du BP et de l'intermédiaire ont chacun un anneau avec garniture Downie. Pistons et tiges sont en acier; les tiges ne pèsent pas moins de 10 tonnes. Le vilebrequin

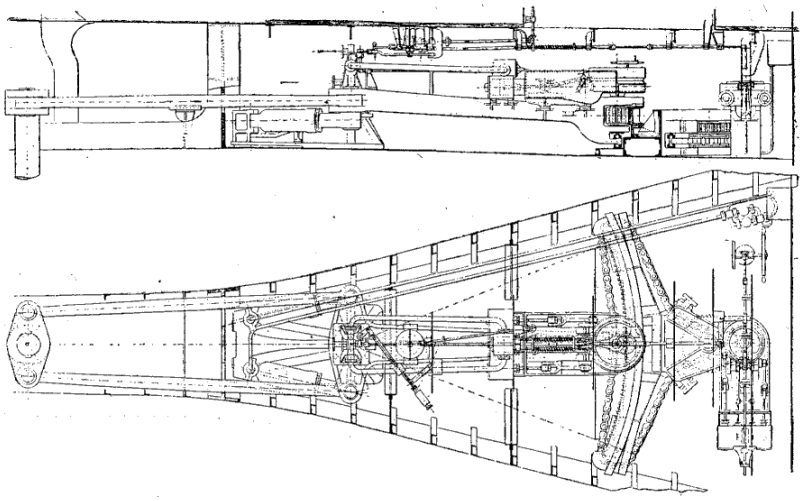


Fig. 20. — Machine à gouverner du *Lucania*.

a 660 millimètres de diamètre et chacune des trois parties interchangeables qui le composent pèse 27 tonnes, de sorte que, avec l'arbre de transmission qui a $4^{m},26$ de long, le poids de chaque vilebrequin est d'environ 110 tonnes. L'arbre propulseur a $0^{m},609$ de diamètre; il est formé de longueurs d'environ $7^{m},50$ avec deux paliers à chaque extrémité.

Les hélices tournent à 79 tours par minute; elles ont $7^{m},16$ de diamètre, $9^{m},20$ de pas, sont supportées par un bâti d'acier fondu et sont placées sur une même ligne transversale; elles sont en acier Vickers avec 3 branches en bronze de manganèse pesant chacune 8 tonnes. On a calculé du reste que pour fondre les 6 branches, il n'eut pas fallu moins de 5 millions et demi de pièces de un penny (0 fr. 10).

Le gouvernail comporte de même une plaque d'acier de $6^{m},70 \times 3^{m},50$ avec 31 millimètres d'épaisseur, qui ne pèse pas moins de 7 tonnes, et que les constructeurs se sont vus obligés de demander à la maison Krupp.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La machine à gouverner, construite par MM. Brown frères (1), ne pèse pas moins de 45 tonnes. Elle comporte un moteur principal et un moteur auxiliaire, tous deux à vapeur, et deux freins hydrauliques. Les valves de distribution de vapeur dans les moteurs sont commandées par uu cylindre télémoteur hydraulique relié par deux tuyaux en cuivre de 12 millimètres et demi de diamètre au poste de manœuvre où se trouve le télémoteur. Il existe un autre poste de manœuvre à la poupe et un troisième à la flottaison pour le cas où le bateau serait utilisé comme croiseur; la manœuvre s'effectuerait alors d'après les instructions télégraphiées du pont.

L'éclairage est assuré par 1 350 lampes électriques réparties sur tous les

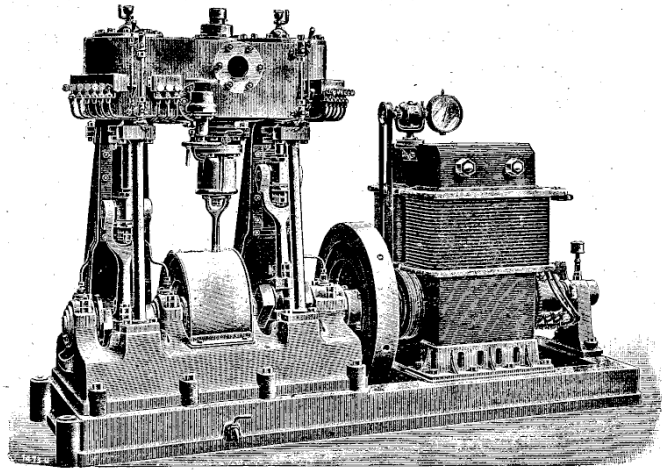


Fig. 21. — Machine Belliss et dynamos Siemens pour l'éclairage électrique du *Campania*.

points de cet immense bateau. Le fonctionnement de ces lampes absorbe une énergie électrique de 42 000 watts fournie par 4 dynamos Siemens, du type HB actionnées chacune par une machine spéciale de 70 chevaux-vapeur.

Les armatures de ces dynamos ont 380 millimètres de diamètre et chaque dynamo peut donner, à la vitesse de 275 tours à la minute, 420 ampères sous 100 volts. Le tableau de distribution, en marbre monté sur teck, mesure $2^{m},13$ sur $1^{m},52$. Le paquebot dispose en outre d'un projecteur de 2 000 bougies et de 4 foyers de 8 lumières pour le chargement des marchandises.

Pour donner une idée de la puissance formidable des machines de ce paquebot qui permet de déplacer, à la vitesse de 22 nœuds, soit $40^{km},7$ à l'heure

(1) Les principes généraux de cette machine et les détails de son exécution ont fait l'objet d'une communication de MM. Brown frères à l'*Institution of Naval Architects*, en mars 1890.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ou 11m,30 par seconde, une masse du poids de 18 000 tonnes, nous emprunterons à M. Mallet le calcul suivant, cité par cet éminent ingénieur au cours d'une conférence sur la machine Compound :

« Une force de 30 000 chevaux correspond à l'élévation à 1 mètre en une seconde de 2 250 tonnes de 1 000 kilogrammes; elle serait donc capable d'élever la Tour Eiffel tout entière, qui pèse 6 000 tonnes en nombres ronds, à sa hauteur qui est 300 mètres en 13 minutes un tiers. Comme il faudrait employer, en supposant que l'opération fût possible, des intermédiaires sous forme d'engins formidables de levage qui absorberaient peut-être la moitié du travail, nous admettrons que l'élévation aurait lieu en une demi-heure, ce qui est assurément un beau résultat ».

12 chaudières principales et 2 chaudières auxiliaires fournissent la vapeur nécessaire aux machines motrices et aux machines auxiliaires. Ces chaudières donnent de la vapeur à 11kg,6; elles sont à double façade et ont 5m,48 de diamètre et 5m,18 de long avec chacune 4 foyers Fox à chaque extrémité; elles sont réparties en 2 groupes par séries de 3, munies d'une cheminée de 5m,80 de diamètre qui s'élève jusqu'à 39m,60 au-dessus du sol de la chambre de chauffe. Les deux groupes de chaudières sont placés chacun dans un compartiment étanche et les deux compartiments sont séparés l'un de l'autre par une grande soute à charbon qui occupe toute la largeur du navire sur 19m,80 de long. Les tubes des chaudières, mis au bout les uns des autres, feraient une longueur de 20 kilomètres; les tubes des condenseurs représentent de leur côté un développement de 90 kilomètres. La surface de chauffe totale est de 7 600 mètres carrés et la surface de grilles de 223 mètres carrés.

Le tirage forcé n'a pas été appliqué, mais il y a des réchauffeurs d'alimentation utilisant la vapeur d'échappement des cylindres intermédiaires. L'eau d'alimentation est d'ailleurs recueillie dans des récipients pourvus de flotteurs dont les mouvements règlent l'admission de vapeur aux pompes d'alimentation, de manière à éviter les entraînements d'air qui se produiraient si ces pompes marchaient à plein avec un niveau d'eau trop bas. Ces pompes alimentaires constituent un organe des plus intéressants ; elles fonctionnent en effet avec de l'eau à plus de 100° et leurs pistons supportent une pression de 11 kilos. Quatre pompes auxiliaires peuvent puiser soit dans les water-ballast, soit dans la mer; dans ce dernier cas, l'eau traverse d'abord des évaporateurs Weir qui, au nombre de quatre, peuvent fournir 30 tonnes d'eau douce par jour.

La consommation de charbon atteint, paraît-il, 500 tonnes par vingt-quatre heures, soit, en nombre ronds, 350 kilos par minute, chiffre qui donne une idée du travail qu'exigent le chargement et le décrassement des grilles. Le chargement simultané des 102 foyers exige en effet 50 tonnes de charbon. 2 cheminées de 1m,50 de diamètre, secondées par 12 ventilateurs mécaniques,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

assurent la ventilation des chambres de chauffe ; les tuyaux d'amenée de la vapeur aux machines sont en fer ; les plus gros ont 508 millimètres de diamètre et 13 millimètres d'épaisseur, et pourraient par conséquent livrer passage à un homme de taille moyenne ; c'est d'ailleurs à peu près le diamètre de la cheminée des anciens bateaux à vapeur de 50 à 60 chevaux. Les soutes peuvent recevoir 4 000 tonnes de charbon.

Le grand salon, servant aussi, selon la coutume, de salle à manger, est aménagé au centre du pont principal ; on y accède par un escalier monumental

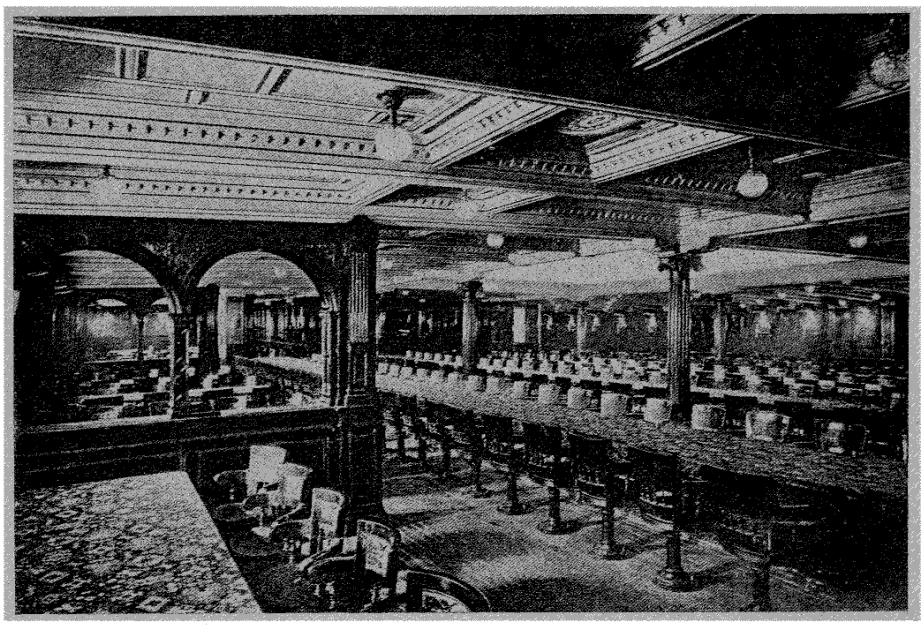


Fig. 22. — Salle à manger du *Campania*. (Vue d'arrière.)

qui, partant du pont-promenade, traverse le pont supérieur. Ce salon ne mesure pas moins de 30^{m},50 sur 18^{m},90 avec 3 mètres de hauteur sous plafond. Il est éclairé par un puits central de 7^{m},30 × 4^{m},90 montant jusqu'au pont-promenade où il est couvert d'un dôme vitré. Les parois de ce puits ne sont pas ajourées comme dans la plupart des grands paquebots ; on a pensé qu'il valait mieux soustraire la salle à manger aux bruits et aux odeurs pouvant venir des personnes indisposées, qui circulent sur le pont supérieur. La salle à manger peut recevoir simultanément les 600 passagers de 1re classe ; un petit salon adjacent est réservé pour les enfants et les domestiques. La décoration en est des plus riches.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le salon ordinaire, situé sur le pont supérieur, à côté du puits d'éclairage du grand salon, mesure environ 18 mètres sur 9 mètres ; il est largement éclairé par de larges baies latérales et par deux coupoles directes. Le fumoir, de 12 mètres sur 9m,75, est situé sur le pont-promenade, vers l'arrière ; la bibliothèque est sur ce même pont, mais à l'avant.

Les cabines ont 3 mètres de hauteur ; il en existe un certain nombre à lit

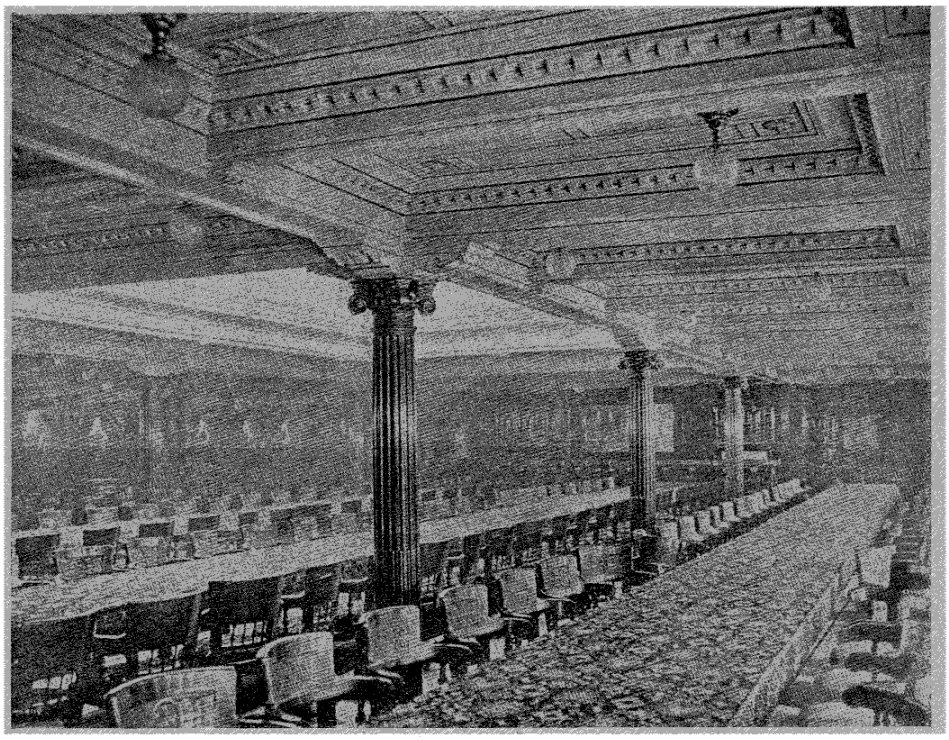


Fig. 23. — Salle à manger du *Campania*. Vue d'ensemble.

unique et d'assez nombreuses à deux lits seulement. Tous les lits sont en fer, et les lits supérieurs peuvent se relever contre la cloison, de manière à laisser plus de place quand ils ne sont pas occupés.

Les cabines de troisième classe sont à l'arrière des machines, sur le pont supérieur et sur le pont-promenade. Les passagers de cette catégorie disposent d'une salle à manger établie sur le pont supérieur, avec salle spéciale pour les enfants et domestiques, d'un salon aménagé sur le pont-promenade, près du grand escalier, et d'un fumoir placé en poupe.

Les passagers d'entrepont sont logés sur le pont inférieur ; une promenade

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

leur est réservée sur le pont supérieur. Toutes les cabines et salles à l'usage des passagers sont chauffées par la vapeur.

Le *Campania* peut recevoir 600 passagers de 1re classe, 400 de 2e classe et

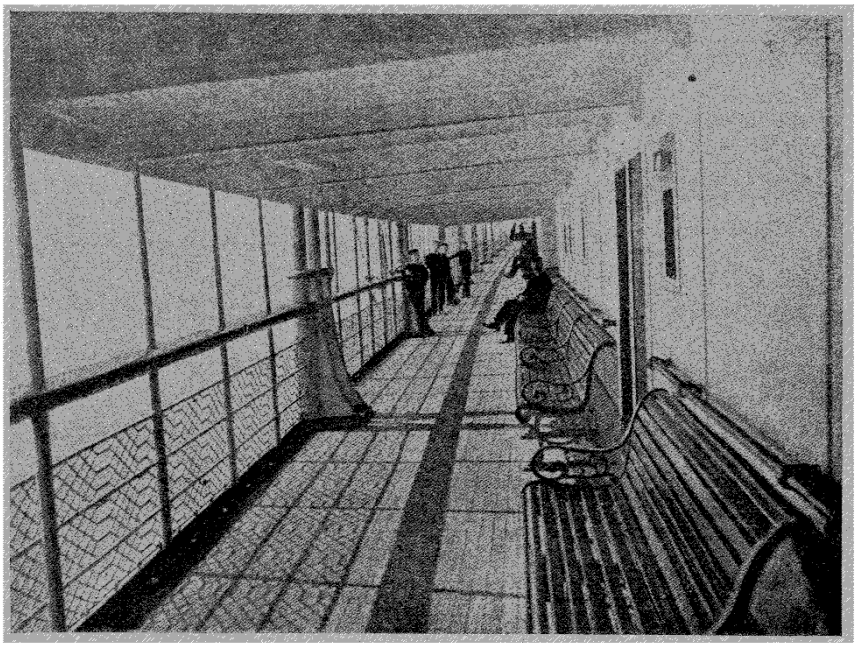


Fig. 24. — Le pont-promenade du *Lucania*.

de 700 à 1 000 émigrants ; elle peut embarquer en outre 1 620 tonnes de marchandises.

Son équipage comprend 415 personnes ainsi réparties :

1° Équipage.

Commandant	1	
Officiers	6	
Agent-comptable	1	
Médecin	1	
Charpentier	1	
Menuisier	1	
Hunier	1	
Calfats	2	
Quartiers-maîtres	6	
Lampiste	1	
Matelots	40	
A reporter	61	61

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Report		61

2° Personnel des machines.

Mécanicien en chef	1	
Mécaniciens	21	
— (pour les appareils réfrigérants)	2	
Ingénieur des docks	1	
Électriciens	8	
Magasiniers	2	
Lampiste	1	
Graisseurs	18	
Chefs chauffeurs	9	
Chauffeurs	75	
Manœuvres	57	
	195 . . .	195

3° Personnel de service.

Maître d'hôtel	1	
Garçons	105	
Cuisiniers, boulangers, etc.	45	
Femmes de chambre	8	
	159 . . .	159
ENSEMBLE		415

Pour chaque voyage, le navire emporte :

10 000	kilos de bœuf frais.
500	— de bœuf salé.
5 000	— de mouton.
1 700	— d'agneau.
250	— de veau.
250	— de porc.
1 750	— de poisson frais.

plus 1 000 volailles, 400 poulets, 150 canards, 80 oies, 100 dindons ; 30 tonnes de pommes de terre, 30 paniers de légumes, 1 800 litres de lait, 18 000 œufs (plus de deux par minute pendant la durée de la traversée), 500 kilos de thé, 750 kilos de café, 4 000 kilos de sucre, 1 200 kilos de fromage, 1 500 kilos de beurre, 3 000 kilos de jambon, 900 kilos de lard, etc.

Ces chiffres peuvent être complétés par les suivants, relatifs à la consommation annuelle pour toute la flotte Cunard en 1890, d'après Edwin Hodder (*Life of sir George Burns*) :

4 656	moutons.	2 200	dindons.
1 800	agneaux.	2 200	oies.
2 474	bœufs.	53	tonnes de jambon.
24 075	volailles.	20	— de lard.
831 603	œufs.	15	— de fromage.
4 230	canards.		

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On consomme également en une année :

1	tonne 1/2 de moutarde.	18	tonnes de pois.
1	— 3/4 de poivre.	15	— d'orge perlé.
7 216	flacons de cornichons.	17	— de riz.
8 000	boîtes de sardines.	34	— de farine d'avoine.
33	tonnes de sel.	460	— de farine.
4 192	calottes de 1kg,8 de confitures.	23	— de biscuits.
15	tonnes de marmelade.	48 902	pains de 3kg,6.
22	— de raisins, groseilles, figues.		

Les passagers de la ligne Cunard boivent annuellement :

8 030	bouteilles	et 17 613 demi-bouteilles	de champagne.
13 941	—	et 73 102 —	de bordeaux.
9 200	—	d'autres vins.	
489 344	—	ale et porter.	
174 921	—	d'eaux minérales.	
344 000	—	de spiritueux.	

Ils fument :

15 585 kilos de tabac. 63 340 cigares. 56 875 cigarettes.

La consommation de charbon est de 356 763 tonnes par an, soit près de 1 000 tonnes pour chaque jour de l'année.

Le personnel de la Compagnie comprend :

Capitaines	34
Officiers	146
Mécaniciens, chaudronniers, charpentiers	628
Marins	665
Chauffeurs	916
Domestiques, hommes	900
— femmes	62
Lingères	42
Agents ou ouvriers à terre	1 100

soit un ensemble de 4 506 personnes pour assurer la marche de navires qui, chaque année, parcourent une distance égale à cinq fois celle entre la terre et la lune !

La comparaison suivante des éléments essentiels des principaux paquebots de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

la Compagnie Cunard aux différentes phases de son existence (1), permet de se rendre compte des progrès réalisés :

	BRITANNIA.	PERSIA.	SERVIA.	UMBRIA.	CAMPANIA.
Année de construction . .	1840	1856	1879	1884	1892
Propulseur	roues	roues	hélice	hélice	double hélice
Système de machine . . .	basse pression	moyenne pression	Compound	triple expansion	triple expansion
Charbon brûlé pour une traversée	570 tonnes	1 400 tonnes	1 836 tonnes	1 900 tonnes	2 900 tonnes
Chargement (marchandises)	224 —	750 —	1 700 —	1 000 —	1 620 —
Nombre de passagers. . .	115	250	320	1 225	1 700
Force en chevaux indiqués.	710	3 600	5 000	14 500	30 000
Pression effective aux chaudières.	0kg,63	2kg,32	3kg,27	7kg,73	11kg,6
Charbon brûlé par cheval.	2kg,28	1kg,70	0kg,85	0kg,83	0kg,67
Vitesse maximum (en nœuds)	8,5	13,1	15,5	19	22
Durée du voyage.	14 jours	10 jours	8 jours	6 jours	5 jours

Un autre tableau, emprunté à une communication de sir John Durston, à l'*Institution of Naval Architects* (2), permet de se rendre compte de l'extension prise par la Compagnie depuis sa fondation.

	1860	1870	1880	1890	1897
Nombre de navires de la Compagnie.	39	43	50	51	59
Tonnage moyen brut.	1 492	1 888	2 735	3 901	4 896
Tonnage du plus grand navire.	2 283	3 664	4 023	6 600	8 000
Puissance indiquée moyenne.	1 148	1 616	2 428	3 759	4 713
— — maximum.	2 189	3 300	3 800	7 000	11 000
Pression maximum aux chaudières	1kg,5	2kg,8	5kg,6	11kg,2	12 kil.

White Star. — La *White-Star* débuta par des transports entre l'Angleterre et l'Australie au moment de la fièvre d'or. Au cours de sept années elle ne trans-

(1) *Bulletin des Ingénieurs civils*, 1893, t. II, p. 590.

(2) Session de 1897. *A review of the history and progress of marine engineering in the royal navy and mercantile marine from the fondation of the Institution of Naval Architects to the present date.*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

porta pas moins de un demi-million de chercheurs d'or. En 1867, M. Thomas Henri Ismay (né à Maryport en 1837, et ancien directeur de la *National Line*) devint le propriétaire de cette ligne et remplaça les navires en bois par des navires en fer; deux ans plus tard, il fondait l'*Oceanic Steam Navigation C°*, plus connue sous l'ancien nom de *White Star Liné*, et dont le premier paquebot, l'*Oceanic* (1871), fit époque dans les annales des traversées transatlantiques, en raison du luxe inaccoutumé de ses aménagements. Ce fut le premier transatlantique sur lequel les cabines et salons, jusqu'alors installés à l'arrière, furent établis au centre du navire où les mouvements sont moins sensibles.

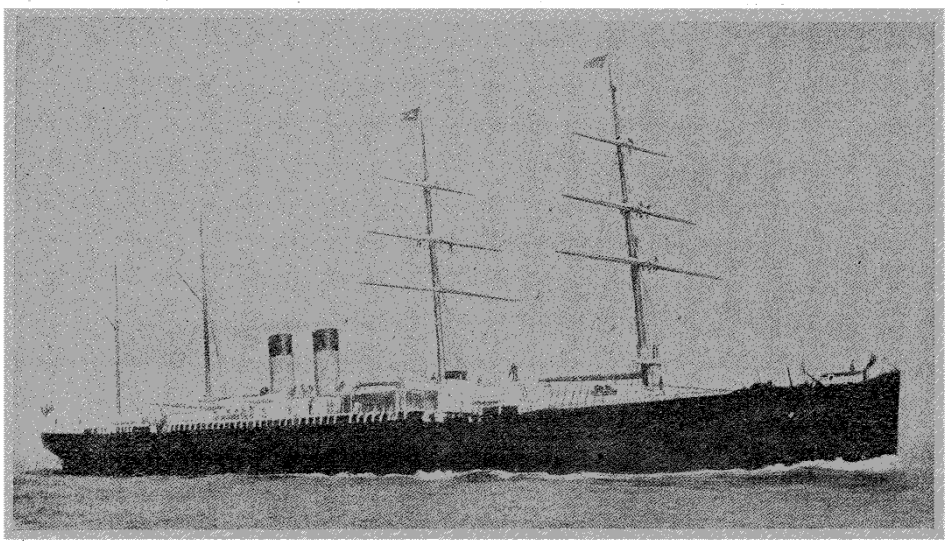


Fig. 25. — Le *Britannic* (1874).

Les machines, construites par la maison Maudslay Sons Field, de Londres, comportaient 4 cylindres, 2 à HP de 1^{m},04 de diamètre et 2 BP de 1^{m},98 de diamètre, actionnant deux manivelles avec course de 1^{m},524. 12 chaudières avec 24 foyers fournissaient la vapeur à 4^{kg},6 et consommaient 65 tonnes de charbon par jour. La vitesse moyenne était de 14^{n},5.

L'*Oceanic* fut suivi d'autres navires du même type, lancés en 1872. *Baltic*, *Republic*, *Celtic*, *Adriatic*, qui restèrent les plus rapides pendant quelques années; puis vinrent le *Britannic* (1874) et le *Germanic* (1875), navires de 5 000 tonneaux et 5 100 chevaux, qui furent les premiers à réduire la traversée à moins de 7 jours et demi et dont la vitesse moyenne, pour plus de 80 voyages, fut de 8 jours 11 heures pour l'aller et 8 jours 3 heures pour le retour.

Ces navires, sortis des chantiers Harland et Wolff de Belfast, mesurent

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

138m,70 de long, 13m,70 de large et 10m,10 de profondeur. Les machines, construites par Maudslay Sons et Field, sont des machines Compound à deux manivelles du même type que celles de l'*Oceanic;* les cylindres HP ont 1m,22 de diamètre et les cylindres BP, 2m,11 ; la course du piston est de 1m,524 ; la vapeur est fournie à 8kg,4 par 8 chaudières à double face avec 32 foyers ; la consommation est de 110 tonnes de charbon par jour et la vitesse est d'environ 16 nœuds. Ces navires sont encore en service aujourd'hui. En août 1891, le *Britannic*, qui comptait déjà près de dix-huit ans, a fait la traversée New-York-Queenstown en 7 jours 6 heures 52 minutes. L'arbre du *Britannic* avait été primitivement agencé de manière à permettre d'abaisser ou de relever l'hélice ; on espérait obtenir ainsi de meilleurs résultats en réglant la hauteur de l'hélice selon sa profondeur dans l'eau, mais les résultats ne répondirent pas aux espérances et le système fut abandonné.

Majestic et *Teutonic*. — Ces deux paquebots, identiques, furent commandés par la *White Star* à MM. Harland et Wolff, en leur demandant de fournir les meilleurs navires possibles, sans limite de prix.

Le *Teutonic* fut lancé le 19 janvier 1889 et le *Majestic* le 29 juin suivant. Les temps de leur première traversée de Queenstown à New-York furent 6 jours 14 heures 20 minutes pour le premier, 6 jours 10 heures 30 minutes pour le second; mais en avril 1891, le *Teutonic*, luttant de vitesse avec la *City of New-York*, qui partait aux mêmes jours, accomplit la traversée en 5 jours 19 heures 5 minutes, ce qui correspond à une vitesse de 20n,18. La vitesse moyenne pour 1896 (mesurée sur bases) a été de 18n,91 pour le *Teutonic* et de 18n,76 pour le *Majestic;* en 1897 les chiffres correspondants ont été 18n,90 et 18n,71.

Ces paquebots, construits en acier Siemens, mesurent 177m,40 de longueur totale, 17m,37 de large et 12m,80 de creux ; leur tonnage brut est de 9685 tonneaux. Leur tirant d'eau normal serait de 6m,71, mais il résulte de relevés faits au départ de Liverpool en mars 1896 que le tirant d'eau de l'arrière atteignait 7m,70 pour le *Teutonic* et 7m,77 pour le *Majestic*. Ils sont pourvus de deux hélices jumelles actionnées par deux machines à triple expansion, d'une puissance totale de 18 000 chevaux-vapeur indiqués; le gréement est du système trois-mâts goélette.

Les deux machines, du type pilon, sont séparées par une cloison longitudinale étanche qui s'élève de quelques décimètres au-dessus de la ligne d'eau, la partie supérieure restant commune aux deux salles. Les diamètres des cylindres sont 1m,097, 1m,727 et 2m,793, et la course des pistons est de 1m,524. Les cylindres sont en acier fondu avec une simple enveloppe d'air chaud, les constructeurs jugeant qu'à la mer l'enveloppe de vapeur est plutôt nuisible à cause de la nécessité d'assurer la circulation de la vapeur de cette enveloppe. Chaque cylindre est supporté par un bâti en acier fondu à branche simple en arrière, double (en

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

forme d'A) en avant, de sorte que le cylindre repose sur trois points d'appui.

Les condenseurs, un par machine, sont constitués par de longs cylindres de bronze de 6m,10 de long et 2m,10 de diamètre avec tubes également en bronze de 0m,022 de diamètre et dont la longueur totale atteint 32 kilomètres.

La vapeur est fournie à la pression de 12kg,7 par 12 chaudières à double façade et 4 chaudières simples de 3m,80 seulement de diamètre. Les 76 foyers sont agencés suivant le système Howden pour le tirage forcé et donnent une surface totale de grille de 108 mètres carrés.

Les hélices, à trois branches, en bronze de manganèse, ont 6m,50 de diamètre et 8m,66 de pas. Elles ne sont pas situées dans le même plan transversal et les projections de leurs circonférences se pénètrent de 1m,68, c'est-à-dire qu'elles

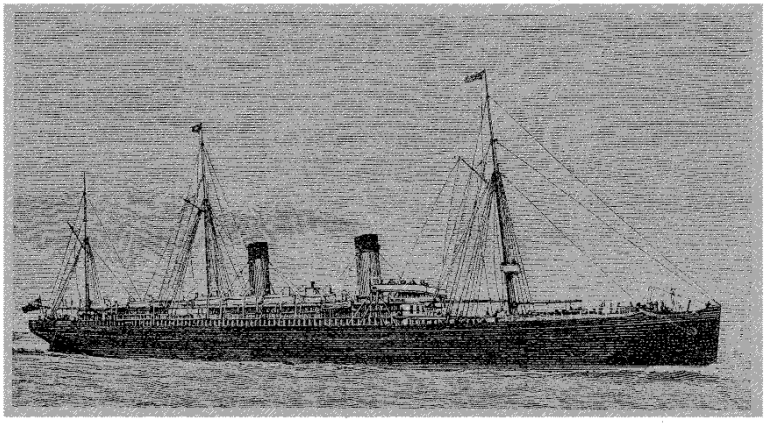


Fig. 26. — Le *Teutonic* (1889).

dépassent chacune le plan longitudinal du navire de 0m,84. L'hélice de bâbord a le pas à gauche, celle de tribord a le pas à droite. La première, qui se trouve en arrière et agit en partie sur le courant projeté par l'autre hélice, fait deux tours de plus à la minute que cette dernière. La coque est entaillée au droit des hélices pour livrer passage aux ailes.

La vitesse de rotation est de 79 à 82 tours par minute; l'arbre a 0m,558 de diamètre. La vitesse moyenne en 1890 a été de près de 19 nœuds avec une consommation de 316 tonnes de charbon par jour.

Le *Teutonic* et le *Majestic* ne sont pas agencés exclusivement en vue des passagers de cabines; ils ne doivent en effet recevoir que 300 passagers de première classe et les dimensions de la salle à manger ont été choisies de telle sorte que tout ce monde puisse y trouver place en même temps. Le nombre des passagers de deuxième classe peut, en revanche, atteindre 150, et celui des émigrants, 750.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les émigrants célibataires sont logés à l'avant, les passagers de première classe au milieu, les passagers de deuxième classe, les émigrants mariés ou les femmes seules, à l'arrière. Chaque classe de voyageurs est ainsi complètement séparée des autres et chacune possède un pont spécial de promenade.

Le pont-promenade supérieur offre une longueur de 75 mètres et une largeur de 6 mètres libres de tout obstacle, entre le roof et la gouttière. Les embarcations ont été reportées au-dessus, sur un pont léger servant de tente.

On trouve : au centre du pont-promenade, quelques cabines de luxe et la bibliothèque, dont la table centrale est en verre et ferme le puits d'éclairage du grand salon. Un escalier monumental en vieux chêne donne accès au grand salon installé au centre du navire, sur le pont principal, et éclairé par un dôme qui traverse le pont supérieur pour s'élever jusqu'au niveau du pont-promenade. Ce salon, qui, comme toujours, constitue la salle à manger, est décoré richement dans le style Renaissance, ivoire et or.

A l'avant du salon, et immédiatement au-dessous de celui-ci, sont les cabines de première, dont beaucoup n'ont que deux couchettes non superposées. En outre, on a disposé un certain nombre de cabines plus grandes pour des familles, et des chambres plus petites, au contraire, pour les passagers seuls.

Autour du salon, sur le pont supérieur, se trouvent les cabines de luxe. C'est au même étage que sont installés : le fumoir des premières, un des plus jolis du genre, les toilettes, salons de coiffure, etc. Il a été tenté, dans ce paquebot, une amélioration dans l'agencement des cabines de seconde classe. Celles-ci sont complétées par un salon servant de salle à manger, par un fumoir situé au-dessus, un pont-promenade séparé, des salles de bains et des lavabos.

Nous citerons enfin l'*Oceanic* en chantier à Belfast et qui est appelé à dépasser tous ses concurrents. Les détails font défaut sur ce navire dont la construction doit être fort avancée ; on annonce cependant qu'il mesurera 214^{m},60 de long et jaugera 17 000 tonnes. 3 machines à triple expansion, d'une puissance de 15 000 chevaux chacune, actionneront chacune une hélice et pourront donner au navire une vitesse de 23 nœuds, au prix d'une consommation journalière de 700 tonnes de charbon.

Compagnie Inman. — La Compagnie Inman (1) débuta juste dix ans après la Compagnie Cunard ; l'annonce suivante, publiée dans le *Liverpool Mercury* du 6 décembre 1850, annonça sa création :

« Communication par bateaux à vapeur entre Liverpool et Philadelphie.

« Le puissant navire à hélice *City of Glascow*, commandant B. E. Mathews

(1). William Inman, le fondateur de la ligne, était né à Leicester le 6 avril 1825 et mourut en 1881, peu après le lancement du *City of Rome*.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

du Great Western, 1610 tonneaux, 350 chevaux-vapeur, naviguera dans les conditions suivantes :

De Liverpool . .	Vendredi, 11 décembre 1850	Vendredi, 12 février 1851
De Philadelphie.	Jeudi, 16 janvier 1851	Jeudi, 13 mars 1851

« Ce navire est bien connu par ses belles traversées entre Glascow et New-York ; il comporte d'amples aménagements pour environ 120 passagers de 1re et 2e classe. Il ne prend pas de passagers d'entrepont.

Tarif de traversée :

De Liverpool	1re classe,	22 guinées	(583 francs).
—	2e —	13 —	(344 fr. 50).
De Philadelphie	1re —	100 dollars	(500 francs).
—	2e —	60 —	(300 —).

« Ces prix comprennent la nourriture et le service, mais ni le vin ni les liqueurs.

« Tarif pour les marchandises :

De Liverpool.	100 francs par tonne.
De Philadelphie	Suivant accord.

La *City of Glascow* était un navire à hélice avec machines d'une puissance de 350 chevaux. Le navire mesurait 72m,20 de long et comportait 52 cabines de 1re classe, 85 de 2e et pouvait recevoir en outre 400 passagers d'entrepont et 1200 tonnes de marchandises. L'équipage comprenait une soixantaine de personnes.

Comme le bateau similaire *City of Manchester*, il avait été construit sur la Clyde et comportait 2 machines à balancier et à engrenage avec cylindres de 1m,80 de diamètre et course de 1m,52, actionnant 1 hélice à 2 branches de 3m,96 de diamètre et 5m,49 de pas. La vapeur était fournie à la pression de 0kg,7 par 3 chaudières pourvues de 9 foyers.

La *City of Glascow* quitta pour la première fois Liverpool le 11 décembre 1850. Elle fut bientôt suivie d'autres paquebots similaires : *City of Manchester*, *City of Philadelphia*, etc.

En 1857, la Compagnie abandonna Philadelphie pour New-York et la rivalité avec la ligne Cunard devint plus âpre.

En 1866, la Compagnie Inman détint le record des traversées rapides ; son paquebot *City of Paris* (premier du nom) accomplit, en novembre 1866, la traver-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sée de Queenstown à New-York en 8 jours 4 heures (1), ce qui correspond à une moyenne de 13^{n},7.

En décembre 1869, la *City of Brussels* enleva à son tour le record des traversées d'Amérique en Europe (New-York-Queenstown), par 7 jours 22 heures 3 minutes.

Ce paquebot, du même type que la *City of Paris* (premier du nom), *City of Philadelphia*, *City of Bristol*, *City of London*, etc., qui constituaient la magnifique flotte de l'Inman C^{o}, fut lancé en 1869. Il mesurait 118^{m},90 de longueur entre perpendiculaires sur 12^{m},26 de large et 8^{m},25 de profondeur, et jaugeait 3747 tonneaux. Ses machines, d'une puissance de 3000 chevaux-vapeur, étaient à action directe, avec condenseur de surface; elles comportaient 2 cylindres horizontaux de 2^{m},30 de diamètre et 1^{m},22 de course, recevant de la vapeur à 2^{k},1 et assurait une vitesse moyenne de 13 nœuds avec une consommation de 110 tonnes de charbon par jour. C'est sur ces navires que fut appliqué pour la première fois le système de manœuvre par la vapeur, déjà essayé cependant sur le *Great Eastern*. La *City of Brussels*, qui réduisit la première la traversée à moins de 8 jours (décembre 1869), périt, après avoir subi diverses transformations, le 7 janvier 1883, à la suite d'une collision avec le *Kirby Hall*, au large de l'embouchure de la Mersey.

La *City of Berlin*, lancée en 1875, soutint la réputation de l'Inman C^{o} et reconquit le record un instant enlevé par la *White Star*. Ce beau paquebot fut le premier à bord duquel ait été installée (en novembre 1879) la lumière électrique; sa machine primitive, d'une puissance de 4800 chevaux-vapeur, comportait 2 cylindres de 1^{m},83 et 3^{m},05 de diamètre, avec course de 1^{m},536; en 1887, elle a été remplacée par une machine à triple expansion, en même temps que les chaudières étaient pourvues du système Howden pour le tirage forcé.

Passé aux mains de l'*American Line*, ce paquebot, devenu le *Berlin*, a continué le service transatlantique; sa vitesse moyenne pour 1896 n'a pas excédé 13^{n},6.

La *City of Rome* (1881) ne réalisa pas toutes les espérances qu'elle avait fait naître; ce fut le premier paquebot à 3 cheminées. Son tonnage était de 13500 chevaux et il mesurait 166^{m},40 de long sur 15^{m},95 de large. Sa machine, à 3 manivelles, comportait 6 cylindres, 3 à HP de chacun 1^{m},17 de diamètre et 3 à BP de 2^{m},18, placés en tandem, avec course de 1^{m},80 pour le piston. La vapeur était fournie, à la pression de 6^{kg},7, par 8 chaudières ordinaires comportant 48 foyers.

(1) Le record était détenu alors par le paquebot de la Compagnie Cunard *Scotia*, avec une traversée de 8 jours 4 heures 34 minutes en juillet 1866; ce même *Scotia* détenait aussi le record de la vitesse au retour (New-York-Queenstown), depuis sa traversée de 8 jours 3 heures 60 minutes en décembre 1863.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

En dehors du *City of Chicago*, acheté pour remplacer le *City of Brussels* en 1883, aucun steamer ne fut ajouté à la flotte de la Compagnie qui, en septembre 1886, à la suite d'une tentative malheureuse d'augmentation du capital par émission publique, fut rachetée par l'International Navigation Company des États-Unis, qui se transforma elle-même en *Innam and International C°*.

C'est cette nouvelle Compagnie qui lança en mars 1888 le paquebot *City of New-York*, bientôt suivi (avril 1889) du paquebot frère *City of Paris*, deux magnifiques navires en acier, à double hélice, dont on trouvera la description au chapitre relatif à l'*American Line*, pour le compte de laquelle ils naviguent depuis 1893. Nous dirons seulement ici qu'en 1889, la *City of Paris* fit 515 milles marins dans une journée, ce qui fut considéré comme phénoménal à l'époque; c'est à ce même navire que revient l'honneur d'avoir abaissé au-dessous de 6 jours la durée de la traversée; il détint d'ailleurs le record à l'aller comme au retour en 1889, accomplissant en effet la traversée :

Queenstown-New-York (2 788 milles) en 5 jours 19 heures 18 minutes en septembre 1889
(vitesse moyenne 20 nœuds).
et celle inverse (2 784 milles) en 5 jours 22 heures 50 minutes en décembre 1889
(vitesse moyenne 19,5 nœuds).

Ligne Guion. — La ligne *Guion* fut fondée en 1866, par Stephen Barker Guion, Américain de naissance et ancien agent de la Compagnie Cunard, puis de la *National Line*.

Cette ligne débuta avec le *Manhattan*, beau navire en fer, à hélice, de 102 mètres de long et 2869 tonneaux, bientôt suivi du *Minnesota*, du *Nevada*, de l'*Idaho* et surtout du *Wyoming* et du *Wisconsin* (1870), navires en fer construits par MM. Palmer et des premiers qui aient été pourvus de machines Compound. En 1872, la Compagnie Guion mit à l'eau 2 navires, *Montana* et *Dakota*, entièrement différents des autres steamers. Leurs dimensions étaient 121^{m},90 de long, 13^{m},30 de large et 12^{m},40 de profondeur; ils étaient pourvus de machines Compound avec dédoublement pour la première fois du cylindre BP.

Le cylindre HP, de 1^{m},50 de diamètre, agit sur la manivelle d'avant en même temps qu'il actionne deux séries de pompes reliées aux condenseurs; les deux cylindres BP, de 2^{m},87 de diamètre, sont horizontaux et agissent sur la manivelle d'arrière. La course commune est de 0^{m},936 et tous les cylindres sont pourvus de valves Corliss. Les premières chaudières du *Montana*, donnant de la vapeur à 7 kilogrammes, étaient aquitubulaires avec tubes de 0^{m},381 de diamètre, mais elles ne donnèrent pas de bons résultats et furent remplacées, après le premier voyage, par des chaudières tubulaires ordinaires.

Ces deux navires ne réussirent pas à enlever le record, mais il n'en fut pas

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de même pour l'*Arizona* qui, construit en 1879, fit plusieurs belles traversées réduisant sans cesse le record, et accomplit en septembre 1881 la traversée New-York-Queenstown en 7 jours 7 heures 46 minutes, gagnant plus de 7 heures sur la traversée la plus rapide jusqu'alors dans ce sens, celle de la *City of Berlin*, de l'Inman C° (septembre 1875) (1).

L'*Arizona*, que les Américains appelaient « cheval de course » (*race horse*), mesurait 141m,40 de long, 14 mètres de large, 11m,30 de profondeur; elle jaugeait 5164 tonneaux et était pourvue de machines Compound avec, pour la première fois, 3 manivelles calées à 120°. Le cylindre HP, de 1m,57 de diamètre, était placé entre les deux cylindres BP, de 2m,29 de diamètre. La course du piston était de 1m,67. 7 chaudières, avec 39 foyers, fournissaient la vapeur à 6 kg,7 et la consommation de charbon atteignait la moyenne de 125 tonnes par jour. Le succès de l'*Arizona* amena la Compagnie à demander aux mêmes constructeurs John Elder et C°, de Glascow, un autre navire en fer de même type, mais un peu plus grand et un peu plus puissant, l'*Alaska*, qui fut le premier à réduire la durée de la traversée à moins de 7 jours (juin 1882).

Ce beau navire, de 152m,40 de long, se trouva en concurrence avec la *Servia* (Compagnie Cunard) et la *City of Rome* (*Inman Line*), qu'il battit; les Américains le baptisèrent « le lévrier » (*Grey hound*). Le succès de la Compagnie fut encore accentué par l'*Oregon*, le dernier navire ajouté à la flotte Guion. Ce paquebot, sorti des chantiers John Elder et C°, sur la Clyde, mesurait 152m,40 de longueur, 16m,50 de largeur et 12m,50 de profondeur. Ses machines, d'une puissance de 13500 chevaux indiqués, étaient un des beaux spécimens de la machinerie marine; le cylindre HP, de 1m,78 de diamètre, était placé entre les deux cylindres BP de 2m,64 de diamètre; la course du piston était de 1m,83 et la pression de la vapeur 7 kg, 7. La consommation de charbon s'élevait à 310 tonnes par jour. Aux essais, sa vitesse atteignit 20 nœuds avec 12380 chevaux indiqués et 62 tours d'hélice à la minute, et le premier voyage fut accompli à la vitesse moyenne de 18 nœuds un tiers. Ce paquebot pouvait recevoir 340 passagers de 1re classe, 92 de 2e classe, 110 de 3e classe; le faux-pont supérieur pouvait, de plus, contenir 1 000 émigrants.

Ce beau navire, qui enleva le record dès son premier voyage en accomplissant la traversée Queenstown-New-York en 6 jours 10 heures 9 minutes, fut acheté plus tard par la Compagnie Cunard, au service de laquelle il sombra à la suite d'une collision, en juin 1884. Du reste, à la mort de M. J. B. Guion (décembre 1885), la Compagnie se transforma sous la désignation de *The Liverpool and Great Western Steamship C°*.

(1) Ce record fut dépassé encore en août 1884; mais à cette époque l'*Arizona* fut distancée par l'*Alaska*, lancé en 1881.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

LIGNES DIVERSES ANGLAISES

Dès 1851, la *Compagnie Glascow and New-York Steampacket* établit un service rapide entre Glascow et New-York. Ce service fut assuré d'abord par le *Glascow*, puis par le *New York* et l'*Edinburgh*. La ligne prospéra jusqu'en 1858, époque à laquelle la perte du *New York* lui porta un coup dont elle ne se releva pas.

Le service organisé également entre Glascow et New-York, en 1858, par l'*Anchor Line*, eut une meilleure destinée. Inauguré avec le *Tempest*, il devint bientôt assez prospère pour justifier des départs hebdomadaires (1863), qui existent encore. C'est cette Compagnie qui a introduit la première les procédés frigorifiques par l'air sec pour le transport des viandes mortes. Les premiers essais furent faits en 1879 à bord du *Circassia*.

En août 1852 la maison Mac Kean, Mac Lasty et Lamont, de Liverpool, passa avec le Gouvernement canadien un contrat aux termes duquel elle assumait l'organisation d'un service transatlantique moyennant un subside annuel de 600000 francs. Dès 1853, le premier paquebot de cette Compagnie, *Geneva*, naviguait de Liverpool à Québec. Vinrent ensuite : *Ottawa*, *Cleopatra*, etc. Le service dura jusqu'en 1854 ; il fut interrompu pendant la guerre de Crimée, puis rétabli par sir Hugh Allan, du Canada, qui, de concert avec ses frères de Glascow, organisa l'*Allan Line*, encore florissante aujourd'hui.

Le premier navire de cette Compagnie fut le *Canadian*, qui partit de Liverpool le 20 septembre 1854 pour Québec et Montréal. C'était un navire en fer à hélice, construit par Denny, de Dumbarton, de 84^{m},73 de long sur 10^{m},36 de large et 7^{m},32 de creux, jaugeant 1873 tonneaux. Il fit le service avec l'*Indian*, bateau similaire. Depuis, la flotte de la Compagnie s'est accrue successivement du *North American*, de l'*Anglo-Saxon*, *Circassian*, *Nova Scotian*, *Polynesian*, *Sarmatran*. En 1880, la Compagnie lança le *Parisian*, construit par Napier, et mesurant 134 mètres de long sur 14 mètres de large et 10 mètres de creux, avec un tonnage de 5365 tonneaux et machine Compound. Le service avec le Canada n'a pas pris de développement depuis ; il est resté un service d'importance secondaire.

La *Dominion Line* inaugura en 1852 son service pour passagers entre Liverpool et Québec, assurant le transport des malles postales concurremment avec l'Allan Line. Le *Vancouver*, construit en 1884 sur le modèle du *City of Chicago* de l'Inman Line et le *Labrador*, construit en 1891, à Belfast, furent les principaux navires de cette ligne. La Compagnie assure d'ailleurs un service important de transport de marchandises et de bétail sur pied entre le Canada et Liverpool et Bristol.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Nous citerons encore le *Twin Screw Line*, qui lança en 1881 le premier paquebot transatlantique à 2 hélices, le *Notting Hill*. Ce navire, en acier, mesurait 128 mètres de long, 13m,72 de large et 8m,07 de creux; il jaugeait 3900 tonneaux. Ses machines étaient du type Compound, mais avec une seule manivelle pour chacune des 2 machines. Les diamètres des cylindres étaient 0m,824 pour le HP et 1m,930 pour le BP, la course du piston étant de 1m,22. Quoique agencé pour recevoir des passagers, ce navire n'était pas destiné aux services rapides; sa vitesse ne dépassait pas 12 nœuds.

L'*America*, qui détint le record des traversées en 1884 (traversée de retour en 6 jours 14 heures 18 minutes en juin 1884), appartenait à la *National Steamship Navigation C°*. Cette Compagnie avait débuté en 1863, avec 3 steamers: *Louisiana* (plus tard *Holland*), *Virginia* et *Pennsylvania*. C'est à elle que revient l'honneur de l'introduction de la machine Compound dans la flotte transatlantique. Son navire le *Holland* fut pourvu d'une machine de ce genre en 1869.

L'*America*, construit en acier, mesurait 137m,40 de long, 15m,60 de large et 10m,97 de creux; son tonnage était de 5528 tonneaux; ses machines, du type Compound à 3 cylindres et 3 manivelles, utilisaient de la vapeur à 7 kilogrammes. Malgré les résultats obtenus, la Compagnie, qui s'occupait plutôt du transport des émigrants, ne persévéra pas dans sa tentative de se créer une place parmi les services rapides pour voyageurs. L'*America* fut vendue en 1886 au Gouvernement italien.

LIGNES ALLEMANDES

La **Hamburg Amerikanische Packetfahrt-Aktiengesellschaft** fut fondée en 1847 avec des voiliers en bois pour le transport des émigrants. Le premier navire, *Deutschland*, partit le 15 octobre 1848 pour New-York, bientôt suivi du *Nord Amerika*. Les premiers paquebots à vapeur de la Compagnie : *Borussia* et *Hammonia* furent lancés en 1853; ils furent utilisés tout d'abord pour le transport des troupes anglaises et françaises en Crimée, et ce n'est que le 1er juin 1856 que le *Borussia* inaugura le service régulier entre Hambourg et New-York, accomplissant le voyage en un peu plus de 14 jours.

En 1857, deux nouveaux paquebots furent mis en service, mais l'un d'eux, *Austria*, fut détruit par le feu dès l'année suivante (13 septembre 1858), au cours de son voyage de New-York à Southampton, et une série d'accidents vint entraver le développement de la compagnie. Pourtant, dès 1864, celle-ci inaugurait son service hebdomadaire entre Hambourg et New-York, service qui, dès le début pour ainsi dire, fut assuré exclusivement par des vapeurs.

En 1870 les services s'accrurent de la ligne des Indes occidentales, d'abord

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mensuelle, puis bimensuelle. Mais survint la guerre franco-allemande, puis la crise commerciale de 1873 qui, une fois encore, paralysèrent le développement de la Compagnie. Pourtant dès 1872, la Compagnie pouvait distribuer un dividende de 16 p. 100, et en 1873 elle mettait à flot le premier grand paquebot produit par l'industrie allemande : *Lotharingia,* de 73m,20 de long sur 9m,10 de large et 6m,63 de creux, dont la machine Compound donnait 700 chevaux de force. En 1875, la Cie Hambourgeoise absorba une ligne concurrente : l'*Adler Linie*, fondée à Hambourg à la fin de 1873, et de 1881 à 1888 elle ajouta 16 navires à sa flotte.

En 1889 apparaissent l'*Augusta Victoria*, construit par les chantiers *Vulcan*, de Stettin et le *Columbia*, construit par Laird frères de Liverpool, et en 1890 le *Furst Bismarck*, des chantiers Vulcan, qui donnent en service courant des vitesses de 17 et 18 nœuds et sur lesquels nous nous arrêterons un peu plus longuement.

Columbia. — Le *Columbia* a été construit, nous l'avons dit, par Laird frères de Liverpool. Il est entièrement en acier doux. Ses dimensions sont :

	Mètres.
Longueur totale.	143,24
— entre perpendiculaires	141,10
Largeur.	17,07
Creux.	10,97

Ce navire est à quille plate et porte deux quilles latérales saillantes dont le but est de diminuer le roulis; un double fond divise la quille en 18 compartiments étanches et peut recevoir 1200 tonnes d'eau, utilisées comme water-ballast. Les tôles de l'avant sont doublées depuis la quille jusqu'à la flottaison, afin de mieux résister au choc des glaçons. La coque est de même divisée en compartiments étanches par onze cloisons s'élevant jusqu'au pont supérieur sans solution de continuité si ce n'est entre le pont principal et le pont supérieur et dans les cloisons avant et arrière de la chambre des machines, à la hauteur du parquet de manœuvre. Le navire comporte 4 ponts en acier recouverts de teck; ces ponts sont espacés de 2m,60.

Le tirant d'eau théorique est indiqué égal à 6m,94 avec déplacement de 9500 tonneaux, mais il résulte des relevés faits en décembre 1897 à Southampton que le tirant d'eau arrière était de 7m,77 et 7m,92 pour les deux derniers départs.

Le premier voyage entre Southampton et New-York a été accompli en 6 jours 21 heures 23 minutes; la durée du voyage de retour n'a été que de 6 jours 19 heures, ce qui correspond à des vitesses moyennes de 18n,5 et 18n,9. En juin 1890, le *Columbia* a effectué sa traversée de Southampton à New-York en 6 jours 16 heures 23 minutes (19n,01), et en octobre 1890, la traversée de retour a été faite en 6 jours 15 heures (19n,15). La vitesse aux essais avait été de 20n,05 avec une puissance de 13680 chevaux et une vitesse de rotation de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'hélice de 76 tours et demi. La vitesse moyenne pour 1896 ressort à 18n,65 (mesurée sur bases), et celle pour 1897 à 18n,26. En 1890, elle était de 18n,68. La régularité de marche est donc très grande. C'est ainsi qu'en 1893, la durée moyenne de la traversée a été de 6 jours 22 heures 12 minutes pour 9 voyages et en 1894, de 6 jours 22 heures 8 minutes pour 6 voyages. Cette régularité se retrouve d'ailleurs chez tous les grands paquebots à grande vitesse.

Machines. — Les appareils moteurs, fabriqués à Birkenhead, sont au nombre de deux, un pour chacune des deux hélices. Ce sont des machines à pilon, à triple expansion, à trois cylindres; leur puissance totale est de 13680 chevaux indiqués. Les diamètres des cylindres sont :

	Mètres.
Cylindre HP	1,041
— MP	1,676
— BP	2,565
La course commune est de	1,676

Les tiroirs sont disposés transversalement, à cheval au-dessus de l'arbre, ils sont commandés par des coulisses de Stephenson. Ceux des cylindres HP et intermédiaire sont cylindriques ; celui du cylindre BP est plan, à doubles orifices. Tous ces tiroirs sont équilibrés par des pistons fixés à leur contre-tige et recevant, à leur partie inférieure, l'action de la vapeur.

Les cylindres reposent sur de robustes supports en fonte, à fourche, qui s'appuient d'un côté, au moyen de deux embases chacun, sur le bâti de fondation creux et évidé, de l'autre sur le condenseur disposé longitudinalement. Ce dernier, en raison de sa grande longueur, est très bas. Les tiges de piston ne portent pas de contre-tiges, mais les surfaces frottantes des glissières sont considérables et les pistons sont très hauts.

Les pompes à air, au nombre de deux, sont du système ordinaire vertical à simple effet; elles sont conduites par des balanciers articulés sur les tiges du petit et du grand piston. Ce sont les seules pompes directement mues par la machine. Les pompes de circulation, d'alimentation et de cale sont actionnées par un moteur indépendant.

Les hélices sont en acier, à 3 ailes; elles ont 5m,50 de diamètre et 9m,75 de pas. Le moyeu, en acier, est sphérique, et toutes les surfaces lui sont raccordées par des courbes douces de manière à diminuer la résistance de l'eau pendant la marche. Malgré la présence de deux hélices, on a disposé à l'arrière une cage d'étambot qui a pour but d'améliorer le rendement des propulseurs, de faciliter les évolutions en diminuant le plan de dérive et d'atténuer les vibrations. L'arbre des manivelles a 0m,520 de diamètre, celui de l'hélice, 0m,495.

La vapeur est fournie, à la pression de 10kg,5, par 9 chaudières de même longueur, 5m,257, et dont le diamètre est de 4m,672 pour 6 d'entre elles et de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

4m,342 seulement pour les 3 autres. Ces chaudières sont réparties en 3 groupes de 3 et chaque groupe, avec ses soutes, est isolé des autres par des cloisons étanches. La surface de chauffe totale est de 3 244 mètres carrés et la surface de grille de 113 mètres carrés. La consommation de charbon est de 288 tonnes par jour; il y a 3 cheminées.

A signaler une innovation dans la construction des tuyaux de vapeur. Ceux-ci, en cuivre comme d'habitude, sont enveloppés par une garniture formée d'un fil d'acier de 9 millimètres de diamètre, enroulé et fortement serré sur leurs parois. Cette disposition a été adoptée en vue d'augmenter la résistance du tuyau et de diminuer l'importance des dégâts en cas de rupture.

La salle à manger de 1re classe, décorée dans le style Renaissance, peut contenir 150 personnes; elle est placée au centre du navire; les aménagements comportent d'ailleurs tout le luxe moderne. Le pont-promenade a 107 mètres de long; on y trouve, au centre, le salon de musique, le boudoir des dames, le fumoir, un bar, quelques cabines et les logements du capitaine et des officiers.

Le salon des 2e classes est sur l'arrière du pont supérieur; en hiver toutes les cabines sont chauffées par des calorifères à vapeur.

Le *Columbia* est entièrement éclairé à la lumière électrique, au moyen de lampes Swan et Edison de 25 bougies chacune. L'installation comprend trois groupe de dynamos et de moteurs du système compound à pilon, actionnant directement les dynamos qui tournent à 350 tours par minute.

L'*Augusta Victoria*, lancée également en mai 1889, et construite par les chantiers Vulcan, est tout à fait comparable à la *Columbia*, ainsi qu'on peut s'en rendre compte par la comparaison des principaux éléments que nous empruntons à M. Busley (1).

Longueur	140m,21
Largeur	17m,07
Creux	11m,58
Tirant d'eau	6m,95
Déplacement	9 500 tonneaux.
Diamètres des cylindres HP	1m,050
— — MP	1m,700
— — BP	2m,700
Course commune	1m,600
Surface de chauffe des chaudières	3 344 mètres carrés.
— de grille des chaudières	104 —
Pression de la vapeur	10k,5
Puissance des machines	12 280 chevaux.
Consommation de charbon par jour	247 tonnes.

(1) Les vapeurs rapides allemands (*Zeitschrift des Vereins der deutscher Ingenieuren*, 1891, p. 117 *bis*).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les tirants d'eau arrière, mesurés à Southampton pour les départs de décembre, ont été de 7m,62 et 7m,47. Quant à la vitesse en service, elle a été pour 1896 de 17n,96 et pour 1897 de 17n,90. La durée minimum de la traversée

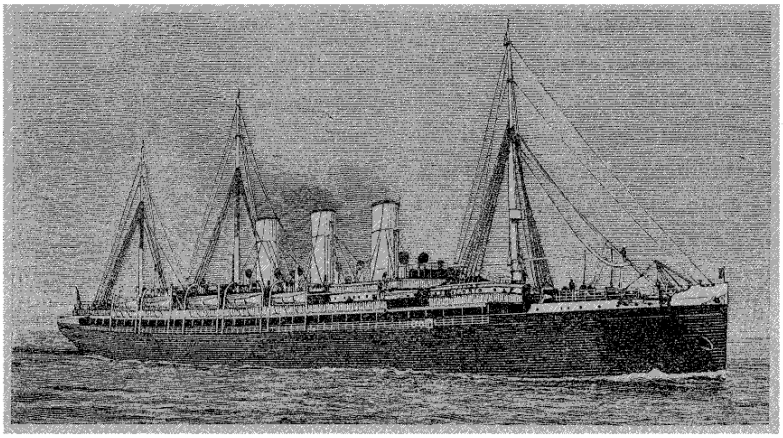


Fig. 27. — L'*Augusta Victoria* (1889).

Southampton à New-York est de 6 jours 22 heures 48 minutes (octobre 1890, 18n,27), et celle de retour de 6 jours 22 heures 32 minutes (septembre 1890, 18n,31).

L'*Augusta Victoria* fut le premier paquebot allemand à deux hélices.

Le *Furst Bismarck*, construit par les chantiers Vulcan en 1891, mesure 153m,16

Fig. 28. — Le *Furst Bismarck* (1891).

de long à la flottaison sur 17m,52 de large et 11m,58 de creux. Son tirant d'eau normal est 7m,30 correspondant à un déplacement de 10 500 tonneaux, mais il résulte de relevés faits à Southampton qu'en décembre 1897, les enfoncements arrière étaient de 7m,92 et 8m,10.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le navire est en acier. Dix cloisons étanches transversales et une cloison longitudinale s'étendant jusqu'au pont supérieur dans la salle des machines, le divisent en 13 compartiments disposés de telle sorte que 2 compartiments contigus puissent se remplir sans faire sombrer le bâtiment. Un double fond règne sur les deux tiers de la longueur du navire, il est divisé en 18 compartiments dont quelques-uns servent de réservoir pour l'eau d'alimentation.

La vitesse aux essais a été de $20^{n},7$ et en 1891 la durée moyenne de la traversée a été, à l'aller (Southampton-New-York), de 6 jours 20 heures 55 minutes; au retour, de 6 jours 13 heures 38 minutes, ce qui correspond à des vitesses respectives de $18^{n},4$ et $19^{n},4$ et à une moyenne générale de tout près de 19 nœuds. Le meilleur voyage à l'aller a été effectué en 6 jours, 14 heures 15 minutes, en mai 1891 (vitesse moyenne $19^{n},5$), et le meilleur voyage au retour, également en mai, en 6 jours 13 heures 25 minutes (vitesse moyenne $19^{n},78$). La meilleure journée au cours de ces voyages a été de 498 milles marins durant le voyage d'aller; ce parcours correspond à une vitesse de $20^{n},75$. En septembre 1894, le *Furst Bismarck* a fait la traversée Southampton-Sandy Hook en 6 jours 10 heures 32 minutes, et en août 1896 ce temps a été réduit à 6 jours 9 heures 43 minutes ($19^{n},85$). La vitesse moyenne pour 1896 est d'ailleurs de $18^{n},64$ pour l'ensemble des voyages, tant à l'aller qu'au retour (mesurée sur bases); en 1897 elle n'a été que de $18^{n},30$.

Machines. — Les deux machines (une pour chaque hélice) sont à triple expansion. Leur puissance totale est de 16 400 chevaux. Les cylindres HP ont $1^{m},100$ de diamètre; les cylindres intermédiaires, $1^{m},70$, et les cylindres BP, $2^{m},70$ avec $1^{m},60$ de course pour les pistons. Chaque cylindre a une enveloppe en fonte avec intervalle rempli de vapeur. Le condenseur est placé en arrière des machines; il est divisé en demi-parties formant chacune un condenseur indépendant. La surface totale de condensation est de 1 003 mètres carrés. Les pompes à air, au nombre de 3 et du type à simple action en usage déjà sur l'*Augusta Victoria*, sont actionnées par une machine à vapeur indépendante avec 3 cylindres à haute pression; chaque pompe est d'ailleurs assez puissante pour fournir seule les deux machines.

Les pompes à air envoient l'eau d'alimentation dans deux grands bacs placés dos à dos contre la cloison longitudinale, dans la partie antérieure de la salle des machines. L'eau nécessaire à la condensation est fournie par deux grosses pompes centrifuges actionnées par des machines Compound séparées. Deux grands évaporateurs donnent l'eau douce pour suppléer aux pertes.

L'arbre des manivelles des machines principales est formé de trois parties interchangeables; il a été fourni, ainsi que les autres arbres qui sont tous en acier fondu au creuset, par les forges de Bochum (Westphalie).

Les hélices ont $5^{m},80$ de diamètre; elles sont à trois branches en acier fondu.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Neuf chaudières, à double face, en acier Siemens, réparties en 3 groupes, fournissent la vapeur nécessaire aux machines principales, à la pression de 11 kilogrammes. Une chaudière auxiliaire alimente les machines auxiliaires, les évaporateurs, les tuyaux de chauffage, etc. Les chaudières principales ont $4^{m},75$ de diamètre et $5^{m},80$ de longueur; chacune d'elles comporte 8 foyers de 1 mètre de diamètre, de sorte que la surface totale de grille est de 135 mètres carrés, tandis que la surface totale de chauffe est de 4 356 mètres carrés. Chaque générateur renferme 784 tubes de 76 millimètres de diamètre extérieur.

Le **Norddeutscher Lloyd**, fondé en 1856 par la fusion de plusieurs compagnies brêmoises, débuta en juin 1858 avec 4 grands navires : *Bremen*, *New York*, *Hudson*, et *Weser*, construits par MM. Caird, de Greenock, et pourvus de machines à pilon à basse pression. Les débuts furent peu heureux : en 1859, l'*Hudson* brûle; le *Weser*, qui avait cassé son hélice dès son second voyage, est mis hors de service au troisième; le *Bremen* est perdu à la suite d'une collision et finalement, dès 1860, la Compagnie n'a plus que le *New York*.

En 1862 la Compagnie lance le *Hansa*, puis en 1863 l'*Amerika*. L'arbre en acier fondu, fourni pour ce dernier navire par la maison Krupp, encore à peu près inconnue à cette époque, fit l'admiration des visiteurs de l'Exposition de Londres de 1862. L'*Amerika* était pourvue de machines compound d'une puissance de 2 000 chevaux indiqués; elle fit la traversée de New-York à Southampton en 10 jours 9 heures 30 minutes. L'*Amerika* et le bateau frère, *Hansa*, furent les premiers paquebots allemands pourvus de condenseurs de surface.

La flotte s'augmenta bientôt du *Herman*, du *Deutschland* et de l'*Union*, tous construits dans les chantiers Caird, à Greenock, et en 1866, le service hebdomadaire entre Brême et New-York était assuré d'une façon exclusive par des vapeurs. La ligne, qui faisait escale à Southampton, recevait une partie du service postal américain, et en 1868 elle arriva à distribuer 10 p. 100 de dividende. Elle crée alors des services spéciaux pour Baltimore, puis pour la Nouvelle-Orléans en 1869, pour les Indes occidentales en 1870, pour le Brésil en 1871. Malgré la guerre et la crise commerciale qui suivit, le Lloyd allemand mit en service, de 1871 à 1878, 14 nouveaux paquebots, dont le *Feldmarschall Moltke* et le *Minister Roon*, vendus en 1875 à la Compagnie P. & O., et en 1880 la flotte du Lloyd ne compte pas moins de 26 paquebots transatlantiques.

Mais les conditions de transport se modifient, les compagnies anglaises, Cunard, White Star et Guion, commencent à lutter de vitesse avec leurs navires *Britannia*, *Servia*, *Alaska* et dépassent rapidement les vitesses de 13 à 14 nœuds considérées comme satisfaisantes jusqu'alors. C'est à ce moment que le Lloyd met en service (1881) son premier paquebot rapide l'*Elbe*, qui ouvre une ère nouvelle. Ce navire, construit par John Elder, jaugeait 4 500 tonneaux et mesu-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

rait 128 mètres de long sur 13m,72 de large et 10m,67 de creux; son enfoncement était de 7m,32. Ses machines, du type Compound à trois cylindres, développaient 5 600 chevaux-vapeur indiqués et sa vitesse était de 16 nœuds. Il pouvait recevoir 1 218 passagers et son équipage se composait de 168 hommes. Dès 1881 il fit la traversée Southampton à New-York en 8 jours 12 heures 50 minutes, et le voyage de retour en 8 jours 9 heures 10 minutes; il devait périr, comme on sait, à la suite d'une collision au large de l'embouchure du Weser.

De 1881 à 1887, les chantiers Fairfield fournissent à la compagnie allemande, en outre de l'*Elbe*, les paquebots similaires le *Werra* (1882) et le *Fulda* (1883), de 5 000 et 6 300 chevaux indiqués; l'*Ems* et l'*Eider* (1884), la *Trave*, l'*Aller* (1886), la *Saale* (1886), enfin le *Lahn* (1888), qui marquent une amélioration progressive, depuis la vitesse de 16 nœuds de l'*Elbe* jusqu'à celle de 19 nœuds du *Lahn*. La puissance de l'*Elbe* n'était d'ailleurs que de 5 600 chevaux, tandis qu'elle atteint 12 500 sur le *Lahn*, la consommation quotidienne de charbon passant de 118 à 170 tonnes. L'*Aller* et la *Trave* furent les premiers paquebots transatlantiques pourvus de machines à triple expansion; ils sont construits en acier. Ces navires peuvent recevoir 1 190 passagers et comportent un équipage de 190 hommes.

La *Werra* et le *Fulda* furent affectés, ainsi que le *Kaiser Wilhelm II* lancé en 1889 (et le premier paquebot rapide construit par la Compagnie Vulcan), au service transatlantique au départ de Gênes. Le *Lahn*, construit sur les chantiers Vulcan, fut le premier transatlantique à cinq cylindres (deux cylindres HP, un cylindre intermédiaire et deux cylindres BP).

En 1885, la Compagnie inaugure ses deux lignes de l'extrême Orient et d'Australie, sur lesquelles circulent des navires remarquables tels que le *Barbarossa* et le *Frederich der Grosse* également construits en Allemagne; leur vitesse varie de 14 à 16 nœuds et les résultats obtenus décidèrent la Compagnie à se passer définitivement du concours de l'étranger pour la construction de ses navires. Sur les 44 navires à vapeur (représentant au total un tonnage brut de 252 000 tonnes, et une puissance de 245 630 chevaux indiqués) lancés par elle depuis 1880, 23 ont été construits (143 500 tonnes et 128 930 chevaux) en Allemagne, et la Compagnie Vulcan seule en a fourni 14 d'un tonnage total de 83 500 tonnes et d'une puissance de 90 000 chevaux indiqués.

En 1890 le Lloyd lança deux navires, *Havel* et *Spree*, également construits par les chantiers Vulcan. Ces navires mesurent 141m,12 de longueur à la flottaison, sur 15m,80 de largeur et 10m,40 de creux. Ils comportent un double fond avec capacités étanches pour le water-ballast. Leur coque est elle-même divisée en compartiments étanches par douze cloisons.

La plus haute vitesse obtenue aux essais avec la *Spree* a été de 20 nœuds, les machines développant 13 000 chevaux indiqués à 70 tours. Le navire a com-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mencé ses traversées en octobre 1890. Les moyennes pour cinq voyages effectués de mars à août 1891 donnent les chiffres suivants :

	Nœuds.
Traversée à l'aller 7 jours 1 heure 53 minutes; vitesse moyenne.	18,30
— au retour 6 — 23 — 6 — —	18,66
Vitesse moyenne générale.	18,43

En 1893, pour dix voyages, la moyenne du *Havel* a été de 7 jours 7 heures 38 minutes pour les 3 080 milles marins (5 703 kilomètres) entre les Aiguilles et Fire Island, et en 1894 la durée moyenne a été de 7 jours 7 heures 24 minutes. La vitesse moyenne en service courant pour 1896 a été de $16^{n},59$ pour la *Spree* et de $17^{n},40$ pour le *Havel* (vitesse mesurée sur bases). Pour 1897 les chiffres sont : $16^{n},28$ pour la *Spree* et $17^{n},01$ pour le *Havel*.

Bien que construits cinq ans après les navires à double hélice *Umbria* et *Etruria* de la Compagnie Cunard, la *Spree* et le *Havel* n'ont qu'une hélice ; mais ils sont pourvus de machines à triple expansion à cinq cylindres, d'une puissance de 12 750 chevaux indiqués pour chaque navire. Les diamètres des cylindres sont : HP, $0^{m},950$; MP, $1^{m},900$; BP, $2^{m},500$; avec course commune de $1^{m},800$. Le cylindre intermédiaire, unique, est placé au milieu et les cylindres HP et BP sont placés de part et d'autre en tandem. L'hélice est en bronze de manganèse avec quatre branches ; le diamètre est de $6^{m},57$ et le pas de $9^{m},55$. La vapeur est fournie à la pression de 11 kilogrammes par dix chaudières en acier de $4^{m},72$ de diamètre, dont six à double face, de $5^{m},69$ de longueur et quatre à simple façade de $3^{m},15$ de longueur. La consommation de charbon par 24 heures est de 240 tonnes et les soutes peuvent contenir 2 000 tonnes.

La *Spree* comporte cinq ponts et peut recevoir 246 voyageurs de première classe, 132 de deuxième classe et 460 passagers d'entrepont. Son équipage comprend 240 personnes.

Mais tous ces paquebots, — et aussi les derniers grands Cunard, — sont distancés par le dernier paquebot du Lloyd, le *Kaiser Wilhelm der Grosse,* lancé le 4 mai 1897, et qui est classé le plus grand et le plus rapide des transatlantiques en service. Ce navire a été construit dans les chantiers de la Vulcan C° à Bredow, près Stettin. Voici ses principales dimensions :

	Mètres.
Longueur sur le pont.	197,50
— à la flottaison.	190,50
Largeur	20,10
Creux sur le pont supérieur.	13,10

Le tirant d'eau maximum est de $8^{m},53$ et le déplacement dans ces conditions est de 20 800 tonnes. Au tirant d'eau normal de $8^{m},23$ le déplacement n'est plus que de 18 000 tonnes.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La coque est pourvue d'un double fond de $2^m,39$ de hauteur sous la chambre des machines et de $1^m,50$ sous le reste du navire ; ce double fond, soutenu par la quille et par deux poutres longitudinales de chaque côté, est divisé par la quille et onze cloisons transversales en vingt-deux compartiments étanches.

La coque même est divisée par dix-sept cloisons étanches transversales dont quinze s'élèvent jusqu'au pont supérieur et les deux autres jusqu'au pont inférieur. La salle des machines est en outre subdivisée par une cloison longitudi-

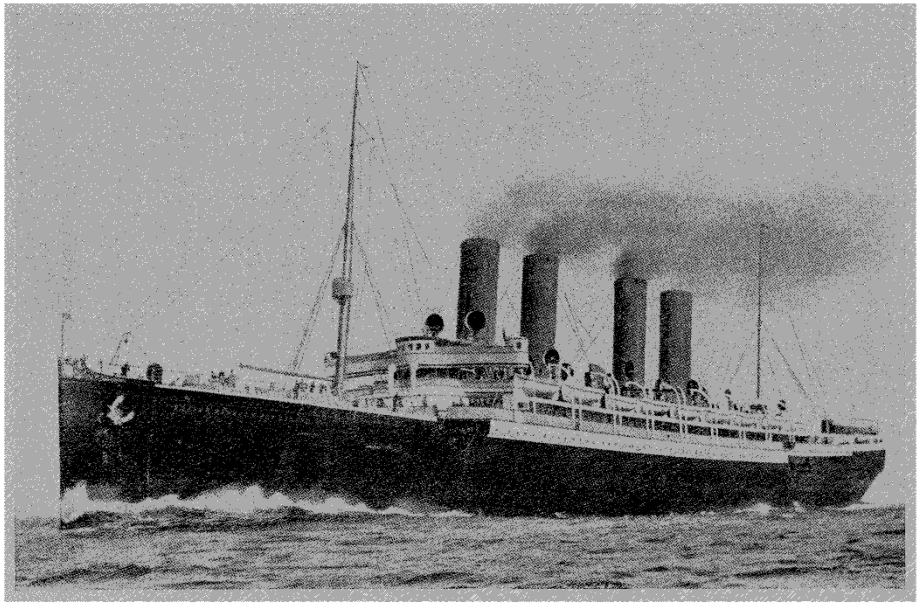


Fig. 29. — Le *Kaiser Wilhelm der Grosse* (1897).

nale. Les cloisons sont disposées de manière que deux compartiments voisins puissent s'emplir d'eau sans que le navire coule.

La première quille du *Kaiser Wilhelm* a été posée le 16 mars 1896 et le 26 août le double fond et la coque étaient terminés, sauf le doublage qui fut achevé le 3 avril 1897, de sorte que le navire fut lancé le 4 mai suivant. Quatre mois plus tard, le vaisseau quittait le chantier, et, sans autre essai que la traversée de Stettin à Bremerhaven, il partait pour New-York.

Ajoutons, avant de quitter la coque, que le gouvernail ne pèse pas moins de $16^t,8$ et que le poids des plaques d'acier, cornières, tiges, etc., nécessaires pour la structure du navire, s'élève à 7 800 tonnes, indépendamment, bien entendu, des chaudières et machines. De plus, 3 300 mètres cubes de bois ont été employés pour les ponts et l'aménagement.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

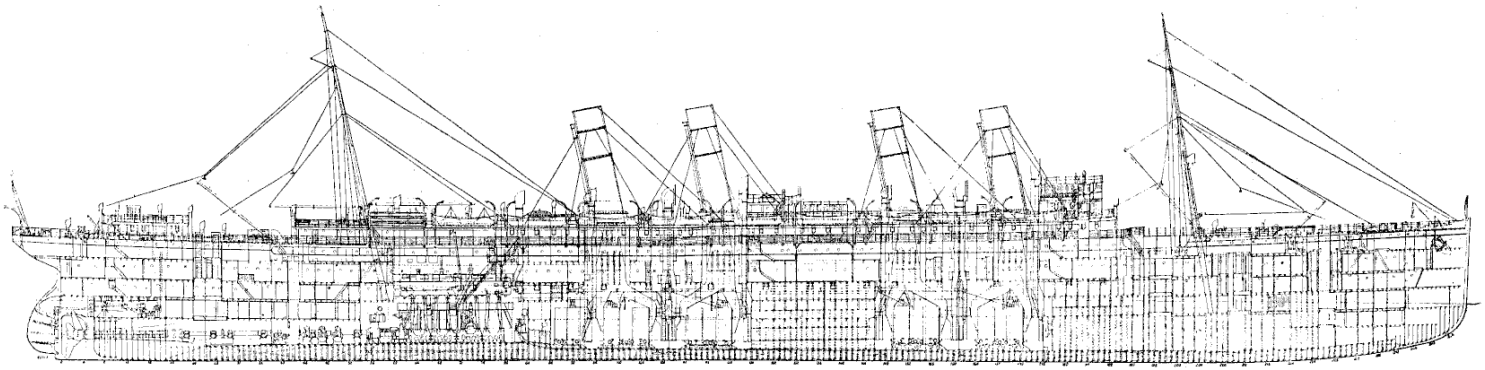


Fig. 30. — Le *Kaiser Wilhelm*, coupe longitudinale.

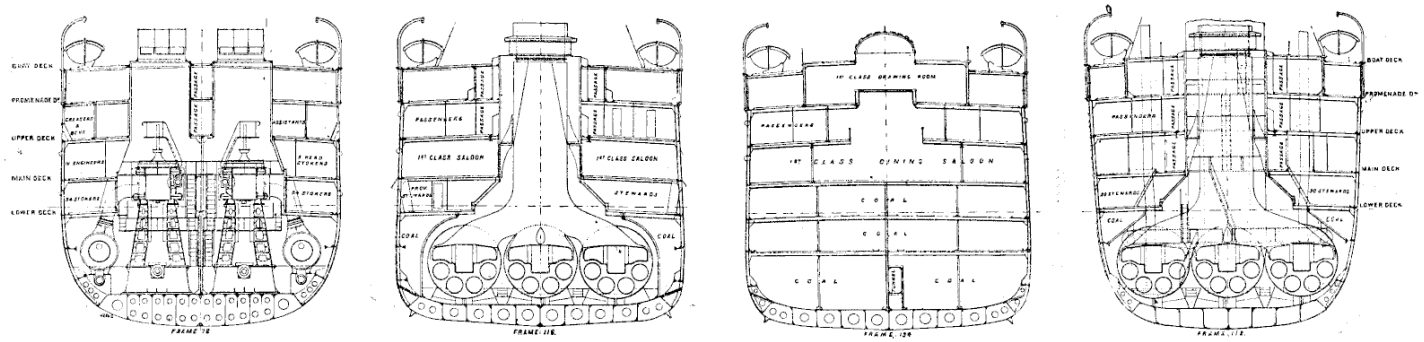


Fig. 31. — Le *Kaiser Wilhelm*, coupes transversales.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Voici encore quelques chiffres de capacité :

Capacité totale pour une chaudière	1 387^{m3}
— des réservoirs d'eau douce	388^{m3}
— du water-ballast dans le double fond	2 072^{m3}
— des compartiments pour eau d'alimentation dans le double fond	234^{m3}

A son premier voyage (septembre 1897), le *Kaiser Wilhelm* a accompli la traversée entre les Needles (pointe de l'île de Wight) et Sandy Hook en 5 jours 22 heures 45 minutes. Le parcours étant de 3 050 milles, la vitesse moyenne ressort à 21^{n},39. La vitesse moyenne de régime a été de 75 tours et la puissance fournie de 26 012 chevaux-vapeur, le tirant d'eau étant 7^{m},78. Le parcours maximum effectué en 24 heures a été de 564 milles (23^{n},5) ; auparavant le record appartenait à la *Lucania*, avec 562 milles; la meilleure traversée antérieure entre les Needles et Sandy Hook avait été faite en août 1896 par le *Saint-Paul* en 6 jours 31 minutes.

Au retour le *Kaiser Wilhelm* est revenu de Sandy Hook à Plymouth en 5 jours 15 heures 10 minutes, ce qui, pour un parcours de 2 962 milles, donne une vitesse moyenne de 21^{n},90, en augmentation notable sur la traversée précédente, sans que pourtant le record des 24 heures soit dépassé ni même atteint. La puissance fournie par les machines a été, pour ce voyage, de 27 103 chevaux, l'enfoncement étant de 7^{m},89.

La troisième traversée des Needles à Sandy Hook a été effectuée en 6 jours 1 heure 3 minutes, soit à la vitesse moyenne de 21^{n},07 ; le parcours pour l'une des périodes de 24 heures n'a été que de 434 milles, à cause d'un très fort vent d'ouest et c'est ce qui a réduit la vitesse moyenne. En revanche l'un des parcours en 24 heures a atteint le chiffre de 567 milles, supérieur de 3 milles au meilleur de la première traversée. Au cours de ce voyage les machines ont donné 30 500 chevaux.

Le retour de Sandy Hook à Southampton s'est effectué en 5 jours 17 heures 8 minutes, ce qui représente une vitesse moyenne de 22^{n},35.

La vitesse moyenne des sept traversées effectuées en 1897 ressort à 20^{n},90, alors que les moyennes pour le *Lucania* et le *Campania* sont respectivement de 20^{n},43 et 20^{n},65 pour l'ensemble des traversées de 1897.

Voici d'ailleurs les vitesses moyennes des traversées effectuées jusqu'à ce jour :

	Aller. nœuds.	Retour. nœuds.
1er voyage 19 septembre 1897	21,39	21,90
2^{e} — 12 octobre —	21,22	19,78
3^{e} — 9 novembre —	21,07	22,35
4^{e} — 15 décembre —	18,55	21,88
5^{e} — 1er mars 1898	21,58	21,76
6^{e} — 29 — —	21,95	21,05

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pour ces 12 traversées, la vitesse moyenne serait donc de 20ⁿ,96 à l'aller, 21ⁿ,45 au retour, soit 21,20 pour l'ensemble des voyages.

Machines. — L'appareil moteur, du système Schlick, se compose de deux machines à triple expansion avec chacune 4 cylindres, dont 2 à BP; les diamètres respectifs des cylindres sont 1ᵐ,32, 2ᵐ,28 et 2ᵐ,45, avec 1ᵐ,75 de course.

Ces machines présentent quelques particularités de détail; ainsi les cylindres sont montés chacun sur deux bâtis parallèles, un de chaque côté de l'axe des cylindres, au lieu du bâti unique à pieds fourchus qu'on emploie généralement.

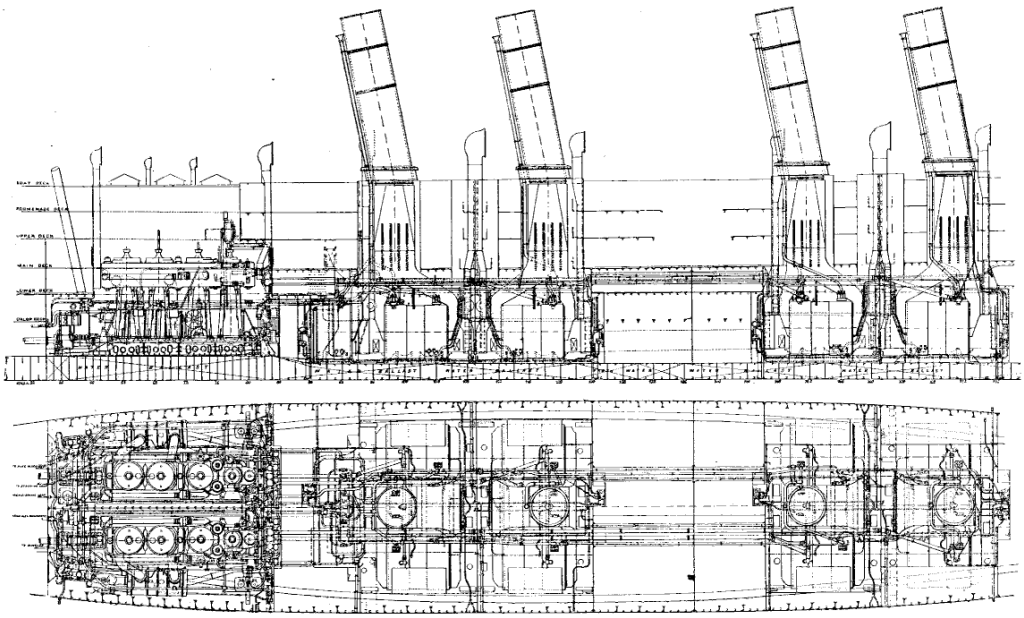


Fig. 32. — Machines et chaudières du *Kaiser Wilhelm.*

Les condenseurs sont séparés, avec pompes à air indépendantes ; il y en a deux, un de chaque côté des machines ; ils comprennent ensemble 11 060 tubes d'une longueur collective de 40 520 mètres donnant une surface totale de 3 304 mètres carrés.

Les arbres à quatre coudes sont à quatre parties interchangeables de 3ᵐ,490 de longueur. Le diamètre au corps est de 0ᵐ,60, les boutons de manivelle ont 0ᵐ,61 de diamètre et 0ᵐ,60 de longueur ; dans l'axe est un trou de 0ᵐ,24 de diamètre ; les bras des manivelles ont 0ᵐ,40 de largeur ; celles-ci sont équilibrées par des contrepoids venus de forge. Les tronçons de l'arbre sont réunis par des plateaux également venus de forge de 1ᵐ,04 de diamètre et 0ᵐ,16 d'épaisseur portant quatorze trous pour les boulons d'assemblage. Les axes des coudes,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

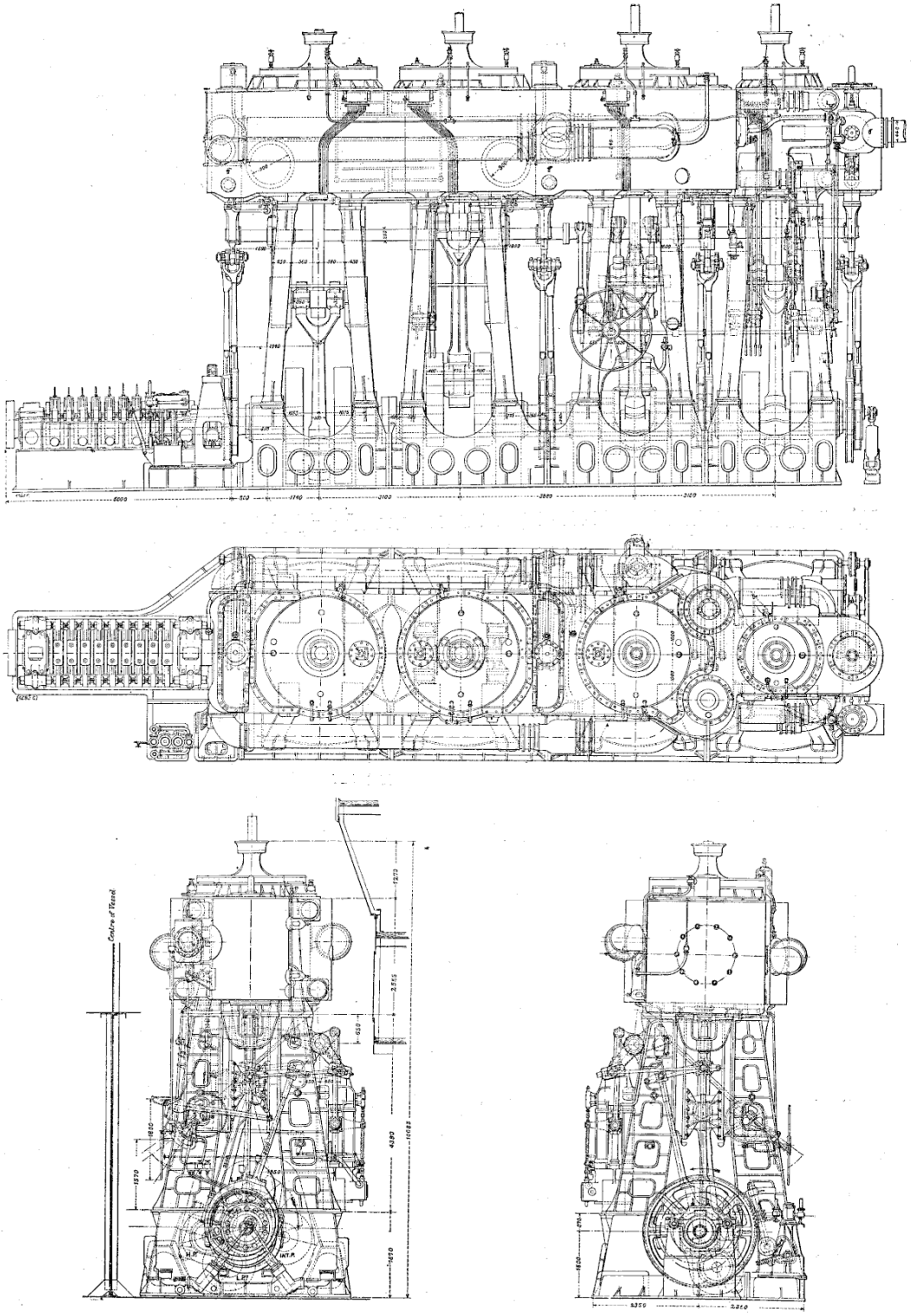


Fig. 33. — Machines du *Kaiser Wilhelm*. Élévation plan et vues par bout.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

lesquels correspondent à ceux des cylindres, sont écartés de 3,10, 3,88 et 3,10. Le calage des manivelles est fait suivant la méthode connue en Allemagne sous le nom de *calage de Schlick ;* les angles successifs sont 100°, 100°, 100°, 60°. Chaque arbre des manivelles complet pèse 83 300 kilos; ces arbres ont été fabriqués à

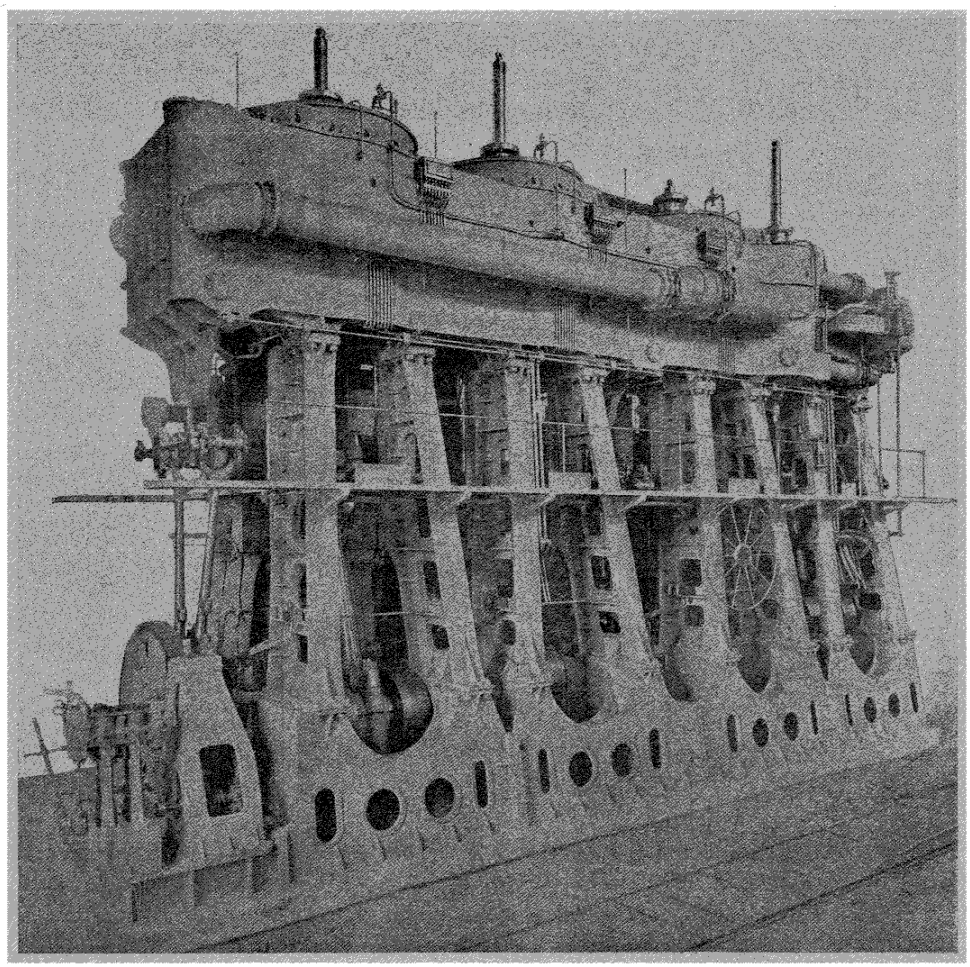


Fig. 34. — Machines à triple expansion du *Kaiser Wilhelm*.

l'usine Krupp, avec de l'acier au nickel présentant une résistance à la rupture de 62 kilos par millimètre carré avec 20 p. 100 d'allongement.

Les hélices, de 6m,80 de diamètre et 10 mètres de pas, ont trois ailes en bronze rapportées sur un moyeu d'acier coulé; elles pèsent chacune 26 tonnes.

L'arbre de butée, placé à la suite et qui reçoit la poussée de l'hélice, a 5 mètres de long et 0m,570 de diamètre ; il comporte 9 collets offrant une surface totale

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de butée de 32,000 centimètres carrés. Les anneaux sont creux, avec une épaisseur de métal de 0m,025, et le bloc de butée est directement accouplé à une saillie venue de forge sur la plaque principale. Les lignes d'arbres à la suite ont une longueur totale de 59m,78 à tribord et de 60m,68 à bâbord; elles sont formées de tronçons de 6m,63 et leur diamètre est de 0m,570. La différence de longueur porte sur les arbres porte-hélice dont le diamètre est de 0m,60 et qui mesurent 14m,45 à tribord et 15m,35 à bâbord.

En outre des machines principales qui développent environ 28 000 chevaux-vapeur indiqués, le paquebot dispose de 68 machines auxiliaires dont 16 pompes à vapeur pouvant puiser ensemble 3 600 tonnes d'eau à l'heure, et composées de 4 paires

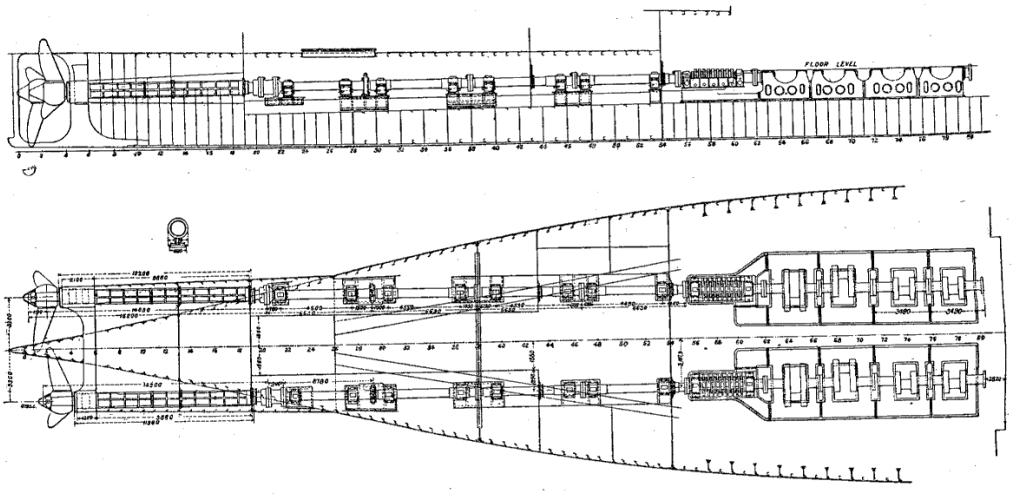


Fig. 35. — Arbres du *Kaiser Wilhelm*.

de pompes Weir pour l'alimentation des chaudières et de 4 paires de pompes auxiliaires Blake; chaque machine comporte une pompe à air spécial Blake, produisant un vide de 0,95 à 0,97. La machine à gouverner est du système Brown, déjà décrit à propos du *Campania*.

La mâture est limitée à deux mâts à pible en tôle d'acier.

La vapeur est fournie par 12 chaudières à double façade et 2 à simple façades réparties en quatre groupes, desservis chacun par une cheminée de 3m,70 de diamètre et 32m,30 de hauteur au-dessus des grilles.

Chaque groupe de chaudières se trouve dans un compartiment séparé des autres par des cloisons étanches, de manière à réduire les chances d'extinction des feux par suite de voie d'eau. Les deux condenseurs renferment 11 060 tubes et offrent une surface refroidissante de 3 300 mètres carrés. Les soutes peuvent

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

contenir 4 596 tonnes de charbon (5 838 mètres carrés) et la consommation par 24 heures est d'environ 550 tonnes.

La surface de chauffe totale est de 7 830 mètres carrés et la surface de grilles de 243$^{m^2}$,1.

Le diamètre des chaudières est de 5^{m},15 et leur longueur est de 6^{m},24 pour celles à double façade et 3^{m},50 pour les chaudières simples.

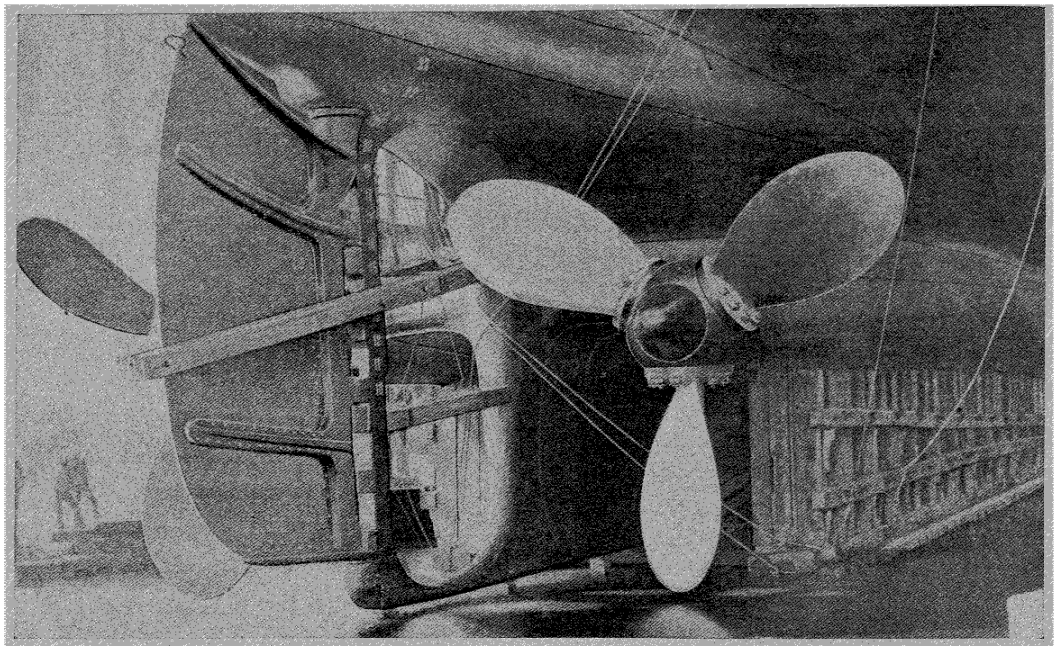


Fig. 36. — Hélices du *Kaiser Wilhelm*.

Ajoutons encore que, d'après les journaux allemands, le matériel employé dans la construction du *Kaiser Wilhelm* se décompte ainsi qu'il suit :

1° Navire.

Acier, plaques	5 300	tonnes
— cornières	1 320	—
Acier coulé	850	—
Fer	330	—
Matériaux divers	50	—

2° Machines.

Fonte	870	tonnes
Fer forgé	1 050	—
Fer laminé	1 500	—
Cuivre	80	—
Métal	210	—
Matériaux divers	120	—

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le *Kaiser Wilhelm* comporte six ponts :

1° Le pont-abri sur lequel se trouvent les embarcations ;

2° Le pont-promenade sur lequel se trouvent quelques appartements de luxe (dont quatre comprennent chacun, un salon, deux chambres et une salle de bain), une salle de lecture, le fumoir des deuxièmes classes, etc. ; de chaque côté existe une promenade libre de 3 mètres au moins de large sur toute la longueur du navire ;

3° Le pont supérieur, dont la partie centrale est tout entière occupée par des

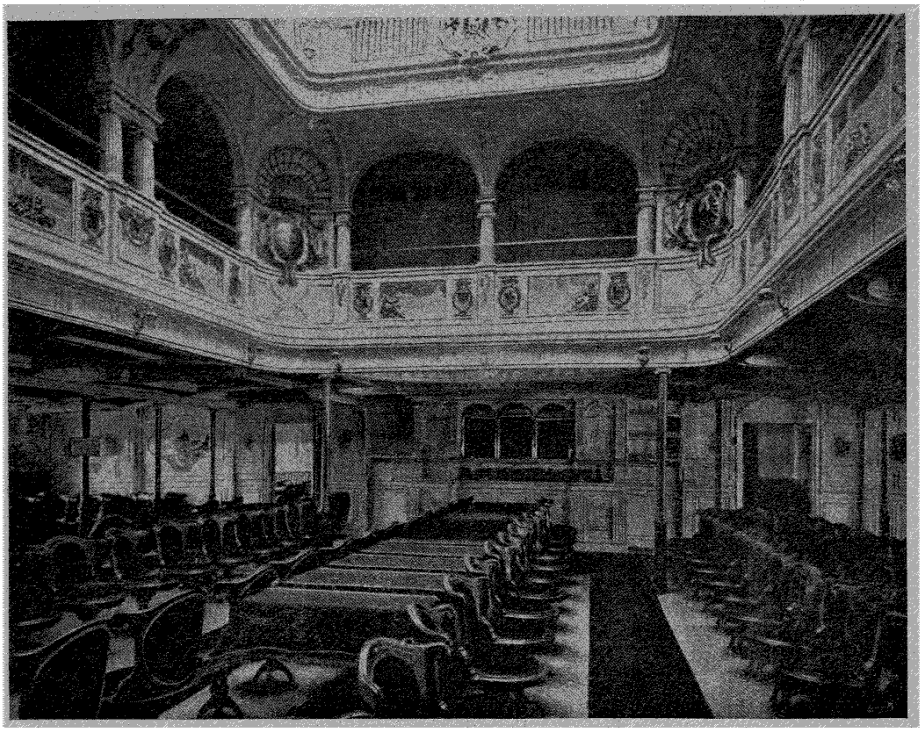


Fig. 37. — Salon principal du *Kaiser Wilhelm*.

cabines et où se trouve, à l'arrière, un salon de deuxième classe et à l'avant des salles d'infirmerie et de buanderie ;

4° Le pont principal où se trouvent, entre les compartiments des chaudières, la grande salle à manger des voyageurs de première classe, et, à l'arrière, la salle à manger de deuxième classe ;

5° Le pont inférieur avec quelques cabines de deuxième classe à l'arrière, les aménagements pour les voyageurs de troisième classe à l'avant et les salles de machines, les soutes à charbon et le logement du personnel au centre ;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

6° Le faux pont, occupé par les machines et chaudières et par des bagages et marchandises.

La grande salle à manger occupe toute la largeur du navire; elle mesure 18 mètres de long, 19m,5 de large et 2m,89 de hauteur et comporte des sièges pour 300 passagers. Cette salle est décorée en blanc et or dans le style italien des premières années de la Renaissance. Le puits central, qui traverse le pont

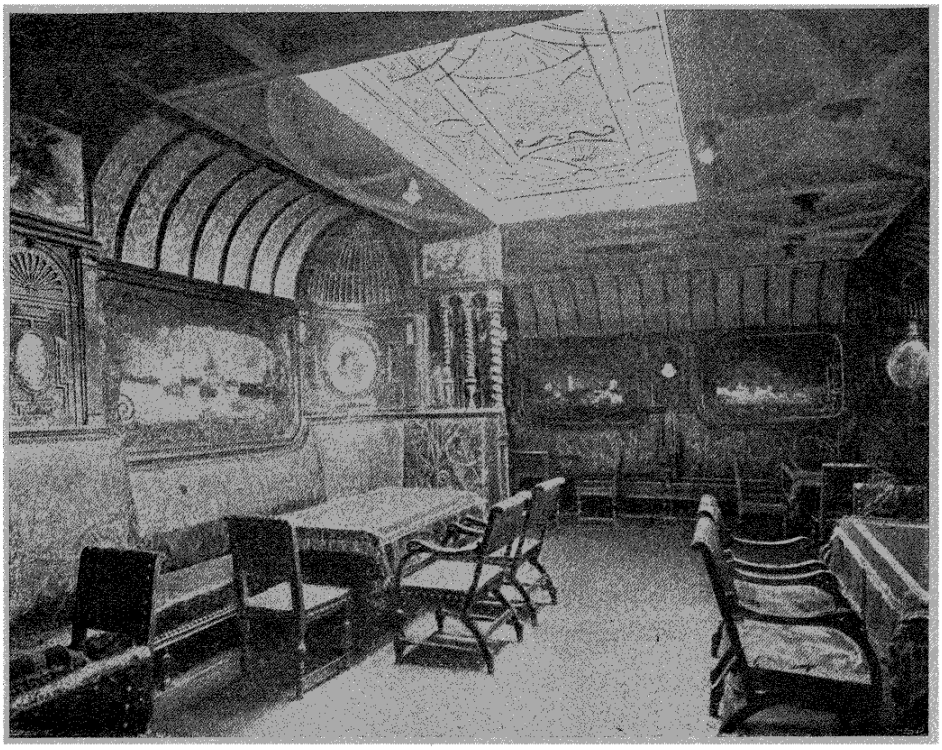


Fig. 38. — Fumoir du *Kaiser Wilhelm*.

supérieur et s'élève jusqu'au pont-promenade, est supporté par des piliers et arcs groupés de manière à former galerie sur le pont supérieur. Une salle spéciale pour les enfants, de 7m × 3m,50, est annexée à la grande salle. Enfin aux quatre angles sont quatre petites salles à manger séparées, de 6m × 6m,50, pouvant recevoir chacune 28 passagers, et désignées sous les noms de « Louise » (mère de l'empereur), « Augusta » (sa femme) « Bismarck » et « Moltke ».

Le salon sur le pont-promenade a 12m,70 de long, 11m, 30 de large et 3m,05 de haut; enfin la bibliothèque, décorée dans le style rococo avec tapisseries des Gobelins, mesure 7 mètres de long, 8m,60 de large et 2m,74 de haut; les livres

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

y sont choisis parmi les meilleurs des diverses nations ; les sièges sont recouverts en soie et en velours de Venise et 6 tables permettent de travailler.

Le navire peut recevoir 602 passagers de première classe ainsi répartis :

PONTS.	CABINES POUR PASSAGER seul.	CABINES 2 PLACES.	CABINES 3 places.	CABINES 4 places.	ENSEMBLE.
Principal.	22	21	»	18	136
Supérieur	22	45	4	69	400
Promenade.	8	8	4	8	68
	52	74	8	95	602

Le fumoir de deuxième classe, établi, nous l'avons vu, sur le pont-promenade, mesure $8^m,50$ de long sur $7^m,40$ de large et $2^m,64$ de haut ; la salle à manger principale, sur le pont principal, mesure $12^m,60$ sur $16^m,40$. Les cabines se répartissent de la façon suivante :

	2 PLACES.	4 PLACES.	6 PLACES.	TOTAL.
Pont inférieur	22	26	2	160
— principal.	1	9	1	44
— supérieur	30	15	»	120
				324

Les voyageurs de troisième classe sont répartis entre 4 compartiments aménagés sur le pont inférieur et pouvant recevoir chacun 516 lits. Deux autres compartiments, avec 284 lits sur le pont principal. Le nombre total des passagers peut donc atteindre 1 692.

Quant au personnel il comprend 458 personnes :

Officiers et marins.	60
Docteurs, postiers, comptables, boulangers.	9
Mécaniciens.	45
Chauffeurs	174
Personnel de service.	133
Cuisiniers.	37
	458

Les cuisines pour les voyageurs de première classe occupent toute la largeur du bâtiment sur le pont principal, entre la salle à manger et les machines. On y remarque entre autres installations spéciales : un laveur automatique de vaisselle,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

un appareil également automatique pour la cuisson des œufs à la coque, etc. La cuisine est ventilée par des ventilateurs électriques, et des ascenseurs également électriques la mettent en communication avec les chambres frigorifiques installées au-dessous.

Enfin la Compagnie du Lloyd allemand vient de mettre en service un nouveau grand paquebot rapide : le *Kaiser Friedrich*, sur lequel les journaux allemands donnent les renseignements suivants.

	Mètres.
Longueur entre perpendiculaires	175
— sur le pont	183
Largeur	19,52
Creux	12,50
Tirant d'eau à charge	8,54
Déplacement correspondant	17 000 tonnes de 1 000 kilos.
Tonnage brut	12 000 tonnes de registre (de 2^{m3},83).

La coque, entièrement en acier, est pourvue d'un double fond divisé en 11 compartiments étanches d'une capacité totale de 1 269 mètres cubes servant de water-ballast. La coque est elle-même divisée en compartiments étanches par 17 cloisons dont 15 montent jusqu'au pont supérieur.

Il y a 4 ponts, plus, au-dessus du pont supérieur, un pont-promenade, au milieu duquel se trouve une construction de 91^{m},50 de long laissant de part et d'autre un passage servant de promenade aux passagers de 1re classe. Ce pont-promenade est abrité par un toit léger qui supporte les 22 bateaux de sauvetage dont dispose le paquebot.

Les machines sont placées à peu près au milieu du navire et les neuf chaudières à double face fournissant la vapeur sont réparties en trois groupes, dont deux en avant des machines et le troisième en arrière. La vapeur est à 15 kilogrammes, et la surface de chauffe est de 6781^{m3},7. Les chaudières sont pourvues du système Howden pour le tirage forcé. Les deux machines (une pour chaque hélice) sont à quadruple expansion, avec 5 cylindres et 3 manivelles. Les diamètres des cylindres sont : 1^{m},098 pour le HP, 1^{m},633 pour le premier MP, 2^{m},341 pour le second MP et 2^{m},376 pour les deux BP.

Le paquebot peut recevoir 350 passagers de 1re classe, 250 de 2e et 750 de 3e. L'équipage est de 400 hommes, dont 180 pour les machines.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

LIGNES FRANÇAISES

COMPAGNIE TRANSATLANTIQUE

La Compagnie Transatlantique, constituée par décret du 25 août 1861, fut d'abord absorbée par les transports militaires pour la campagne du Mexique ; elle n'inaugura qu'en juin 1864 la ligne du Havre à New-York avec les deux paquebots *Washington* et *La Fayette*.

Ces navires, construits par la maison Scott, de Greenoch, sur les plans de MM. Forquenot et Lissignol, ingénieurs de la Compagnie, mesuraient 110 mètres de longueur totale, 105^{m},60 de longueur entre perpendiculaires, 13^{m},40 de large et 9^{m},30 de creux. Les machines, du système à balanciers latéraux, donnaient 3 200 chevaux-vapeur et actionnaient des roues à aubes de 11 mètres de diamètre. Les cylindres mesuraient 2^{m},40 de diamètre et la course du piston était de 2^{m},64.

La durée de leur première traversée fut de 14 jours pour l'un, 12 jours pour l'autre. Le tirant d'eau était de 5^{m},74 et le déplacement correspondant de 4872 tonneaux. La vapeur était employée à la pression de 1^{kg},6 et la consommation de charbon par heure atteignait 4 800 kilos.

A la suite de la convention de 1866 avec l'État, la Compagnie constitua une flotte nouvelle destinée à assurer le service bimensuel entre le Havre et New-York. Le *Napoléon-III* (depuis *Ville-du-Havre*), fut le premier navire de cette flotte. Il mesurait 110 mètres de long, 14 mètres de large et 10 mètres de creux et avait un tirant d'eau de 6^{m},70 à charge, correspondant à un déplacement de 6500 tonnes. Sa coque était en fer et sa machine à balancier donnait 4300 chevaux-vapeur. Les roues avaient 11^{m},69 de diamètre, et au régime de 14 tours à la minute, la vitesse aux essais avait été de 13^{n},35.

« Mais pendant l'exécution du *Napoléon-III*, des faits d'une grande importance se produisaient. La Compagnie Cunard substituait peu à peu des navires à hélice à ses navires à roues... Les avantages commerciaux des navires à hélice se montraient d'ailleurs clairement. Le manque de profondeur du port du Havre et la consommation du combustible étaient des obstacles invincibles à une concurrence basée sur des constructions analogues à celles du *Persia* et du *Scotia*, tandis qu'on espérait, à l'aide des grandes vitesses d'hélice d'un diamètre réduit, se limiter, pour ce genre de moteur, à un tirant d'eau suffisant (1). »

La Compagnie fit, en conséquence, construire le *Pereire* et la *Ville-de-Paris*, qui restèrent les plus grands et les plus puissants jusque vers 1876. Ces navires, à hélice, mesuraient 105^{m},15 de longueur totale, 100^{m},60 à la flottaison, 13^{m},26 de

(1) Navigation à vapeur transocéanienne. E. Flachat, 1866, tome II, page 183.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

large et 8m,85 de creux ; leur tirant d'eau à charge était de 6m,70, correspondant à un déplacement de 5 080 tonnes. La vapeur était employée à 4 kilogrammes et la consommation de charbon était de 82 tonnes par 24 heures. Aux essais, à 57 tours, la vitesse fut de 15n,35 ; elle se maintint à 13n,5 en marche courante. L'hélice mesurait 5m,80 de diamètre et avait 9 mètres de pas. Les installations comprenaient :

Lits ou canapés-lits de 1re	284
— — de 2e	104
— — de 3e	32
Ensemble	420

A ces deux navires à hélice, il fut ajouté un troisième, le *Saint-Laurent*, d'abord destiné au service des Antilles, puis l'*Europe*, qui, dans ses huit premières traversées, donna une vitesse moyenne de 11n,5.

La flotte s'augmenta successivement de la *France*, l'*Amérique*, le *Labrador*, paquebots de 123 mètres de long, sur 13m,40 de large et 7m,30 de tirant d'eau, pourvus de machines compound à haute pression, d'une puissance de 3 400 chevaux, et qui donnèrent, en service, des vitesses de 12n,5.

En 1883, la Compagnie lança la *Normandie*, beau paquebot qui, grâce à ses aménagements luxueux, à sa vitesse et à ses qualités nautiques, eut vite conquis la faveur des passagers et marqua le commencement d'une ère de prospérité pour la Compagnie française. Ce paquebot, après avoir fait le service de la ligne Havre-New-York pendant 10 ans est, depuis 1893, parfois affecté au service de la ligne Saint-Nazaire-Vera Cruz.

La *Normandie* a été construite dans les ateliers de Barrow. Commencée en juillet 1881, elle fut lancée le 28 octobre suivant; six mois après elle prenait la mer.

Les dimensions de ce paquebot sont :

	Mètres.
Longueur totale	144,305
Longueur entre perpendiculaires	140
Largeur	15,20
Creux	11,40

Le tirant d'eau peut atteindre 7m,50, ce qui correspond à un déplacement de 10 000 tonneaux. La vitesse aux essais a été de 17n,27, au régime de 61 tours avec un tirant d'eau moyen de 6m,30 et une puissance de 6 927 chevaux-vapeur obtenue sans tirage forcé. La première traversée (juillet 1886) s'est effectuée à la vitesse moyenne de 16n,4, avec 400 passagers, le trajet ayant été accompli en 7 jours 23 heures. La vitesse moyenne en service, pour 1896, a été de 15n,78, et en 1897, de 15n,76 (vitesse mesurée sur bases).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La force motrice était fournie à l'origine par une machine compound à 6 cylindres formant 3 groupes identiques composés chacun d'un cylindre HP et d'un cylindre BP, en tandem; il y avait 3 manivelles calées à 120°. Les diamètres respectifs des cylindres étaient de $0^m,90$ et $1^m,90$ et la course commune de $1^m,70$. La puissance était d'environ 7000 chevaux-vapeur.

Il y avait trois groupes de chaudières tubulaires en fer à corps cylindrique, ayant une surface de grilles de 72 mètres carrés et une surface de chauffe de 1828 mètres carrés. Les foyers, au nombre de 36, avaient $1^m,07$ de diamètre; la

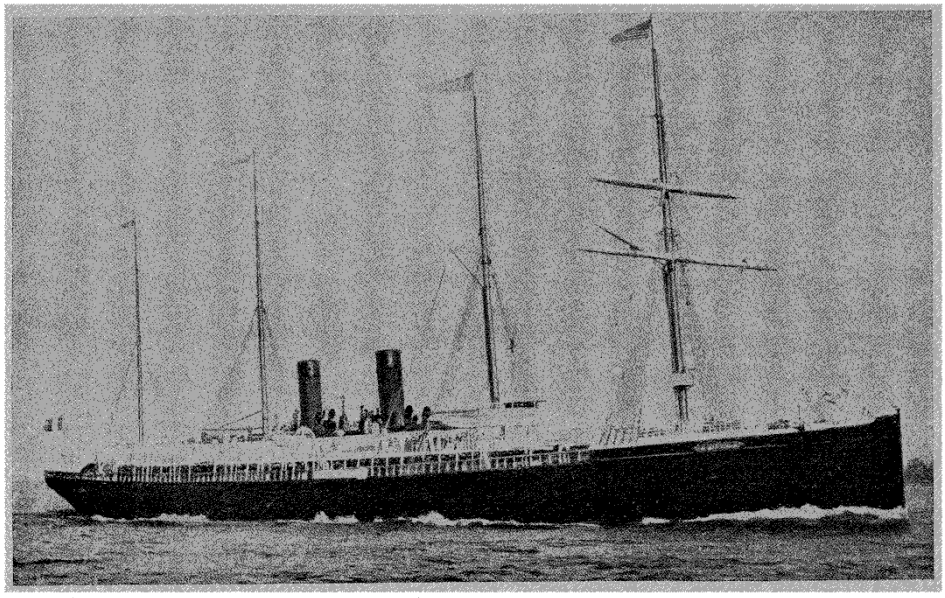


Fig. 39. — La *Bretagne* (1886).

charge des soupapes était de 6 kilogrammes; les chaudières fonctionnaient au tirage naturel.

Les machines ont été transformées en machines à triple expansion en 1894 en même temps et sur le même plan que pour la *Gascogne*, dont il sera parlé tout à l'heure.

L'hélice comporte quatre ailes en bronze manganésique montées sur un moyeu en acier coulé de la maison Vickers; son diamètre est de $6^m,70$ et le pas de $9^m,45$. Le poids de l'hélice complète, ailes et moyeu, est de 20 tonnes.

La concession définitive du service New-York ayant été renouvelée à la Compagnie Transatlantique en août 1883, quatre nouveaux paquebots furent commandés. Le premier de ces paquebots, la *Champagne*, fut mis en chantier en mai 1884

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

et lancé le 15 mai 1885; le 9 septembre de la même année, la *Bretagne* était lancée à son tour.

Voici les caractéristiques principales de ces deux paquebots, construits à Penhoët, dans les ateliers de la Compagnie :

Longueur entre perpendiculaires	150 mètres
Largeur	15m,70
Creux	11m,70
Tonnage brut	7 277 tonneaux
Tirant d'eau moyen en charge	7m,30
Déplacement correspondant	10 010 tonnes

La construction des deux autres paquebots, *Bourgogne* et *Gascogne*, fut confiée à la Société des Forges et Chantiers de la Méditerranée et exécutée au chantier de la Seyne. Pour ces deux navires, lancés, le premier, le 8 octobre 1885 et, le second, le 5 janvier 1886, la largeur fut portée à 15m,90. Les 4 coques sont entièrement en acier doux; elles sont munies de doubles fonds divisés en compartiments étanches pouvant recevoir 725 tonnes d'eau comme ballast, ce qui permet de maintenir la stabilité dans des limites convenables lorsque le navire est très déjaugé par suite de la consommation presque totale de son charbon. Le water-ballast permet également, quand le chargement met le navire trop sur l'avant ou trop sur l'arrière, de lui restituer l'assiette convenable pour que l'hélice fonctionne avantageusement et pour faciliter la sortie du port. La coque est elle-même divisée en compartiments étanches par 12 cloisons transversales dont 8 montent jusqu'au deuxième pont et sont prolongées jusqu'au pont supérieur comme protection contre la propagation de l'incendie.

Les deux paquebots construits à la Seyne (*Bourgogne* et *Gascogne*) avaient, à l'origine, des machines compound ordinaires analogues à celles de la *Normandie*, mais plus grandes. Elles comportaient 3 cylindres de 1m,07 de diamètre intérieur superposés à 3 cylindres BP de 2m,03 de diamètre. Chaque groupe de cylindres formait une machine genre Woolf, ayant mêmes tiges de pistons et tiroirs communs. La course des pistons était de 1m,70, la vitesse de rotation variait entre 55 et 62 tours. Chacun des 3 groupes de cylindres avait son condenseur, mais tous les condenseurs communiquaient entre eux.

Les arbres, en acier forgé de Vickers, ont 0m,60 de diamètre; chacun d'eux est formé de 5 pièces forgées et ajustées séparément, assemblées à chaud et réajustées après coup. Cette disposition est caractérisée en Angleterre par le nom de *built up*. Chaque coude pèse environ 21 tonnes.

L'hélice a 7 mètres de diamètre; elle est à quatre ailes en bronze rapportées sur un moyeu en acier. Son poids est de 26 tonnes.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Aux essais, les vitesses obtenues ont été de 18 à 19 nœuds; le relevé ci-joint donne les vitesses en service courant pour 1896 et 1897 pour chacun des 4 paquebots :

	1896	1897
	Nœuds.	Nœuds.
Champagne	16,21	16,89
Bourgogne	16,33	16,61
Gascogne	16,40	16,29
Bretagne	17	16,60
MOYENNE	16,485	16,597

Les chaudières étaient tout en fer avec tubes en fer; elles étaient timbrées à 8 kilogrammes par centimètre et se composaient de douze corps cylindriques de $4^m,65$ de diamètre contenant chacun 3 foyers de $1^m,25$ de diamètre. La surface totale de chauffe était de 2315 mètres carrés et la surface de grille de 84 mètres carrés avec une consommation de charbon d'environ 160 tonnes par jour.

Ces installations ont été modifiées en 1894 pour la *Gascogne*, en 1897 pour la *Bourgogne*. Les machines ont été transformées en machines à quadruple expansion à 6 cylindres, obtenues en modifiant simplement la tuyauterie de distribution de la vapeur, et en conservant les dimensions des cylindres, ainsi que l'indique le schéma ci-contre. Le cylindre HP a dû toutefois être remplacé parce que, établi pour recevoir de la vapeur à 6 kilogrammes, il a dû travailler après la transformation à 11 kilogrammes. Les chaudières ont été également remplacées, mais on a conservé le même type en substituant des corps simples aux corps doubles employés jusqu'alors et en augmentant la hauteur des cheminées. La surface de chauffe des nouvelles chaudières est de 2117 mètres carrés et la surface de grille de 78 mètres carrés. Nous avons dit que le timbre avait été porté à 11 kilogrammes.

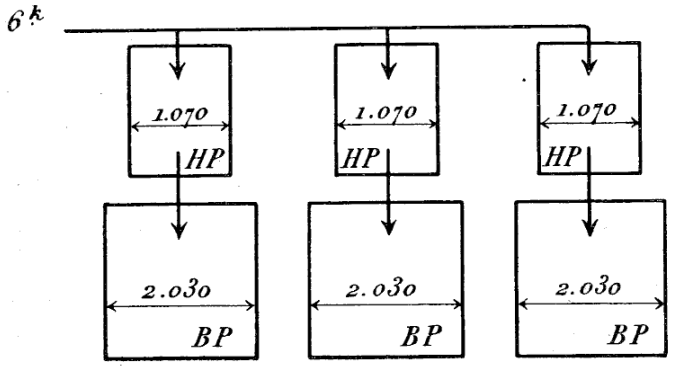
Les deux paquebots (*Champagne* et *Bretagne*) construits à Saint-Nazaire avaient des machines analogues, mais disposées de manière à pouvoir marcher à triple expansion en service courant. La vapeur était introduite dans le petit cylindre central; elle passait de là dans les petits cylindres extérieurs, où elle continuait à se détendre. La détente s'achevait simultanément dans les 3 cylindres inférieurs. Les arbres ont le même diamètre, mais chacun des trois coudes est forgé d'une seule pièce et pèse environ 15 tonnes après ajustage. Les chaudières, en acier, sauf les tubes, étaient timbrées à 8 kilogrammes et avaient les dimensions données plus haut.

Les machines de la *Champagne* et de la *Bretagne*, bien qu'établies dès le début à triple expansion, ont été modifiées également en 1896; on s'est borné toutefois à réduire le couple de cylindres admetteurs (intermédiaires), en raison

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de l'augmentation de la pression de la vapeur, portée de 8 à 10 kilogrammes. Les chaudières ont été également remplacées par des chaudières en acier, à corps simples avec 36 foyers de 1m,20 donnant une surface de grille de 78 mètres

(Avant transformation). Machine *Compound*, triple expansion.



(Après transformation). Machines à quadruple expansion.

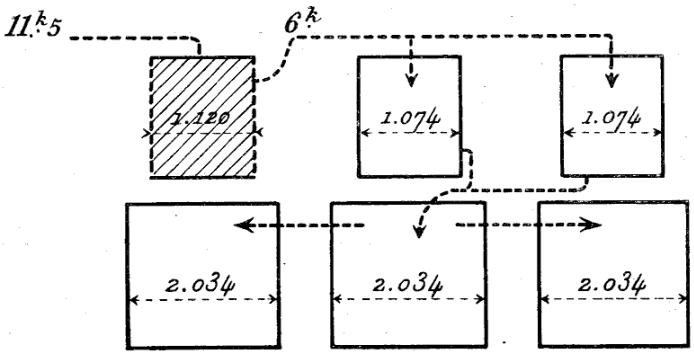


Fig. 40. — *Bourgogne* et *Gascogne*.

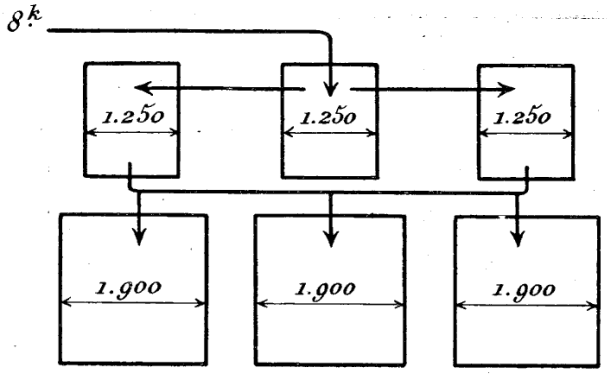
carrés pour une surface de chauffe de 2079 mètres carrés. La hauteur des cheminées a été portée de 23 mètres à 27m,50 au-dessus des grilles.

L'éclairage de ces navires est assuré par 700 lampes à incandescence, et tout le premier entrepont, affecté aux passagers de première et deuxième classe, est chauffé par des calorifères à vapeur. Sur l'avant des machines on trouve 2 cabines de luxe, 8 cabines de famille et 76 cabines ordinaires, contenant chacune deux lits superposés et un canapé-lit.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La salle à manger, de 15 mètres sur 15 mètres, occupe toute une tranche transversale ; enfin, à l'arrière, se trouvent 12 chambres pouvant recevoir 75 passagers de deuxième classe. Le reste de l'entrepont est occupé par le salon des

(Avant transformation). Machines à triple expansion.



(Après transformation)) Machines à triple expansion.

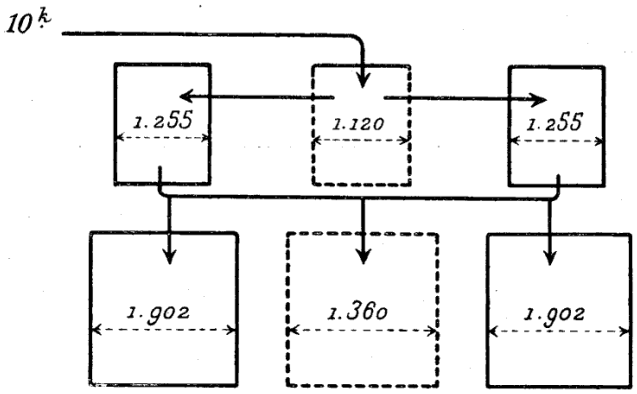


Fig. 41. — La *Champagne* et la *Bretagne*.

dames, la salle à manger de deuxième classe, la buvette, etc. Le deuxième entrepont peut recevoir 600 passagers de troisième classe ; les cloisons étanches divisent ce vaste espace en plusieurs compartiments, dont quelques-uns sont réservés aux femmes seules ; les passagers couchent dans des lits superposés sur deux rangs, et démontables, de manière à pouvoir utiliser l'emplacement pour l'arrimage de marchandises légères le cas échéant.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ces paquebots peuvent, en résumé, recevoir 1 007 passagers, se décomposant ainsi qu'il suit :

		LITS.	CANAPÉS-LITS.	PASSAGERS.
	Passagers de 1re classe.			
Dessous des roofs.	2 chambres de famille à 2 places. . . .	4	»	4
1er entrepont.	2 chambres de luxe à 4 places. . . .	6	2	8
	8 — de famille à 4 —	24	8	32
	5 cabines extérieures à 2 —	10	»	10
	42 — — à 3 —	84	42	126
	2 — — à 4 —	4	4	8
	10 — — à 6 —	40	20	60
	5 — intérieures à 1 —	5	»	5
	34 — — à 2 —	68	»	68
	2 — centrales à 4 —	8	»	8
	2 — — à 6 —	8	4	12
	TOTAUX.	261	80	341
	Passagers de 2e classe.			
2e entrepont.	11 cabines à 6 couchettes.	44	22	66
	Passagers de 3e classe			600

L'équipage se compose de 229 hommes.

Le dernier paquebot mis en service sur la ligne de New-York par la Compagnie transatlantique est la *Touraine*, dont la construction remonte à 1891.

La coque, tout entière en acier doux, est divisée en 13 compartiments étanches par des cloisons transversales s'élevant jusqu'au pont supérieur; une cloison longitudinale sépare la salle des machines en 2 chambres distinctes avec une porte de communication dans le bas; dans les chaufferies, les parois longitudinales des soutes forment cloison longitudinale étanche. La quille comporte un double fond occupant environ les deux tiers de la largeur du navire et utilisé pour le water-ballast.

Les dimensions sont les suivantes :

	Mètres.
Longueur totale.	163,65
Longeur entre perpendiculaires	157,45
Largeur	17,12
Creux	11,80

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le tirant d'eau en charge est de 7m,53, avec un déplacement correspondant de 12359 tonneaux. La *Touraine* est gréée en 2 mâts goélette ; les mâts, sans voiles, ne servent guère qu'à monter des pavillons pour signaux, et à porter les palans des treuils au-dessus des panneaux de chargement.

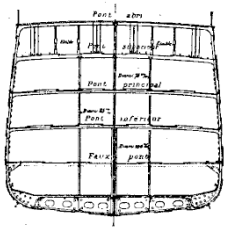


Fig. 42. — La *Touraine*. Coupe transversale.

Aux essais officiels, la *Touraine* a réalisé 19n,5 pour une puissance de 12000 chevaux indiqués à l'allure de 75 tours d'hélice. Voici d'ailleurs l'extrait du journal de mer pour le premier voyage à travers l'Océan :

Extrait du journal de mer du paquebot la TOURAINE parti du Havre le 20 juin et de New-York le 4 juillet 1891.

ALLER		RETOUR	
DÉPART A 8 H. 45 DU MATIN relevé à midi.	MILLES parcourus par jour.	DÉPART A 6 H. 40 DU MATIN relevé à midi.	MILLES parcourus par jour.
20 juin.	64	4 juillet.	97
21 —	443	5 —	426
22 —	450	6 —	418
23 —	451	7 —	407
24 —	432	8 —	414
25 —	456	9 —	426
26 —	469	10 —	416
27 — (arrivée à 8h,40 du matin).	390	11 — (arrivée à 8h,45 du soir).	541
PARCOURS TOTAL.	3155	PARCOURS TOTAL.	3145
Traversée : 7 j. 4 h. 58 m.		Traversée : 7 j. 9 h. 39 m.	
Vitesse maxima du 25 au 26 : 19n,54.		Vitesse maxima du 4 au 5 : 18n,26.	
Vitesse moyenne : 18n,35.		Vitesse moyenne : 17n,85.	
Vitesse moyenne d'aller et retour : 18n,10.			

La vitesse moyenne, pour l'ensemble de l'année 1896, a été de 17n,76 et celle pour 1897, de 18n,09. Il ne faut pas perdre de vue, dans les comparaisons que l'on est souvent porté à établir entre la *Touraine* et les grands rapides anglais ou allemands, que ces derniers disposent de machines d'une puissance presque triple et consomment deux fois plus de charbon par jour.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Machinerie. — La *Touraine* possède deux hélices, actionnées par deux machines verticales à triple expansion de 6 000 chevaux chacune. Les deux machines sont identiques ; en voici les principaux éléments.

Les trois cylindres, placés à la suite l'un de l'autre, ont respectivement : pour la haute pression $1^m,04$, pour la moyenne pression, $1^m,54$ et pour la basse pression $2^m,54$ de diamètre. Le plus voisin de la chaufferie est celui à haute pression ; les tiroirs des cylindres à haute et moyenne pression sont cylindriques, celui du cylindre à basse pression est un tiroir plan ordinaire.

Tous les cylindres sont pourvus d'enveloppes de vapeur ; ils sont montés sur colonnes du côté de la mise en train, sur bâtis ordinaires de l'autre côté. La course commune est de $1^m,66$ et la vitesse du piston est d'environ 4 mètres par seconde à l'allure de 72 tours. Pour gagner du poids, les pistons sont en acier coulé, à paroi conique.

Chaque machine est pourvue de deux pompes alimentaires, mues comme d'habitude par les pistons avant et arrière, de deux condenseurs en acier coulé, et de deux pompes de circulation à fort débit ; les condenseurs, de forme ovale, sont en acier coulé, leur largeur est de $1^m,70$, leur hauteur et leur longueur sont toutes deux de $1^m,80$; ces appareils sont logés sous les cylindres de moyenne pression ; ils renferment des tubes de $0^m,014$ de diamètre intérieur et $1^m,88$ de long.

Les arbres moteurs, forgés au Creusot, ont 516 millimètres de diamètre extérieur et mesurent 53 mètres de long, dont 15 mètres extérieurement à la coque. Chaque ligne d'arbre pèse environ 90 tonnes. Les hélices sont à 3 ailes en bronze à canon (88 p. 100 de cuivre), rapportées sur un moyeu en acier coulé ; elles ont 6 mètres de diamètre et travaillent toutes deux au même niveau et dans le même plan vertical ; elles sont séparées seulement par l'extrémité arrière du navire, presque réduite à un plan dans cette région. Leur poids est de 18 tonnes chacune.

La vapeur est fournie par 2 groupes de chaudières tubulaires en acier, timbrées à $10^{kg},5$; le premier groupe, situé dans la partie centrale du navire, comprend 6 chaudières (3 doubles et 3 simples) ; l'autre, placé un peu à l'avant, ne comporte que 3 chaudières doubles. Les chaudières simples ont $3^m,20$ de longueur et possèdent seulement 3 foyers ; les doubles ont $6^m,20$ avec 6 foyers. Les unes et les autres ont le même diamètre, soit $4^m,50$, et les enveloppes sont en tôle de 35 millimètres. Les tubes ont 55 millimètres de diamètre intérieur, 61 millimètres de diamètre extérieur et $2^m,35$ de longueur entre plaques. L'ensemble des chaudières en comporte 6 555, ce qui représente une longueur totale de $15^{km},5$. Chaque groupe a sa cheminée. Les foyers, au nombre de 45, ont $1^m,20$ de diamètre ; ils sont en tôle ondulée du système Fox. La surface totale des grilles est de 108 mètres carrés, tandis que la surface de chauffe des neuf chau-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dières est de 531 mètres carrés pour la surface de chauffe directe et de 3 125 mètres carrés pour la surface totale.

Huit ventilateurs débitant ensemble 260 000 mètres cubes d'air à l'heure et actionnés par des moteurs spéciaux envoient de l'air sous les grilles à la pression de 30 millimètres d'eau, ce qui permet une consommation de plus de

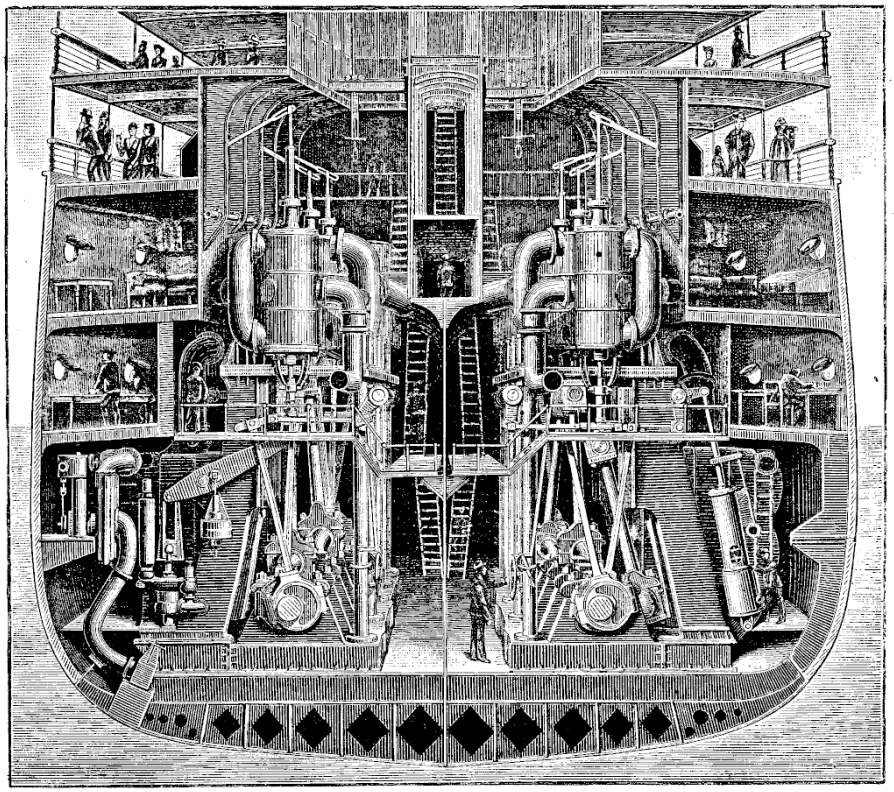


Fig. 43. — La *Touraine*. Coupe transversale aux machines.

100 kilos de charbon par mètre carré de grille. La consommation journalière est de 265 tonnes environ, et les soutes peuvent recevoir 2 300 tonnes de charbon.

La production de vapeur est d'environ 2 000 tonnes par 24 heures; l'énorme quantité d'eau nécessaire est envoyée aux générateurs par les pompes d'alimentation mises en mouvement par les grandes machines et puisant dans les bâches où s'écoulent les produits de la condensation. Théoriquement, il devrait suffire

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

des 341 tonnes d'eau qui représentent la capacité des chaudières, l'eau servant uniquement de véhicule à la chaleur, mais les pertes sont nombreuses ; on y supplée au moyen de l'eau douce emmagasinée dans les water-ballast et envoyée aux chaudières par des pompes alimentaires placées dans la chaufferie et derrière la cloison arrière de la machine. Il y a en outre, pour réparer les pertes des chaudières, des bouilleurs chauffés par la vapeur d'échappement des cylindres à moyenne pression, produisant de la vapeur renvoyée aux boîtes à tiroir des cylindres à basse pression.

L'appareil à gouverner, situé sous la dunette, se compose d'une machine à deux cylindres verticaux à vapeur, actionnant deux tambours sur lesquels s'enroulent des chaînes à maillons courts, appelés drosses. Ces drosses sont fixées à un disque claveté sur la mèche du gouvernail par deux ridoirs qui permettent d'en régler la tension. L'action des drosses s'exerce sur le gouvernail avec un bras de levier d'environ 3 mètres. La commande de l'appareil peut se faire soit du roof de la timonerie sur la passerelle, soit de la dunette, soit enfin de la chambre même dans laquelle se trouve l'appareil. De la timonerie, la commande se fait par l'intermédiaire d'un petit servo-moteur actionnant une série d'arbres creux qui descendent sous le pont-promenade, suivent les roofs et entrent sous la dunette, où un renvoi à angle droit transmet le mouvement dans le roof des appareils à gouverner. Du dessus de la dunette, la commande se fait par un manipulateur relié à la dernière partie de la transmission précédente par un arbre vertical et des pignons d'angle.

Des embrayages permettent d'isoler l'un de l'autre ces deux modes de commande.

En cas d'avaries à ces commandes, on recourrait à l'appareil à bras qui se compose de 3 roues de $2^{m},50$ environ de diamètre, actionnant par l'intermédiaire d'engrenages, vis sans fin et roue striée, deux tambours sur lesquels s'enroulent les drosses ; celles-ci commandent un disque fou, pouvant être rendu fixe par une goupille. Des embrayages permettent la manœuvre séparée du système ou sa manœuvre simultanée avec l'appareil à vapeur. L'appareil à bras peut être mis en mouvement par la machine du cabestan à vapeur, grâce à une chaîne de Galle qui vient actionner la vis sans fin convenablement embrayée.

Le gouvernail diffère de celui des paquebots type *Champagne ;* il est compensé, c'est-à-dire qu'au lieu d'avoir toute sa surface à l'arrière de l'axe de rotation, il en a une partie à l'avant ; l'action de cette partie antérieure augmente l'effet utile du gouvernail, tout en ramenant le centre de gravité de la surface totale plus près de l'axe de rotation, de sorte que l'effort produit sur la mèche pour gouverner est bien moindre.

La *Touraine* peut recevoir dans ses cales, soit 3420 mètres cubes de marchandise, soit 2200 mètres cubes et 401 émigrants; elle peut transporter 386 passa-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

gers de première classe et 114 de deuxième classe, se répartissant ainsi qu'il suit :

			LITS DOUBLES.	LITS SIMPLES.	CANAPÉS LITS.	TOTAL DES couchages.	
Passagers de 1re classe.							
Pont promenade.	12	chambres de luxe à 3 places.	12	»	12	36	36
1er entrepont.	2	chambres de luxe à 4 —	2	2	2	8	310
	14	cabines de famille à 4 —	14	14	14	56	
	46	cabines extérieures à 3 —	»	92	46	138	
	3	— — à 2 —	»	6	»	6	
	47	— intérieures à 2 —	»	94	»	94	
	2	— — à 1 —	»	2	»	2	
	2	— — à 3 —	»	4	2	6	
2e entrepont.	4	— extérieures à 3 —	»	8	4	12	40
	5	— — à 2 —	»	10	»	10	
	9	— intérieures à 2 —	»	18	»	18	
	146	Totaux	28	250	80	386	

Passagers de 2e classe.

			LITS.	CANAPÉS.	PASSAGERS.
2e entrepont.	14	cabines à 6 places.	56	28	84
	10	— à 3 —	20	10	30
	24	— Totaux.	76	38	114

Le personnel du bord est composé de la façon suivante :

1° *État-Major.* — 1 capitaine, 1 second capitaine, 3 lieutenants, 1 chef mécanicien, 3 mécaniciens chefs de quart, 3 mécaniciens, 4 aides mécaniciens, 1 électricien, 1 aide-électricien, 1 commissaire, 1 sous-commissaire, 1 médecin, au total 21 personnes.

2° *Pont.* — 3 maîtres d'équipage, 1 capitaine d'armes, 1 maître-charpentier et 1 aide, 1 voilier, 1 chef de timonerie, 5 timoniers, 6 gabiers, 22 matelots, 4 novices, 2 mousses, au total 47 personnes.

3° *Machines.* — 9 premiers chauffeurs, 13 graisseurs, 69 chauffeurs, 48 soutiers, 1 magasinier, au total 140 personnes.

4° *Personnel civil.* — 2 maîtres d'hôtel, 5 cuisiniers et 4 aides de cuisine, 1 commis aux vivres, 1 cambusier, 1 sommelier, 2 boulangers, 2 pâtissiers,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

1 boucher, 4 cireurs, 1 coiffeur, 1 chef d'office, 6 garçons interprètes, 18 premiers garçons et 42 garçons, 5 femmes de chambre, 1 infirmier, au total 97 personnes, ce qui donne pour l'ensemble du personnel un effectif de 305 personnes, et porte à 1206 le nombre d'êtres humains portés par ce navire.

Toute la partie centrale du pont-promenade, sur une longueur de 85 mètres, est réservée aux passagers de première classe; vers le milieu se trouve un vaste hall éclairé au centre par une large coupole et servant de salon de conversation, avec murs revêtus de cuir de Cordoue et boiseries d'acajou et d'érable rehaussées

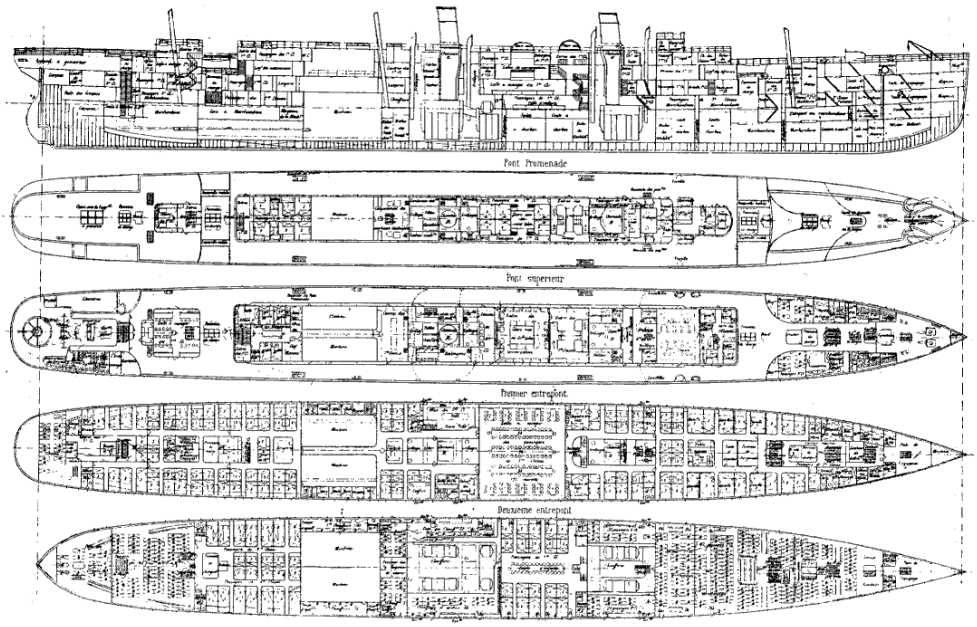


Fig. 44. — La *Touraine*. Profil et plans.

d'or et de marbre, et dont la décoration, des plus luxeuses, comporte une ravissante peinture représentant le château de Chenonceaux, cette perle de la Touraine. Une large claire-voie, entourée d'une riche balustrade, occupe le milieu du salon, elle permet de regarder dans la salle à manger située au-dessous.

Sur le même pont supérieur, mais à l'avant du roof, se trouve le fumoir des premières classes, de style japonais, avec boiseries en noyer et citronnier encadrant des faïences de Deck et panneaux de poirier incrustés de nacre et d'ivoire. Des glaces reflètent l'ensemble à des profondeurs infinies sous un plafond orné de nielles des plus coquets, 60 fumeurs peuvent se tenir à l'aise dans le fumoir.

Au premier entrepont, entièrement réservé aux premières classes, sauf les deux extrémités arrière et avant assignées au personnel du bord, nous trouvons

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

d'abord, au centre, la salle à manger, avec trois grandes tables, dont l'une dans l'axe du navire et deux autres parallèles, pouvant recevoir chacune trente-quatre couverts; dix petites tables latérales en boutisse, de sept personnes, réparties autour des grandes, permettent le groupement des passagers par familles. Les murs sont garnis de boiseries d'acajou massif, fouillées de sculptures et rehaussées par des filets d'or; le plafond, formé de larges caissons, est magnifiquement décoré de peintures et de dorures; de nombreuses glaces égayent l'ensemble, que complète magistralement une cheminée monumentale. Le soir de nombreuses lampes, attachées à des girandoles de bronze doré, donnent un aspect féerique à la salle.

Accolé à la salle à manger, vers l'arrière, se trouve un grand boudoir bleu, avec toilette, salle de bains et water-closets, réservés aux dames seules, et où deux femmes de chambre se tiennent en permanence à la disposition des passagères. Du côté avant se trouvent les appartements de grand luxe, composés d'une chambre de 16 mètres carrés, garnie d'un lit à deux, d'un canapé-lit, d'une commode-toilette, d'une armoire à glace, etc., et disposant d'une salle de bains et d'un water-closet; viennent ensuite les cabines de famille, également très confortables. Après les appartements de grand luxe viennent les chambres de famille, moins riches, mais encore très confortables, puis les cabines ordinaires.

Les cabines principales ont toutes au moins un hublot d'éclairage et, comme dimensions : longueur 2 mètres, largeur $3^{m},20$, hauteur $2^{m},45$, ce qui donne un peu plus de $5^{m},20$ pour chacun des trois voyageurs de la cabine complète, savoir : 2 passagers sur les lits ordinaires et le troisième sur la banquette-lit, qui constitue une heureuse innovation. Chacune de ces banquettes, montée sur pieds, permet le placement sous le siège des valises et sacs de voyage; elle renferme à l'intérieur du dossier une literie complète. Pour la transformer en lit, il suffit d'abattre le dossier sur le siège où le retiennent deux verrous placés par derrière; le matelas, l'oreiller, le traversin et les couvertures, sont rangés dans ce dossier, et instantanément le lit se trouve fait. Il suffit pour le compléter, de relever une têtière à chaque extrémité et d'accrocher sur la façade une galerie mobile à filet destinée à garantir du roulis.

Les cabines de deuxième classe sont installées vers l'arrière du deuxième entrepont; elles sont réparties en quatorze cabines extérieures à six couchettes chacune et dix cabines intérieures à trois couchettes. Elles sont desservies par des urinoirs, water-closets et lavabos spéciaux, et sont reliées directement par un escalier à la salle à manger des deuxièmes classes, située sur le pont supérieur dans un petit roof spécial. Cet escalier se continue jusqu'au pont-promenade où se trouve le fumoir des deuxièmes classes.

L'avant et l'arrière du deuxième entrepont peuvent à volonté recevoir des marchandise ou des émigrants; dans ce dernier cas, des escaliers mobiles sont placés

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dans les six compartiments qui forment autant de dortoirs dont le plus grand contient 162 personnes et les deux plus petits 26 seulement. Le dortoir de l'avant, réservé aux femmes seules, peut contenir 98 personnes. Les passagers de troisième classe sont divisés en chambrées avec claires-voies d'aérage, hublots d'éclairage, etc. Les parois et le mobilier sont lessivés et blanchis à chaque voyage.

Chaque passager a, — par chambrée complète, — de $2^{m},75$ à 3 mètres de capacité moyenne. Des water-closets, des étagères à bagages, des tables pour manger sont répartis dans les chambres ; enfin il existe des chambres pour femmes seules et pour les mères avec jeunes enfants.

Le personnel est logé à l'avant et à l'arrière du navire, chacun à la portée de son service.

Éclairage. — Les besoins d'éclairage ne sont pas les mêmes dans toutes les parties du navire, d'où trois catégories bien distinctes :

1° Éclairage permanent pour les locaux où la lumière du jour ne pénètre pas du tout ou ne pénètre qu'insuffisamment, comme les compartiments des machines, des chaudières, les cales, les cabines intérieures, etc.

2° Éclairage de nuit pour la libre circulation dans les salons, fumoirs, couloirs et dans les cabines.

3° Éclairage supplémentaire de soirée maintenu jusqu'à minuit partout où les passagers circulent et vivent en commun.

Ces trois catégories sont desservies par 15 circuits débitant chacun en moyenne 30 ampères et alimentant 872 lampes à incandescence dont 300 de 16 bougies et 572 de 10 bougies. Le courant est fourni par deux dynamos pouvant donner chacune jusqu'à 220 ampères ; une troisième machine, identique aux deux premières, sert de relais en cas d'avarie. Ces machines sont du type Desroziers à trois paires de pôles et deux balais ; elles sont à double enroulement et donnent un courant de 105 volts avec tolérance de 2 volts en plus ou en moins ; leur allure normale est de 350 tours. Les moteurs des dynamos sont du système Willans, à deux manivelles, avec cylindres de 254 millimètres et de 356 millimètres de diamètre et course du piston de 152 millimètres. Ces moteurs reçoivent des grandes chaudières la vapeur qui leur est nécessaire ; cette vapeur est préalablement détendue à 6 kilogrammes ; ils évacuent aux condenseurs. Un régulateur extrêmement sensible assure la régularité de marche dont dépend le voltage qui ne saurait, sans danger pour les lampes, dépasser la limite prévue de 107 volts.

Enfin, cinq circuits supplémentaires assurent les feux de position. Deux de ces circuits restent disponibles pour les cas imprévus, les trois autres servent : le premier à alimenter les feux de position à bâbord et à tribord, employant chacun deux lampes de 16 bougies allumées simultanément ; le second circuit alimente, dans les mêmes conditions, le fanal de tête, et le troisième est réservé aux cales et peut fournir dix lampes portatives de 16 bougies.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L'exploitation de la Compagnie Transatlantique ne se borne d'ailleurs pas à la ligne Havre-New-York, sur laquelle circulent les grands paquebots que nous venons d'examiner. La Compagnie assure en outre une série de services mensuels.

1° Service entre Saint-Nazaire et Colon, avec escales à la Guadeloupe, la Martinique, la Guayra, Puerto-Cabello, Savanilla. Ce service permet de correspondre à Panama avec tous les ports du Pacifique; il permet également à Fort-de-France (Martinique) la correspondance soit avec Sainte-Lucie, Trinité, Demerar, Surinam et Cayenne, soit avec la Guadeloupe, Saint-Thomas, Ponce, Mayaguez, Saint-Domingue, Jacmel et Santiago de Cuba.

2° Service rapide entre Saint-Nazaire et le Mexique, avec escales à Santander et la Havane et terminus à la Vera-Cruz. Le trajet d'Europe à la Havane s'effectue en 13 à 14 jours.

3° Service Havre-Bordeaux à Colon, qui dessert Santander, la Guadeloupe, la Martinique, Trinité, Carupano, la Guayra, Puerto-Cabello, Savanilla et, par correspondance à Panama, les ports du Pacifique.

4° Service Havre-Bordeaux à Port-au-Prince (Haïti), avec escales à Saint-Thomas, Saint-Jean de Porto-Rico, Puerto-Plata, cap Haïtien, permettant de correspondre à Saint-Thomas avec les paquebots venant de Fort-de-France, Mayaguez, Saint-Domingue, Jacmel et Santiago de Cuba.

5° Service Marseille-Colon, avec escales à Barcelone, Cadix, Ténériffe, la Guadeloupe, la Martinique, la Trinité, la Guayra, Puerto-Cabello, Curaçao, et correspondance à Panama pour les ports du Pacifique.

D'autre part, la Compagnie a le service postal entre la France, l'Algérie et la Tunisie et une série de services entre Marseille et Alger, Tunis, Oran, Bône, Philippeville, etc. Le service Marseille-Alger a trois départs par semaine dans les deux sens; la traversée est effectuée par des paquebots de type perfectionné comme l'*Eugène-Pereire* et le *Chanzy*, en 24 à 26 heures.

La vitesse moyenne réalisée sur la ligne de New-York a été de 16ⁿ,71, alors que celle fixée par le cahier des charges de la concession n'était que de 15 nœuds. De même, pour les services des Antilles, la vitesse moyenne a été de 13ⁿ,12 au lieu des 12 nœuds obligatoires.

La flotte de la Compagnie ne compte pas moins de 65 navires d'un tonnage total de 172 272 tonneaux et dont les machines représentent une puissance globale de 173 000 chevaux-vapeur. En 1896 cette flotte a parcouru 658 447 lieues marines et brûlé 409 178 tonnes de charbon. La dépense pour les équipages a été de 4 500 000 francs, celle pour les charbons et les matières grasses de plus de 9 millions. Les recettes, pour la seule ligne de New-York, atteignent d'ailleurs le chiffre respectable de plus de 17 millions, y compris la subvention du Gouvernement français.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le service transatlantique va du reste être encore amélioré. La Compagnie mettra successivement en service trois paquebots : le premier en avril 1900, le deuxième en juillet 1900 et le troisième en avril 1903. Un quatrième paquebot sera même mis en chantier en 1905, pour être livré en 1908, s'il est reconnu qu'une des lignes étrangères concurrentes obtient à cette époque une vitesse moyenne annuelle supérieure de 10 p. 100 à celle de la Compagnie Transatlantique. Les deux premiers paquebots neufs devront réaliser une vitesse de 22 nœuds aux essais; les suivants feront sans doute mieux encore.

*
* *

Le tableau suivant, emprunté à *Engineering*, donnera une idée de l'importance du mouvement des voyageurs sur les lignes transatlantiques :

	1897.		1896.		1895.	
	CABINES.	ENTREPONT.	CABINES.	ENTREPONT.	CABINES.	ENTREPONT.
Norddeutscher Lloyd.	15 196	40 415	13 555	54 180	10 805	14 326
Cunard.	15 196	17 303	17 999	20 681	18 844	21 724
Hambourg Amérique .	10 866	17 323	16 371	44 572	10 543	30 141
White Star.	10 104	19 271	11 607	21 220	11 805	44 326
American.	14 443	11 322	16 859	12 830	16 146	19 580
Cie transatlantique. .	6 044	14 264	6 847	17 371	7 517	16 469

Il convient de remarquer que les chiffres pour les lignes allemandes comprennent l'ensemble du trafic pour les lignes de la mer du Nord et celles de la Méditerranée. Au point de vue de l'utilisation des cabines, les lignes se rangent de la façon suivante :

Nombre de voyageurs de cabine, par voyage :

American Line.	272
Cunard.	249
White Star.	190
Hambourg Amérique.	120
Norddeutscher Lloyd.	112

Pour le transport des émigrants, les Allemands passent en première ligne (ils sont toutefois distancés par l'*Anchor Line*).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Nombre moyen d'émigrants par voyage :

Nordeutscher Lloyd	429
Hambourg-Amérique	410
White Star	363
Cunard	285
Compagnie Transatlantique	274
American Line	214

Enfin pour l'ensemble des voyages, les compagnies prennent l'ordre suivant :

White Star	553
Cunard	534
Norddeutscher Lloyd (Méditerranée)	499
Norddeutscher Lloyd (Mer du Nord)	331
American Line	486

CARGO-BOATS

La vitesse se paie, à la mer comme sur terre; elle se paie même très cher, et l'on conçoit que les compagnies aient été amenées à construire à côté des grands paquebots destinés aux services rapides pour voyageurs, des paquebots sacrifiant moins à la vitesse. Les cargo-boats *Sylvania* et *Carinthia*, de la Compagnie Cunard, nous serviront de types pour la description de ce genre de bâtiments destinés surtout au transport des marchandises et du bétail sur pied.

Ces navires sont pourvus de tous les perfectionnements modernes : cloisons étanches, machines à triple expansion, double hélice, etc.; ils peuvent transporter 6 500 tonnes de marchandises et 420 têtes de gros bétail.

Voici leurs principales caractéristiques :

Longueur	140m,25
Largeur	11m,90
Creux	13 mètres.
Capacité	7500 tonnes.
Tirant d'eau maximum	8m,25
Déplacement maximum	12 160 tonnes.
Tonnage brut	5 600 —

La coque est entièrement construite en acier Martin Siemens; les rivets sont également en acier. Les tôles du bordé ont environ 6m,50 de longueur. Tous les ponts sont en tôle d'acier; seul, le pont-abri est recouvert d'un bordé en sapin. Le navire est divisé en compartiments étanches par neuf cloisons s'élevant jusqu'à la hauteur du pont supérieur et pourvues de doubles portes étanches à chacun des deux ponts intermédiaires.

Le double fond est divisé en 20 compartiments et utilisé pour le water-ballast,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ainsi que quatre grands réservoirs placés, l'un à l'avant, le second à l'arrière et les deux autres à chacune des extrémités du compartiment des machines. Les compartiments sont disposés de manière que le navire reste à flot avec deux ou même, dans certains cas, trois compartiments pleins d'eau.

Les compartiments placés sous les machines peuvent être utilisés pour transporter une certaine quantité d'eau douce pour le bétail et pour l'alimentation des chaudières.

Les cales, les entreponts, les compartiments des machines et des chaudières sont éclairés à l'électricité, avec distribution à double fil. Le courant est fourni par 2 dynamos à enroulement compound et à régulateur automatique, placés

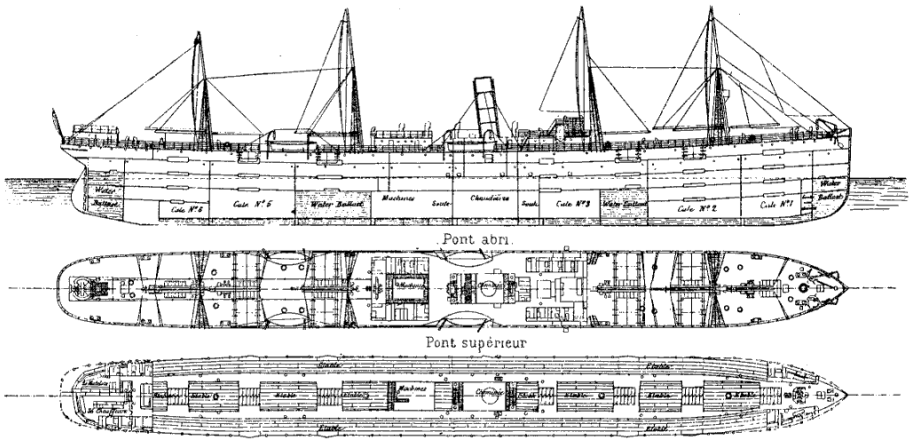


Fig. 45. — *Sylvania*. Profil et plans.

dans la chambre des machines. Les panneaux d'écoutille, au nombre de sept, sont éclairés par des lustres de seize lampes de 16 bougies.

Le pont supérieur est aménagé pour le transport de 420 têtes de gros bétail. Tout l'agencement peut être enlevé quand on veut utiliser l'emplacement pour le chargement de marchandises.

Toutes les précautions sont prises pour la sécurité du bétail et du personnel chargé de le soigner : une distribution spéciale d'eau dessert toutes les étables, dont la ventilation est assurée par des manches à vent système Utley, et par des ventilateurs; des panneaux, ménagés dans le pont-abri, peuvent être ouverts en cas de beau temps.

Les cales, au nombre de six, sont munies de larges écoutilles desservies par sept puissants treuils à vapeur; ces treuils sont disposés pour prendre les marchandises sur des chalands rangés le long du navire. Derrière la chambre des machines se trouve un appareil à gouverner à vapeur, système Harrison, en

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

communication directe avec la chambre des machines et avec la cabine du commandant, placée sur le pont-abri, et dans laquelle se trouve un appareil à gouverner à vis, pouvant servir en cas d'accident.

La chambre du capitaine et celles des officiers, ainsi que le salon, sont placés sur le pont-abri à l'avant des machines; chaque officier dispose d'un appartement particulier très confortable, chauffé à la vapeur et éclairé à l'électricité; les chambres des mécaniciens sont placées autour de la salle des machines. On peut circuler directement d'une extrémité du navire à l'autre, à tous les étages, sans franchir aucun escalier. La mâture se compose de 4 mâts à pible en acier, portant des voiles destinées à appuyer le navire.

Les machines, une pour chaque hélice, sont d'un type très ramassé. Les cylindres, munis d'enveloppes de vapeur, ont une course commune de $1^{m},220$ et des diamètres de 572, 927 et 1 524 millimètres. Les pistons des petits et des moyens cylindres sont munis de segments en fonte, système Ramsbottom; les pistons des cylindres à basse pression ont des segments à ressorts. Les tiges de pistons, en acier doux, avec crosse rapportée, ont un diamètre de 152 millimètres. Les bielles motrices sont en fer conique (diamètre minimum $0^{m},146$, diamètre maximum $0^{m},178$); les petites têtes de bielles motrices sont du type à fourche avec garniture de coussinets en laiton et en métal blanc. Chaque machine a une pompe à air avec soupape à disque (diamètre $0^{m},551$, course $0^{m},610$), deux pompes d'alimentation de $0^{m},089$, deux pompes de cale de $0^{m},100$. Toutes ces pompes sont à simple effet; elles sont mues par le piston du cylindre intermédiaire et peuvent refouler soit dans le réchauffeur d'alimentation, soit directement dans les chaudières.

Les condenseurs sont courts; leur surface est de 256 mètres carrés. Les tubes sont étamés à l'intérieur et à l'extérieur, et munis de viroles à vis.

Les pompes de circulation sont au nombre de deux, une pour chaque groupe; les tuyaux d'aspiration et de refoulement ont $0^{m},254$ de diamètre.

L'arbre moteur a $0^{m},318$ de diamètre; les tourillons des manivelles motrices ont $0^{m},324$. Les paliers de butée sont du type ordinaire en fer à cheval. Chaque arbre porte huit colliers de $0^{m},050$; l'arbre porte-hélice a $0^{m},318$ de diamètre. Les hélices à trois ailes, en bronze-manganèse, ont $4^{m},80$ de diamètre et $5^{m},50$ de surface; le moyeu des hélices est en fonte.

Un grand nombre de pompes de divers systèmes sont affectées au service du water-ballast, des cales, des appareils distillatoires, des réchauffeurs, etc.; des pompes à incendie, à vapeur, sont placées dans tous les compartiments. D'ailleurs, on retrouve dans la *Sylvania* toutes les machines auxiliaires que l'on est habitué à rencontrer dans les grands paquebots modernes : moteurs pour l'éclairage électrique, treuils à escarbilles, vireurs, guindeaux, etc.

Les chaudières sont munies du système de tirage forcé Howden. Le ventila-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

teur a $2^m,44$ de diamètre; il est actionné par deux moteurs dont un de réserve; deux chaudières à 6 foyers suffisent, même quand chaque machine développe sa puissance maximum de 2725 chevaux indiqués. Elles ont $6^m,17$ de longueur et $4^m,58$ de diamètre. Les foyers ondulés, système Fox, ont $1^m,10$ de diamètre

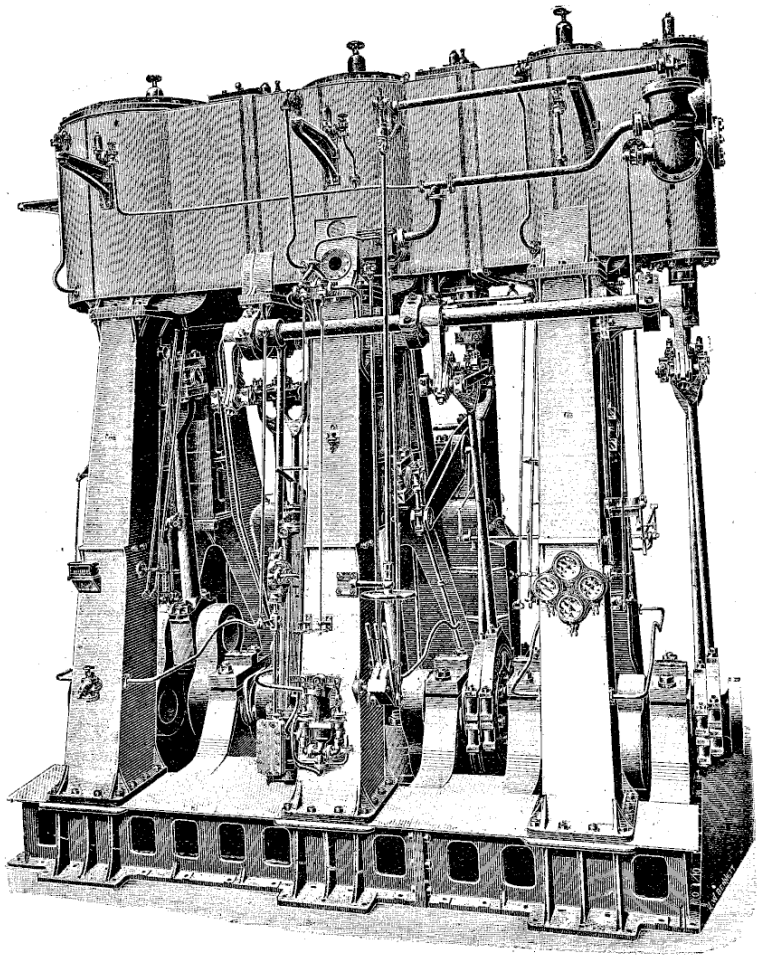


Fig. 46. — Machine à triple expansion du *Sylvania*.

La surface de grille est de 10 mètres carrés et la surface de chauffe totale de 446 mètres carrés. La consommation de combustible est de 86 tonnes par 24 heures.

La *Carinthia* a fait un parcours d'essai de 90 milles, cette distance a été parcourue en moins de 6 heures, ce qui correspond à une vitesse de $15^n,25$.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le plus grand cargo-boat actuellement à flot serait, d'après *Shipping World*, le *Cymric*, de la compagnie White Star, dont le tonnage est de 12 500 tonneaux, soit 2 300 de plus que le *Georgic*, le plus grand cargo-boat de la White Star après le *Cymric*.

Le *Cymric* est un navire à double hélice; il mesure 182m,88 de long sur 19m,50 de large et 12m,80 de profondeur. Ses machines (une par hélice) sont à quadruple expansion et peuvent donner une puissance totale de 6 500 chevaux-vapeur. La vitesse aux essais a été de 15 nœuds et le premier voyage entre Liverpool et New-York s'est effectué en 11 jours 2 heures 49 minutes, ce qui correspond à une vitesse moyenne de 11n,5. Voici, à titre de curiosité, un extrait du chargement de ce géant des mers :

Bœuf frais	60 700 kilos.
Porcs	579 carcasses.
Coton	13 413 balles.
Grain	106 690 boisseaux.
Acier	3 359 barres.
Farine	1 700 sacs.
Plomb	8 095 saumons, etc.

indépendamment de 200 chevaux, 700 bêtes à cornes et 1 002 moutons.

Le *Cymric* comporte d'ailleurs des installations très confortables pour 50 passagers de première classe, et il peut recevoir 800 passagers d'entrepont.

Les Allemands possèdent également des cargo-boats importants, tels que ceux du type *Patria* (1), de 140 mètres de longueur à la flottaison, 15m,85 de large et 10m,67 de creux qui, avec 8 mètres d'enfoncement à charge, déplacent 13 360 tonnes et peuvent transporter 2 490 émigrants; mais le plus grand est le *Pretoria*, lancé en octobre 1897 par la Compagnie Hambourgeoise-Américaine. Ce navire mesure 178m,70 de longueur totale, 170m,80 de longueur entre perpendiculaires, 18m,91 de large et 12m,81 de creux. Son déplacement à pleine charge atteint 23 500 tonnes. Le *Pretoria* possède deux machines à quadruple expansion (une pour chacune des deux hélices), d'une puissance totale de 6 000 chevaux. Il peut recevoir 204 passagers de première classe, 120 de deuxième classe et 1 000 d'entrepont. Son équipage comprend 160 hommes.

***

Les paquebots faisant le service entre l'Europe et New-York sont les plus importants à tous égards, mais il en est d'autres qui méritent aussi de retenir l'attention.

Nous examinerons quelques bateaux affectés soit au service de l'Afrique

(1) Voir *Zeitung des Vereins Deutscher Ingenieuren*, 1895, p. 608.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Australe, soit aux services d'Orient, appelés à faire des traversées plus longues que celles d'Europe en Amérique et à naviguer dans les régions tropicales.

Ces navires offrent des particularités intéressantes; dans l'aménagement intérieur, le constructeur n'a plus à chercher, comme sur la ligne de New-York, à garantir les passagers contre le froid, il doit au contraire s'efforcer d'atténuer les effets de la chaleur torride à laquelle ils sont exposés.

Le *Nile*, construit dans les chantiers Thomson sur la Clyde et lancé en 1893, est destiné, ainsi que le paquebot frère *Danube*, au service postal rapide entre Southampton et le Brésil. Ces deux navires appartiennent à la *Royal Mail Steam Packet C°*, fondée dès 1839 et dont le premier navire, le *Thames*, partit de Falmouth en janvier 1842. Cette Compagnie assure également les relations avec les Antilles; son service pour l'Amérique du Sud a été inauguré en 1851.

Les dimensions du *Nile* sont les suivantes :

	Mètres.
Longueur totale	132,58
— entre perpendiculaires	128,»
Largeur	15,90
Creux	10,80
Tonnage brut	6030 tonneaux.

Le déplacement est d'environ 8 000 tonneaux pour l'enfoncement normal de 6m,40; les essais, sur le mille mesuré parcouru 6 fois dans les deux sens, ont donné les résultats suivants comme vitesse :

	Tours.	Puissance (chevaux-vapeur indiqués.)	Pression de la vapeur.	Vitesse (Nœuds.)
1er mille	82.3	7532.1	10.2	18.75
2e —	82.1	7488.3	10.6	16.»
3e —	83.8	7780.3	10.6	18.48
4e —	83.9	7971.3	10.9	16.67
5e —	83.93	7940.6	10.9	18.18
6e —	83.3	7827.5	10.6	16.98
Moyenne				17.099

Un essai de 8 heures a donné une vitesse moyenne de 17n,25, au régime de 83 tours, la machine développant 7 700 chevaux indiqués. Cette vitesse ne saurait être comparée à celles que nous avons vues pour les services transatlantiques, mais il convient de remarquer que les paquebots pour l'Amérique du Sud ne brûlent guère que 200 à 250 kilos de charbon par mille parcouru, tandis que pour les paquebots rapides des lignes de New-York la consommation est de 750 à 900 kilos, soit 4 fois plus, à peu près. Si l'on réfléchit que la distance entre Londres et Buenos-Ayres, par exemple, est de 6 280 milles, on verra que, pour atteindre la vitesse des paquebots de l'Atlantique du Nord il faudrait doubler la quantité de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

charbon embarquée pour chaque voyage. Ce n'est donc pas sans raison que les compagnies qui exploitent ces services s'attachent plutôt à la régularité du service qu'aux vitesses exceptionnelles.

Le *Nile* est divisé en 11 compartiments étanches. Il est pourvu d'une machine à triple expansion, dont les cylindres ont pour diamètres respectifs : $0^{m},965$, $1^{m},524$ et $2^{m},388$, avec une course de $1^{m},676$. La vapeur est fournie à $11^{kg},2$ par quatre chaudières à double face de $4^{m},57$ de diamètre et $5^{m},79$ de longueur, avec 4 foyers à chaque extrémité. La surface totale de chauffe est de 1 607 mètres carrés et la surface de grille de $60^{m^2},4$.

Le navire peut recevoir 215 passagers de première classe, 36 de seconde et

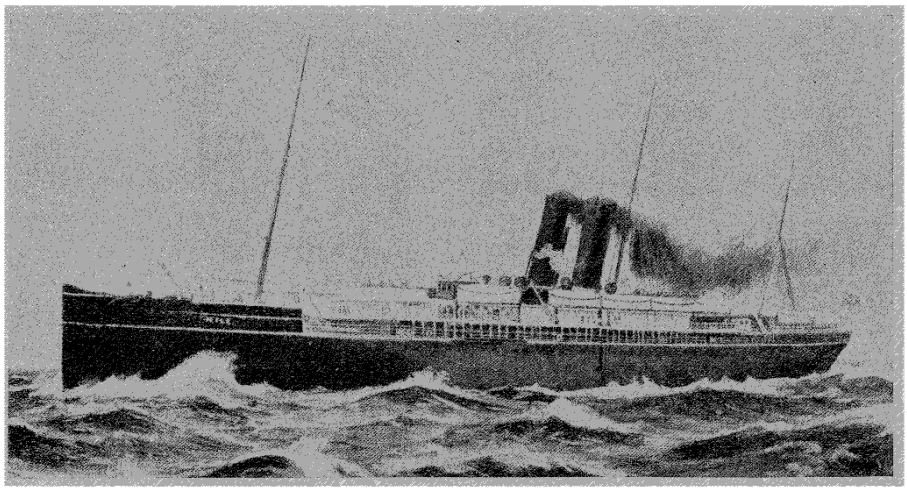


Fig. 47. — Le *Nile*.

350 émigrants. Les salons de première classe sont à l'avant, sauf le fumoir. La salle à manger principale, établie sur le pont supérieur, peut recevoir 107 passagers; une autre salle, installée au-dessous, sur le pont principal, en peut recevoir 69. Des soins spéciaux ont été apportés pour assurer la ventilation de toutes les parties du navire. Des machines spéciales actionnent les deux dynamos qui fournissent le courant de 100 volts et 165 ampères nécessaire pour l'éclairage du navire qui comporte 500 lampes.

La *Compagnie des Messageries Maritimes*, chargée du service postal pour le Brésil et la Plata, avec vitesse obligatoire de 14 nœuds, assure ce service au moyen de paquebots qui, en service courant, ont réalisé, en 1896, une vitesse moyenne de $14^{n},71$ et dont les principaux sont le *Chili*, la *Cordillère*, le *Brésil*, la *Plata*.

Ces navires, dont la coque est en acier, sont pourvus de machines à triple

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

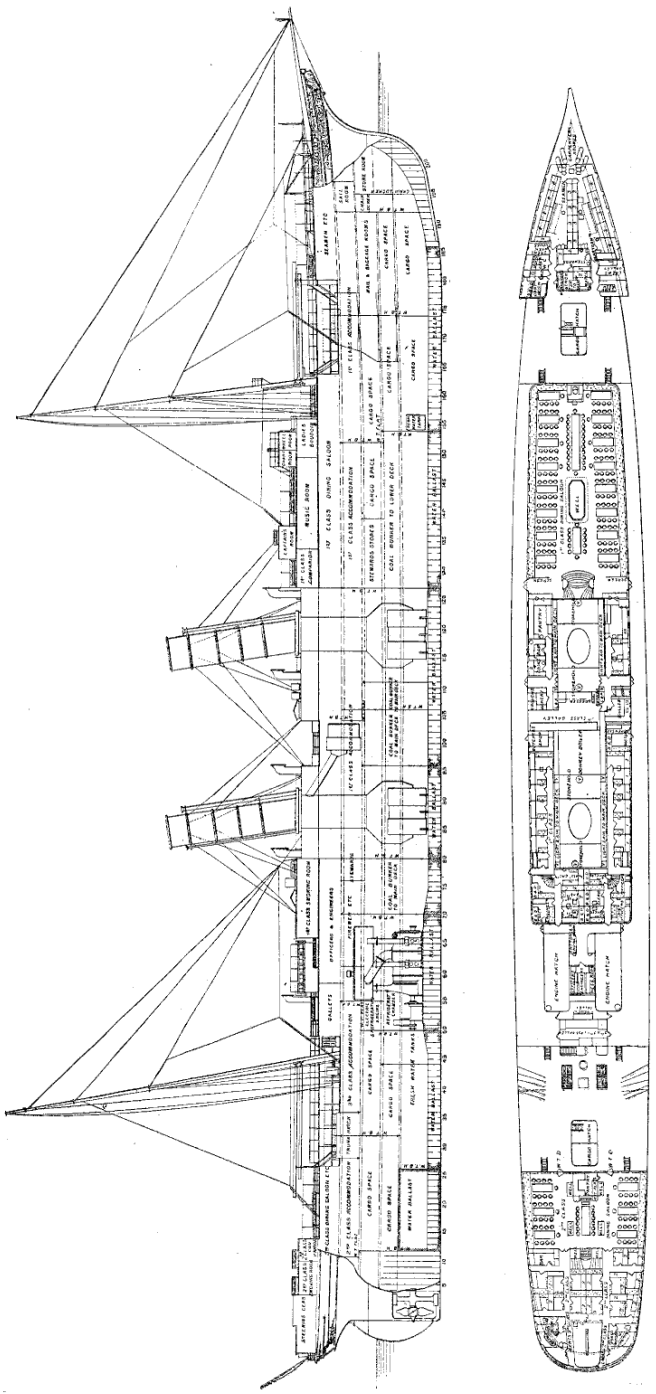


Fig. 48. — *Le Scot.*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

expansion recevant la vapeur de chaudières cylindriques. Leur puissance est de 6 000 chevaux pour les deux premiers et de 5 400 chevaux pour les deux autres.

Le *Scot*, construit pour la *South African Royal Mail C°*, par MM. Denny et C° à Dumbarton, a les dimensions suivantes :

	Mètres.
Longueur totale	152,40
— à la flottaison	140,20
Largeur	16,61
Creux	11,43
Tonnage	6 884 tonneaux.

La proportion entre la longueur et la largeur est exceptionnelle; elle est en effet de 1 p. 8,44, alors qu'elle est habituellement pour les paquebots rapides de 1 p. 9 et même 10.

Le *Scot* est tout entier en acier; la coque est pourvue d'un double fond avec compartiments pour 1 000 tonnes de water-ballast; elle est d'ailleurs divisée par 14 cloisons étanches, dont 10 s'élèvent jusqu'au pont supérieur. Ses soutes s'étendent sur toute la largeur du navire en avant et en arrière des chaudières et autour des machines. Elles peuvent recevoir 3 000 tonnes de charbon, c'est-à-dire plus qu'il n'en faut pour le voyage entier jusqu'au Cap. Au tirant d'eau normal de 7 mètres, le déplacement est de 10 000 tonnes.

Aux essais (juin 1891), la vitesse a été de 18n,8 par un temps défavorable, au régime de 80 tours et avec une puissance de 11 656 chevaux indiqués.

Le propulseur est une double hélice.

Les hélices sont à trois branches; elles ont 5m,33 de diamètre et 7m,62 de pas, et sont mises en mouvement par une machine à triple expansion dont les cylindres ont respectivement comme diamètre 0m,875, 1m,460 et 2m,337, avec une course du piston de 1m,524. Il y a un tiroir à piston pour le cylindre HP, deux pour le cylindre MP et un tiroir plat pour le cylindre BP.

La vapeur est fournie à 12 kilogrammes par six chaudières à double face avec 36 foyers. La surface de chauffe totale est de 2 133 mètres carrés et la surface de grille de 77m,98. Deux cheminées, s'élevant à 27m,43 au-dessus des grilles (et à 18m,30 au-dessus du pont-promenade) assurent le tirage.

Le *Scot* peut recevoir 204 passagers de première classe, 105 de deuxième classe, et 100 émigrants. Les salons des premières sont sur le pont-promenade, sauf la salle à manger qui est installée sur le pont principal. Cette salle peut recevoir 190 convives; elle est éclairée et ventilée par deux puits qui percent deux ponts et s'ouvrent sur le pont-promenade. Les passagers de première classe disposent de 33 chambres à lit unique, de 33 cabines à deux lits et de 35 chambres à trois lits.

Six ventilateurs électriques, mus par des moteurs, assurent la ventilation de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

toutes les parties du navire. Cinq de ces ventilateurs travaillent dans un plan horizontal : ils ont 0m,90 de diamètre, avec sortie de 0m,457 de diamètre et

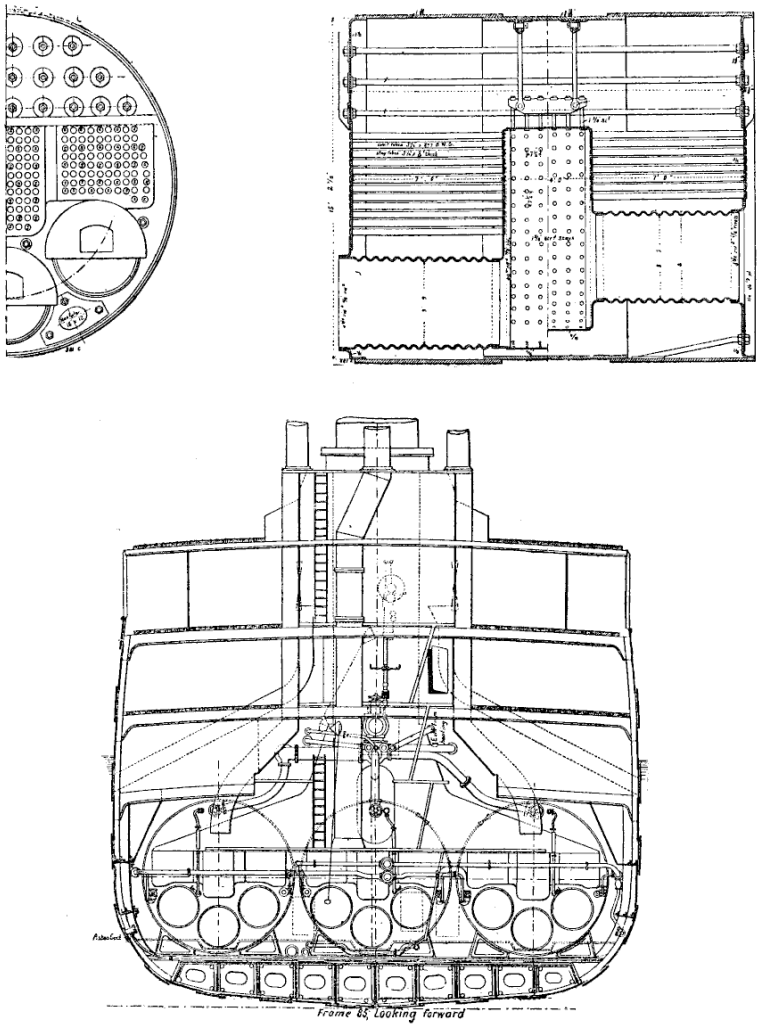


Fig. 49. — Chaudières cylindriques du *Scot*.

peuvent débiter 7000 mètres cubes d'air à l'heure. Le sixième ventilateur, de même puissance, agit dans un plan vertical.

Ces ventilateurs agissent, suivant les cas, tantôt pour aspirer l'air vicié, tantôt pour refouler de l'air frais. Une machine réfrigérante permet de fournir de l'air à — 50° C. qui est utilisé successivement pour faire de la glace, pour

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

entretenir la congélation des viandes, poissons et volailles, pour rafraîchir les boissons, etc., et, finalement, pour maintenir une température d'environ 4° dans la salle où sont conservés les légumes, fruits, etc. Des thermomètres spéciaux, répartis dans le navire, préviennent automatiquement le mécanicien, des élévations de température intempestives.

SERVICES DE L'ORIENT

PENINSULAR AND ORIENTAL STEAM NAVIGATION C°.

La *Peninsular and Oriental C°* est la plus ancienne des compagnies de navigation maritime; c'est en même temps la plus importante des Compagnies anglaises. Son premier paquebot, le *William Fawcett,* construit en 1829, ne jaugeait guère que 200 tonneaux avec une machine de 60 chevaux-vapeur. Chargée en 1837, par l'amirauté anglaise, du service postal entre Falmouth et Gibraltar, la *Peninsular and Oriental C°* étendit graduellement ses services de Gibraltar à l'Égypte, puis aux Indes, à la Chine et aussi à l'Australie; de sorte que, dès 1875, elle disposait d'une flotte représentant un tonnage de 3438 tonneaux et une puissance de 2050 chevaux-vapeur.

Cette flotte n'a fait que s'accroître depuis; en 1894, la *Peninsular and Oriental C°* lançait le *Caledonia,* construit par MM. Laird, et pourvu de machines d'une puissance de 11 000 chevaux-vapeur indiqués. Ce navire mesure 148 mètres de long sur 16m,46 de large et 10m,36 de creux; sa jauge brute est de 7560 tonneaux; sa vitesse, de 19 nœuds. Il a accompli le voyage entre Bombay et Brindisi en 10 jours 58 minutes (mars 1895), ce qui, pour un parcours de 3989 milles, donne une vitesse moyenne de 16n,5.

L'*India,* de construction plus récente, a servi de type pour trois autres paquebots : *Egypt, Arabia* et *China.* Ces quatre navires, les premiers à double hélice construits par la *Peninsular and Oriental C°*, n'auront pas coûté moins de 25 millions; ils n'auraient pu être construits sans le secours de l'État.

Les dimensions générales de l'*India* sont :

	Mètres.
Longueur	152,40
Largeur	16,46
Creux	12,42
Tonnage brut enregistré	8000 tonneaux.

La coque est tout entière en acier et le navire comporte cinq ponts : pont promenade, pont supérieur, pont principal, pont inférieur, faux pont. Le fond est construit suivant le principe cellulaire, pour water-ballast; l'intervalle entre

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

les deux parois est de 1m,26. Onze cloisons transversales, dont neuf s'élèvent jusqu'au pont supérieur, divisent la coque en compartiments étanches.

L'*India* peut recevoir 320 passagers de première classe, 160 de deuxième classe; son équipage est de 450 à 500 tonnes. Les installations pour passagers sont concentrées sur le pont principal et sur le pont supérieur. La salle à

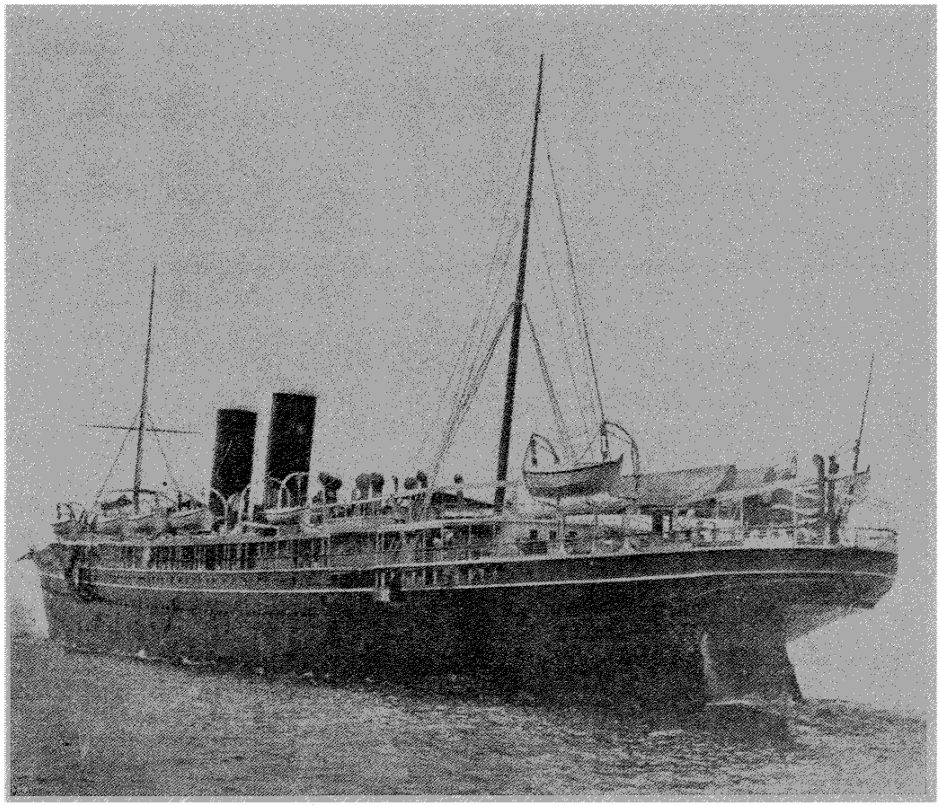


Fig. 50. — L'*India*.

manger se trouve sur le premier de ces ponts, en avant de la chambre de chauffe; cette salle a 24m,38 de longueur et occupe toute la largeur du navire; elle est éclairée et aérée par un puits central de 8m,85 de haut, fermé au-dessus du dernier pont par un dôme vitré. A l'extrémité arrière se trouve le grand escalier, qui conduit au pont supérieur et au pont-promenade. Les cabines de première classe sont surtout sur le pont principal; mais il y en a aussi sur le pont supérieur; elles sont de 2, 3 ou 4 lits.

Les aménagements pour les voyageurs de deuxième classe sont à l'arrière,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sur le pont principal ; leur salle à manger se trouve sur le pont supérieur. Un soin spécial a été apporté à la ventilation et aux installations sanitaires. L'éclairage est assuré par 780 lampes électriques de 16 bougies, auxquelles le courant est fourni par trois séries de machines de 40 chevaux-vapeur avec dynamos donnant 220 ampères sous 105 volts.

Le chargement de l'*India* consiste surtout en colis de poids modérés ; des grues hydrauliques sont réparties sur le pont pour assurer la manutention de ces colis. La force motrice pour le fonctionnement de ces grues est fournie par une pompe à vapeur à action directe du type compound vertical, avec condenseur de surface placé dans la grande salle des machines.

Une particularité de l'installation, c'est la présence d'un groupe de tuyaux en acier de $0^m,33$ de diamètre et $3^m,96$ de long, renfermant de l'air comprimé et servant d'accumulateur pour régulariser la marche de la machine.

Une grande partie de l'arrière est spécialement aménagée pour le transport des viandes gelées ; il existe en outre d'autres compartiments spacieux pour le transport de marchandises telles que fruits, beurre, etc. Une machine frigorifique Duplex, placée à l'extrémité arrière de la salle des machines, peut produire 2265 mètres cubes d'air à une température de — 10° à — 20° C. par heure ; chacune des deux parties peut fonctionner isolément en cas de réparation, et se compose d'un cylindre à vapeur, d'un compresseur à air, d'un cylindre de détente et d'une pompe à eau. Les machines, du système compound, emploient de la vapeur à $11^{kg},2$, et sont pourvues de condenseurs de surface contenus dans la plaque de fondation. L'air, puisé soit dans les chambres frigorifiques, soit à l'extérieur, si cela est nécessaire, est comprimé et envoyé dans le réfrigérateur placé dans la plaque de fondation ; l'air comprimé, en traversant les tubes de cet appareil, est ramené à peu près à la température de l'eau de circulation. De là il est envoyé au fond d'un château d'eau, où il entre en contact avec des pulvérisateurs d'eau qui le purifient avant son passage dans les tuyaux de séchage. La surface de ceux-ci étant soumise à l'action du courant d'air à basse température qui va des chambres à la machine, l'air comprimé subit un nouveau refroidissement. Ce n'est qu'ensuite qu'on le laisse se détendre (en utilisant sa détente comme force motrice) pour ramener sa température à — 10° ou à — 20°, après quoi il est distribué dans les différentes chambres frigorifiques.

Les machines de l'*India*, d'une puissance d'environ 10000 chevaux-vapeur, sont à triple expansion, avec 4 cylindres et 4 manivelles. Les diamètres des cylindres sont respectivement de $1^m,080$, $1^m,727$, $1^m,892$ et $1^m,892$, et la course du piston est de $1^m,829$. Les cylindres sont tous dans le même plan, ce qui entraîne à des dimensions plus considérables pour la chambre des machines, qu'avec la disposition en tandem. La vapeur est fournie, à la pression de $11^{kg},9$, par deux groupes séparés de chaudières cylindriques multitubulaires en acier,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dont trois à double face, avec 6 foyers chacun, et trois à simple face, avec 3 foyers, soit en tout 27 foyers de 1m,066 de diamètre.

Chaque groupe de chaudières évacue les produits de la combustion par une cheminée à double enveloppe. Le tirage induit, système Howden, est appliqué. C'est du reste la compagnie qui a été la première à appliquer ce mode de tirage à ses navires. L'air nécessaire est fourni par trois ventilateurs de 2m,44 de diamètre tournant à 250 tours par minute, et donnant ensemble 4 300 mètres cubes d'air par minute.

L'hélice est à quatre branches, en bronze au manganèse; la vitesse du navire dépasse 18 nœuds.

Les services allemands d'extrême Orient et d'Australie ont été créés par la loi du 6 avril 1885, renouvelée le 27 juin 1887 et le 20 mars 1893. Ces services sont confiés au *Norddeutscher Lloyd*, qui doit entretenir :

1° Un service bimensuel entre Brême et la Chine (Shangaï) (*via* Anvers, Southampton, Gênes, Naples, Port-Saïd, Suez, Aden, Colombo, Singapour, Hong-Kong), avec correspondance :

a) de Hong-Kong au Japon (Yokohama), toutes les 4 semaines.

b) de Singapour à la Nouvelle-Guinée toutes les 8 semaines.

La traversée Naples-Shanghaï doit être effectuée en 29 jours 11 heures, et celle de Port-Saïd à Hong-Kong en 22 jours 8 heures. La vitesse minimum, sur la ligne principale, doit être de 13 nœuds pour les anciens bateaux et de 14 nœuds pour ceux à construire.

2° Un service entre Brême et l'Australie (Sydney) toutes les 4 semaines, avec les mêmes escales que la ligne de Chine jusqu'à Colombo, d'où le service se poursuit par Freemantle, Adélaïde, Melbourne. La vitesse ne doit pas être inférieure à 12n,2 pour les anciens navires, et 13 nœuds et demi pour les nouveaux.

Ces services sont assurés par des bâtiments tels que le *Bayern*, le *Sachsen*, etc., qui fournissent des vitesses de 12 à 13 nœuds, et la série *Kœniyin-Luise, Barbarossa, Friedrich der Grosse,* de construction plus récente (1896), pourvus de machines à quadruple expansion d'une puissance totale de 7 000 chevaux, et qui naviguent à 14n,5, avec un déplacement de 18 000 tonnes.

MESSAGERIES MARITIMES

Fondée en 1851 pour l'exploitation des lignes postales de la Méditerranée, assurée jusqu'alors par des navires de l'État, la Compagnie des Messageries maritimes est la plus ancienne des grandes entreprises de navigation française. En 1854 elle coopéra activement au transport des troupes destinées à l'expédition de Crimée; en 1860 elle établit la ligne postale desservant le Portugal, le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Sénégal, le Brésil et la Plata, et deux ans plus tard elle inaugurait les lignes de l'Indo-Chine française et de la Chine, bientôt étendues jusqu'au Japon. Enfin, en 1882, elle assumait la tâche de relier directement la métropole à la Nouvelle-Calédonie et à l'Australie.

Les services actuels sont réglés de la façon suivante, d'après la convention du 30 juin 1886, complétée par la convention additionnelle du 5 novembre 1894.

1° Atlantique.

Ligne de paquebots de Bordeaux à la Corogne, Lisbonne, Dakar, Rio-de-Janeiro, Montevideo et Buenos-Ayres. (Départs de Bordeaux le vendredi, tous les 28 jours.)

Ligne de paquebots allant à Vigo, Lisbonne, Dakar, Pernambuco, Bahia, Rio-de-Janeiro, Montevideo et Buenos-Ayres. (Départs de Bordeaux tous les 28 jours.)

Ces deux lignes sont desservies par les paquebots *Cordillère*, *Chili*, *Brésil*, *la Plata* et *Portugal*.

Ligne commerciale desservant les ports du nord de l'Espagne, Porto-Leixoës, Lisbonne, le Brésil, Montevideo et Buenos-Ayres. (Départs de Bordeaux le vendredi, tous les 28 jours.)

Matériel affecté à cette ligne : *Charente*, *Matapan*, *Médoc* et *Cordouan*.

2° Méditerranée.

Lignes postales circulaires A *et* B, de Marseille au Pirée, Smyrne, Constantinople et Beyrouth, avec retour à Marseille, *via* Port-Saïd et Alexandrie — et, inversement, de Marseille à Alexandrie, Port-Saïd, Beyrouth, Smyrne, et Constantinople, avec retour à Marseille *via* Smyrne et le Pirée. (Départs de Marseille tous les jeudis.)

Ligne postale de Marseille à Alexandrie, Port-Saïd, Jaffa et Beyrouth. (Départs de Marseille le jeudi, de deux en deux semaines.)

Ces lignes sont desservies par les paquebots *Sénégal*, *Niger*, *Gironde*, *Sindh*, *Orénoque*, *Oxus*, *Congo* et *Équateur*.

Lignes commerciales de Marseille à Constantinople et aux ports de la mer Noire, desservant la Grèce, Smyrne, les Dardanelles, Constantinople, et aboutissant alternativement à Odessa, à Novorossisk et à Batoum. (Départs de Marseille tous les samedis.)

Ligne commerciale de Marseille au Havre et à Londres. (Départs de Marseille tous les vendredis.)

Matériel affecté à ces lignes : *Douro*, *Guadalquivir*, *Guadiana*, *Ortégal*, *Cambodge*, *Tigre*, *La Seyne*, *Nerthe*, *Baydad*, *Memphis* et *Sidon*.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

3° Services au delà de Suez.

INDO-CHINE

Ligne postale entre la France, l'Égypte, Djibouti, Colombo, Singapore, Saïgon, Hong-Kong, Shanghaï et le Japon. (Départs de Marseille le dimanche, tous les 28 jours.)

Ligne postale entre la France, l'Égypte, Aden, Bombay, Colombo, Singapore, Saïgon, Hong-Kong, Shanghaï et le Japon. (Départs de Marseille le dimanche, tous les 28 jours.)

Ces deux lignes sont desservies par les paquebots *Ernest-Simons*, *Calédonien*, *Melbourne*, *Natal*, *Océanien*, *Saghalien*, *Salazie*, *Sydney* et *Yarra*.

Lignes annexes (service postal) :

1° De Colombo à Pondichéry, Madras et Calcutta (comportant un voyage tous les 28 jours).

Desservie par le paquebot *Eridan*.

2° De Singapore à Batavia, prolongée jusqu'à Samarang. (Départs de Singapore et de Batavia toutes les deux semaines.)

Desservie par le paquebot *Godavery*.

Ligne annexe (facultative) de Bombay à Kurrachee et au golfe Persique. (Départs de Bombay tous les 28 jours.)

Desservie par le paquebot *Persépolis*.

Lignes coloniales subventionnées par le gouvernement général de l'Indo-Chine :

1° De Saïgon à Singapore. (Un voyage de deux en deux semaines.)

2° De Saïgon à Tourane et Haïphong. (Un voyage tous les 14 jours en correspondance avec les paquebots de la ligne principale.)

Matériel affecté à ces lignes : *Tamise*, *Manche*, *Aréthuse*, *Haïphong* et *Tibre*.

Service commercial. — Les vapeurs *Dordogne* et *Adour* sont affectés à des voyages commerciaux entre la France, l'Indo-Chine et les stations de l'extrême Orient.

4° Australie et Nouvelle-Calédonie.

Ligne postale entre la France, l'Égypte, Colombo, King Georges Sound, Adélaïde, Melbourne, Sydney et Nouméa. (Départs de Marseille le dimanche, tous les 28 jours.)

Desservie par les paquebots *Armand-Béhic*, *Australien*, *Polynésien* et *Ville-de-la-Ciotat*.

Ligne facultative de Sydney à Nouméa (comportant un voyage tous les 28 jours).

Desservie par le paquebot *Tanaïs*.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

5° Océan Indien.

COTE ORIENTALE D'AFRIQUE. MADAGASCAR. ILES MASCAREIGNES

Ligne postale entre la France, l'Égypte, Djibouti, Zanzibar, Mayotte, Majunga, Nossi-Bé, Diego-Suarez, Sainte-Marie, Tamatave, la Réunion et Maurice. (Départs de Marseille le 10 de chaque mois.)

Ligne postale entre la France, l'Égypte, Djibouti, Aden, Diego-Suarez, Tamatave, la Réunion et Maurice. (Départs de Marseille le 25 de chaque mois.)

Ces lignes sont desservies par les paquebots *Amazone*, *Ava*, *Djemnah*, *Peï-Ho*, *Iraouaddy* et *Yang-Tsé*.

Ligne annexe (service postal) de Nossi-Bé à Majunga et les escales de la côte ouest de Madagascar, jusqu'à Nos-Vey (baie de Saint-Augustin).

Desservie par le paquebot *Mpanjaka*.

(Cette ligne annexe comporte un voyage mensuel en correspondance avec le paquebot partant de Marseille le 10 de chaque mois).

Ligne annexe (facultative) de Diego-Suarez à Mozambique, Beira et Lourenço-Marquez.

Desservie par le paquebot *Alphée*.

(Cette ligne annexe comporte un voyage mensuel en correspondance avec le paquebot partant de Marseille le 25 de chaque mois.)

L'exploitation en 1896 a donné les résultats suivants :

	PARCOURS SUBVENTIONNÉS.	PARCOURS NON SUBVENTIONNÉS.	TOTAUX.
	Lieues marines.	Lieues marines.	Lieues marines.
Services de l'océan Atlantique..	»	152 239	152 239
Méditerranée et ligne de Marseille au Havre et à Londres.	103 763	167 191	270 954
Réseau de l'Indo-Chine..	223 757	57 171	280 928
Australie et Nouvelle-Calédonie.	99 953	17 870	117 823
Côte orientale d'Afrique, Madagascar et îles Mascareignes.	105 506	7 976	113 482
Totaux.	532 979	402 447	935 426

Passagers transportés..	153 811
Marchandises : { Colis transportés..	7 396 107
Marchandises : { Représentant en poids.	629 843 tonnes.
Espèces et valeurs.	171 239 599 francs.

Le tableau suivant montre d'ailleurs que la compagnie a rempli et au delà,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dans toutes les directions, les obligations qu'elle a contractées au point de vue de la vitesse moyenne annuelle des divers services.

	VITESSE OBLIGATOIRE.	VITESSE RÉALISÉE.
	nœuds	nœuds
Ligne d'Australie à la Nouvelle-Calédonie.	14	15,6
Lignes principales du réseau d'Indo-Chine.	13 et 13,50	13,54
Lignes de l'océan Indien.	12	12,43
Lignes de la Méditerranée.	13	13,13
Services annexes d'Indo-Chine.	12	12,19 et 12,51

Sur les lignes du Brésil et de la Plata, la vitesse moyenne annuelle est de 14n,71. Les principaux navires de la flotte sont les suivants :

	JAUGE BRUTE.	PUISSANCE des machines.	DATE DE MISE en service.
		1° *Ligne de l'Atlantique.*	
	tonnes	chevaux	
Cordillère.	6378	6000	1896
Chili.	6488	6000	1895
Brésil.	5876	5400	1889
La Plata.	5807	5400	1889
Charente (*cargo-boat*).	3834	2200	1889
		2° *Méditerranée.*	
Sénégal.	3716	2900	1872
Niger.	3726	2900	1872
		3° *Orient.*	
Laos.	6239	7200	1896
Ernest Simons.	5707	6000	1894
Calédonien.	4232	4000	1882
Saghalien.	4049	2900	1881
Melbourne.	4080	3400	1882
Dordogne (*cargo-boat*).	3806	2200	1889
		4° *Australie.*	
Armand-Béhic.	6537	7200	1892
Australie.	6507	7200	1890
Polynésien.	6506	7200	1891
		5° *Océan Indien.*	
Amazone.	3350	2400	1869
Ava.	3361	2400	1870
Iraouaddy.	3784	2900	1873

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Voici la description sommaire des principaux bateaux de la Compagnie :

La *Dordogne*, lancée le 4 décembre 1888, est employée, ainsi que les bateaux similaires *Charente* et *Adour*, sur les lignes commerciales.

Ses dimensions sont les suivantes :

Longueur de tête en tête	117m,240
Largeur	13m,144
Creux sur quille	10m,250
Puissance des machines	2200 chevaux
Déplacement	5924 tonneaux
Le volume total des cales et entreponts à marchandises est de	5900 m. c.
La vitesse aux essais a été de	13n,41

La vapeur est fournie par une chaudière cylindrique double à foyers opposés, timbrée à 10 kilogrammes. La longueur de chacun des deux corps de chaudière est de 5m,142 et leur diamètre est de 3m,760 ; il y a quatre foyers, de 1m,10 de diamètre intérieur, pour chaque corps, et la longueur des tubes, de 0m,073 de diamètre intérieur, est de 2m,203. La surface totale de grille est de 17m²,20 et la surface de chauffe de 520. Les soutes peuvent recevoir 800 tonnes de charbon.

La machine est à triple expansion ; sa puissance de 1 450 chevaux en service courant, peut atteindre une moyenne de 2 200 chevaux. Les diamètres respectifs des cylindres sont : HP, 0m,700 ; MP, 1m,120 ; BP, 1m,780, avec course commune des pistons de 1m,20. Le régime normal est de 60 tours à la minute. L'hélice, à quatre branches, a 4m,80 de diamètre et 5m,70 de pas.

Ces navires peuvent recevoir 12 passagers seulement de chambre, répartis dans quatre chambres à quatre lits installées à bâbord, au centre du navire, et 456 passagers d'entrepont répartis à l'avant et à l'arrière, soit au total 468.

L'*Armand-Béhic*, lancé le 26 avril 1891, a les dimensions suivantes :

Longueur de tête en tête	148m,50
Largeur	15m,268
Creux sur quille	11m,25
Puissance en chevaux de 75 kilos	7500 chevaux
Déplacement	9600 tonneaux
Capacité des soutes et entreponts	4100 m. c.
Aux essais, la vitesse a été de	17n,6

La vapeur est fournie par deux groupes de générateurs Belleville composés chacun de 10 générateurs à 6 éléments, et timbrés à 16 kilogrammes. Les tubes de 0m,125 de diamètre extérieur ont 2m,150 de long. La surface totale de grille est de 55m²,34 et la surface de chauffe atteint 2 143m²,25.

La machine, d'une puissance normale de 1000 chevaux, a donné aux essais 7500 chevaux ; en service courant, la puissance normale est de 4600 chevaux.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Cette machine est du type à triple expansion; les diamètres des cylindres sont : 1m,120 pour le HP, 1m,700 pour le MP et 2m,700 pour le BP; la course commune est de 1m,350. La vitesse de rotation aux essais a été de 82 tours en service courant; le régime normal est de 68 tours.

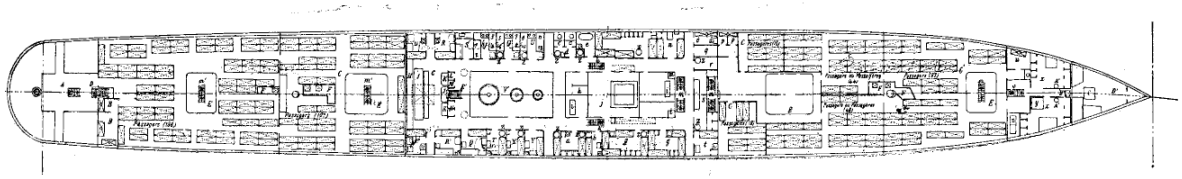


Fig. 51. — *Dordogne*, *Charente*, *Adour*.

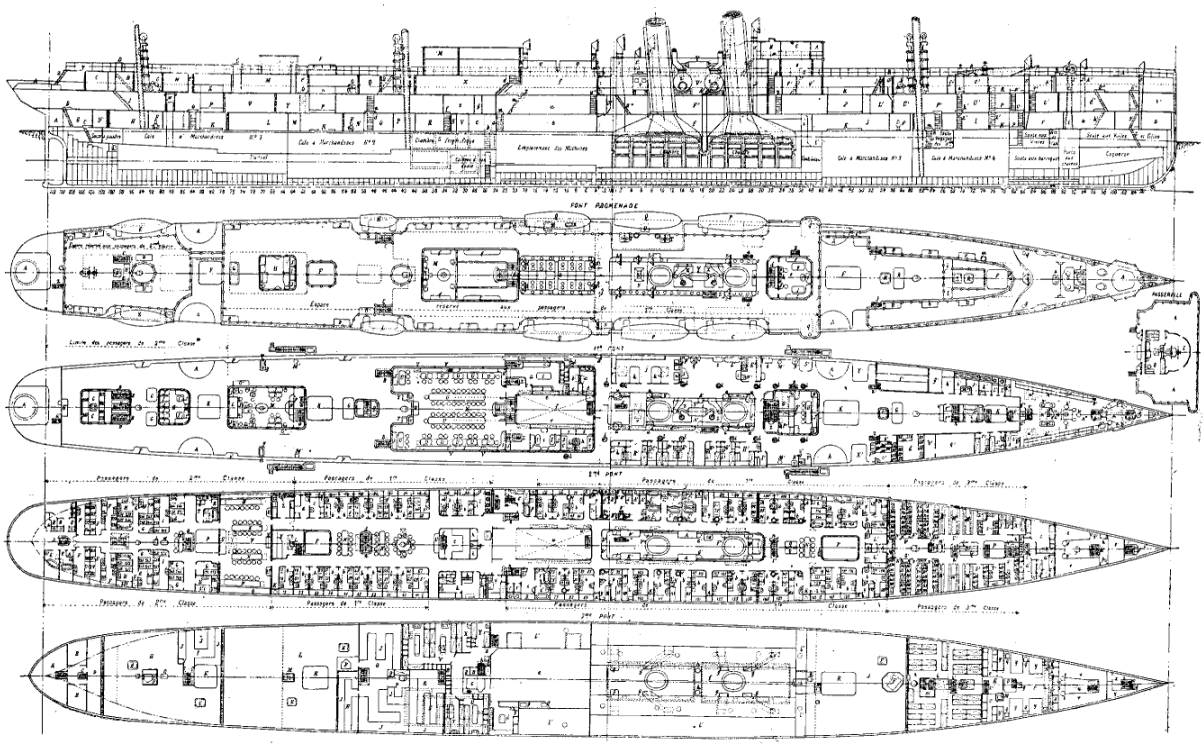


Fig. 52. — L'*Armand-Béhic*.

Le navire dispose de deux pompes à air à simple effet de 1m,220 de diamètre et de deux pompes alimentaires indépendantes de la machine et d'un débit normal de 43,43 chacune. Le condenseur, formé de tubes horizontaux de 1m,560, offre une surface de 1 104m²,77.

L'hélice a quatre ailes, son diamètre est de 6m,200 et son pas de 7m,200.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L'*Armand-Béhic* peut recevoir 347 passagers.
Son équipage se compose de 183 personnes ainsi réparties :

État-major	11	
Équipage	44	
Personnel des machines	79	(dont 64 indigènes).
— de service	33	— 9 —
Cuisine	16	
	183	

Le *Laos*, lancé le 8 novembre 1896, est le premier paquebot à deux hélices de la Compagnie des Messageries Maritimes ; il a été construit spécialement pour

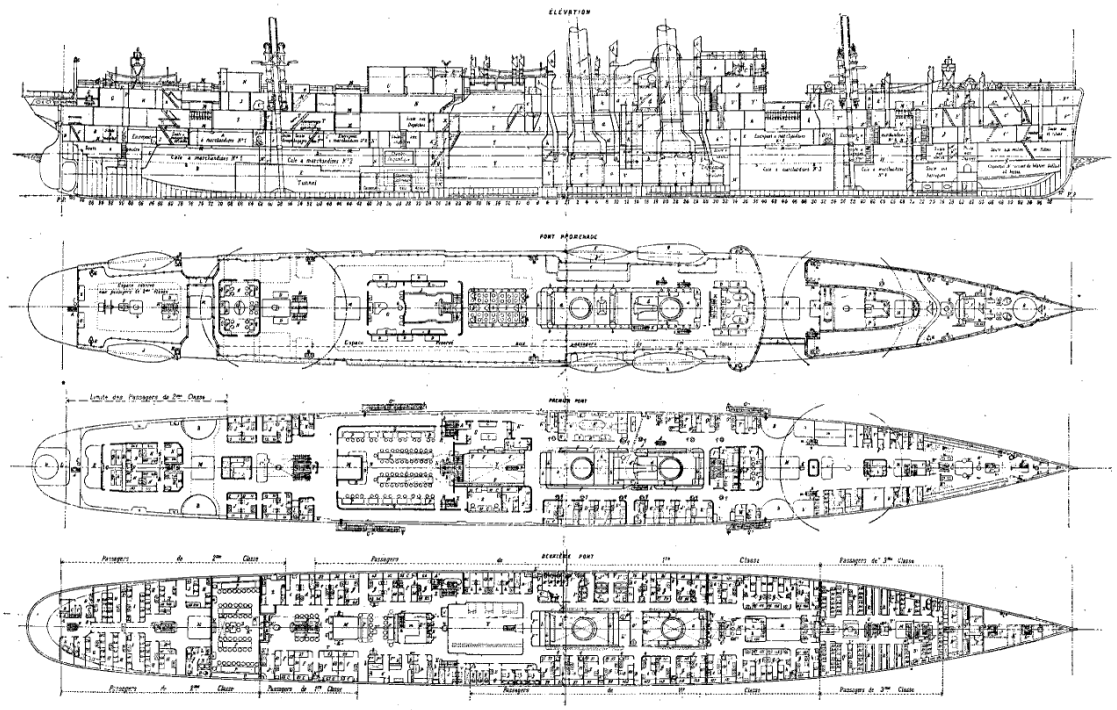


Fig. 53. — Le *Laos*.

le service de Chine sur les propres chantiers de la Compagnie à la Ciotat. Ses principales dimensions sont les suivantes :

Longueur de tête en tête	141m,66
Largeur	15m,50
Creux sur quille	11m

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le déplacement normal de ce navire est de 8 400 tonneaux, et aux essais, il a donné une vitesse de 18n,5 au régime de 100 tours. La vitesse moyenne, en service courant à 92 tours, est de 16 nœuds.

Les deux machines (une pour chaque hélice) sont à triple expansion et donnent une puissance totale de 7 200 chevaux. La vapeur leur est fournie à 11kg,25 par 12 chaudières Belleville (8 de 9 éléments et 4 de 8 éléments), agencées pour permettre le tirage forcé. Le type appliqué est un type nouveau. Les éléments vaporisateurs ne comportent plus que 6 ou 7 étages de tubes au lieu de 9 et 10, et les tubes supprimés sont remplacés par les éléments formés de tubes d'un diamètre plus petit placés dans le conduit de fumée au-dessus et à côté des éléments vaporisateurs. Ce deuxième faisceau, dit *économiseur*, contient exclusivement de l'eau. Les essais ont montré que, sans dépasser les combustions (actuellement admises à bord des grands navires) de 140 à 150 kilogrammes de charbon par mètres carré de grille et par heure, le type nouveau pouvait produire 1 300 à 1 400 kilogrammes de vapeur par mètre carré de grille.

Ce navire peut recevoir 298 passagers, se répartissant ainsi :

1re classe	130
2e —	90
3e —	78

La capacité de ses cales et entreponts est de 3 433 mètres cubes.

Les cabines de 1re classe offrent un confortable qui n'avait jamais été réalisé jusqu'ici ; elles sont disposées pour recevoir 2 passagers avec les lits au même niveau et toilette séparée pour chacun des deux occupants. La salle à manger, située sur le pont principal et bien éclairée, peut recevoir simultanément les 130 passagers de 1re classe.

L'approvisionnement du *Laos* pour chaque traversée comprend : 3 bœufs, 40 moutons, 2 veaux, 10 agneaux vivants, indépendamment des nombreuses provisions de viandes et de conserves. On y trouve 10 000 œufs, 9 000 kilos de glace, 4 500 kilos de riz pour l'équipage, 3 500 kilos de pommes de terre, 1 600 kilos de sucre, 580 kilos de fromages divers, 100 kilos de chocolat, 2 500 kilos de sel, 1 000 bouteilles d'huile et 300 litres de vinaigre. La volaille est représentée par 100 poulets vivants, 25 chapons vivants, 15 dindes vivantes, 30 pintades vivantes, 25 canards vivants, 50 pigeons vivants et 215 volailles mortes.

Nous terminerons par quelques notes sur les services continentaux établis pour franchir des petits bras de mer tels que les services établis contre l'Europe continentale et l'Angleterre, les services de Long-Island, ceux sur les grands lacs américains qui emploient des bateaux remarquables.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

CALAIS-DOUVRES

Le premier navire à vapeur qui ait fait le service entre Calais et Douvres fut le *Rob-Roy*, qui commença ses traversées en 1820. En 1822 parurent le *Sovereign* et le *Monarch* du côté des Anglais, et en 1823 le *Henri-IV* et le *Duc-de-Bordeaux* du côté des Français. Le service ne devint toutefois quotidien qu'en 1846; la vitesse des navires était d'ailleurs fort réduite : le *Firefly*, par exemple, construit en 1830, mettait généralement 3 heures pour accomplir la traversée. En 1846, l'*Onyx*, et la *Princess Alice*, bateaux plus grands, réduisirent la traversée à 2 heures.

Ce n'est qu'en 1854 que le service postal fut mis en adjudication. Le concessionnaire, M. Churchward, mit en service des bateaux rapides; deux de ces bateaux, le *Frederich William* et le *John Penn*, mesuraient 54m,90 sur 6m,10 et développaient 700 à 800 chevaux-vapeur; ils firent fréquemment la traversée en 85 à 95 minutes.

L'ouverture de la ligne de chemin de fer Londres-Chatham-Douvres, en 1861, provoqua de nouvelles améliorations du service maritime. Le *Maid of Kent* et le *Samphire* en 1861, le *Foam* et le *Pétrel* en 1862, le *Breeze* et le *Wave* en 1863, la *France* et le *Prince* en 1864, furent successivement ajoutés à la flotte.

Cet effort fut suivi d'une nouvelle accalmie; jusqu'en 1882, les dimensions des bateaux ne furent pas sensiblement augmentées; à cette date parut l'*Invicta*, de 95m,10 de long sur 7m,16 de large, d'un tonnage brut de 1282 tonneaux de registre et d'une puissance normale de 700 chevaux. En 1886 ce fut le tour du *Victoria*, puis en 1887 celui de l'*Empress* et en 1889 du *Calais-Douvres*, dont les dimensions sont données ci-après :

	TONNAGE.	LONGUEUR.	LARGEUR.	ENFONCEMENT.	PUISSANCE.	DURÉE de la traversée.
		m	m	m	chx	
Victoria..	1030	99,18	10,38	3,86	4000	1 heure
Empress..	1213	99,41	10,38	4,08	4000	—
Calais-Douvres. . .	»	99,41	»	»	6500	—

Une convention récente, approuvée par la loi du 13 juin 1895 a chargé la Compagnie française des chemins de fer du Nord d'assurer le service postal entre Calais et Douvres. Pour remplir ses engagements, la Compagnie du Nord

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

a mis aussitôt en chantier, aux *Ateliers et Chantiers de la Loire*, deux paquebots à roues dont voici les principales dimensions :

Longueur totale	103m »
Largeur hors tambours	20m,80
Largeur au fort	10m,60
Creux sur quille	4m,95
Tirant d'eau en flottaison normale	2m,75

La coque, entièrement en acier, est divisée en 9 compartiments étanches. Il y a trois ponts : pont-promenade, pont principal et deuxième pont; le fumoir et 16 cabines, dont 4 de luxe, sont installés sur le pont principal, tandis que les salons et le restaurant sont sur le deuxième pont.

Le premier de ces navires : le *Nord*, a été lancé le 27 septembre 1896. Sa machine, à triple expansion avec trois cylindres, peut donner 7000 chevaux et assurer une vitesse de 21 à 22 nœuds. La vapeur est fournie par 12 corps de chaudières aquitubulaires du type Lagrafel et d'Allest, répartis en 2 chaufferies. Le *Nord* pourra recevoir 390 voyageurs de 1re classe et 260 de 2e classe; son équipage sera de 38 hommes et il effectuera la traversée en moins d'une heure.

SERVICES AMÉRICAINS

Le grand bras de mer qui s'étend entre la presqu'île de *Long Island* et les États de New-York et du Connecticut, connu sous le nom de *Long Island Sound*,

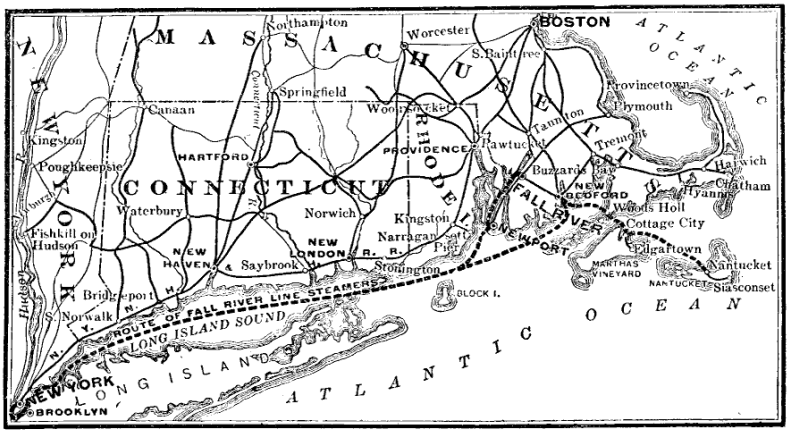


Fig. 54. — *Fall River Line.*

a été depuis longtemps desservi par des bateaux à vapeur. Dès 1817, le steamer *Firefly* faisait le service entre Newport et Providence, accomplissant le trajet en 28 heures, et en juillet 1822 la *Rhode Island and New-York Steamboat Co*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

commença un service régulier entre Providence et New-York, avec escale à Newport dans les deux sens.

La construction des chemins de fer reliant entre elles les diverses localités situées sur la côte ne fit qu'exciter la concurrence des bateaux, et en 1866 M. Webb construisit deux paquebots, *Bristol* et *Providence*, qui dépassaient de beaucoup leurs prédécesseurs à tous égards.

Les dimensions de la *Providence* étaient : longueur 114^{m},30, largeur 25^{m},30, creux 4^{m},88. La machine, à cylindre unique de 2^{m},80 de diamètre et 3^{m},60 de course, avec condenseur de surface, donnait une puissance de 2900 chevaux-vapeur. La vapeur était fournie par trois chaudières tubulaires à retour de flamme. Il y avait 223 cabines, et tout le bateau était éclairé au gaz et chauffé par la vapeur. Ces navires avaient coûté plus de 5 millions de francs chacun; la Compagnie qui les avait construits fit de mauvaises affaires et dut les vendre.

Le *Pilgrim*, construit en 1883 pour le service entre New-York et Fall-River, mesure 118^{m},90 de long, 26^{m},80 de large et 5^{m},63 de creux. Il est construit en fer, suivant le système cellulaire, c'est-à-dire avec deux enveloppes, l'intervalle entre celles-ci étant divisé en 96 compartiments étanches. A l'intérieur du navire, chaque compartiment dans lequel il est fait usage du feu est entouré de cloisons en fer. Le bateau est éclairé à la lumière électrique.

Le *Puritan*, lancé en juillet 1888, est plus grand, plus puissant et mieux aménagé encore. Il mesure 125 mètres de long, 27^{m},73 de large et 6^{m},50 de creux. La puissance de ses machines est de 7500 chevaux-vapeur. Ces machines sont du type compound à balancier; le cylindre HP mesure 1^{m},90 de diamètre, avec course de 2^{m},74; celui BP, 2^{m},79, la course étant de 4^{m},27. Un condenseur de surface est placé directement sous les deux cylindres; il est alimenté par 2 pompes centrifuges indépendantes. Les roues ont 10^{m},66 de diamètre, elles pèsent chacune 100 tonnes, sans les arbres.

La machine du *Puritan* est sans doute la plus grande du monde, c'est-à-dire qu'aucune autre machine ne développe autant de puissance avec une seule paire de manivelles. On ne saurait se faire une idée de l'impression que l'on ressent à voir tourner avec régularité et sans choc, à la vitesse de 23 tours à la minute, ces énormes manivelles de 40 tonnes chacune, actionnant des roues de 100 tonnes et faisant osciller l'énorme balancier au sommet d'un bâti gigantesque.

La vapeur est fournie par huit chaudières tubulaires à retour de flamme du type Redfield, avec une surface de grille de 78^{m2},96 et une surface de chauffe totale de 2415 mètres carrés.

En général, le *Puritan* n'utilise pas toute la puissance de ses machines; il a eu cependant occasion de le faire le 26 mai 1893, entre le phare de Stratford Shool et la bouée à sifflet de Point Judith, sur une distance de 140 kilomètres environ, qu'il a parcourue en 4 heures et 2 minutes (21 nœuds 5 huitièmes) la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

machine tournant à 22,8 de tours et la puissance développée étant de 7 700 chevaux-vapeur.

Le *Plymouth*, construit en 1890, est plus petit que le *Puritan*, mais il est tout

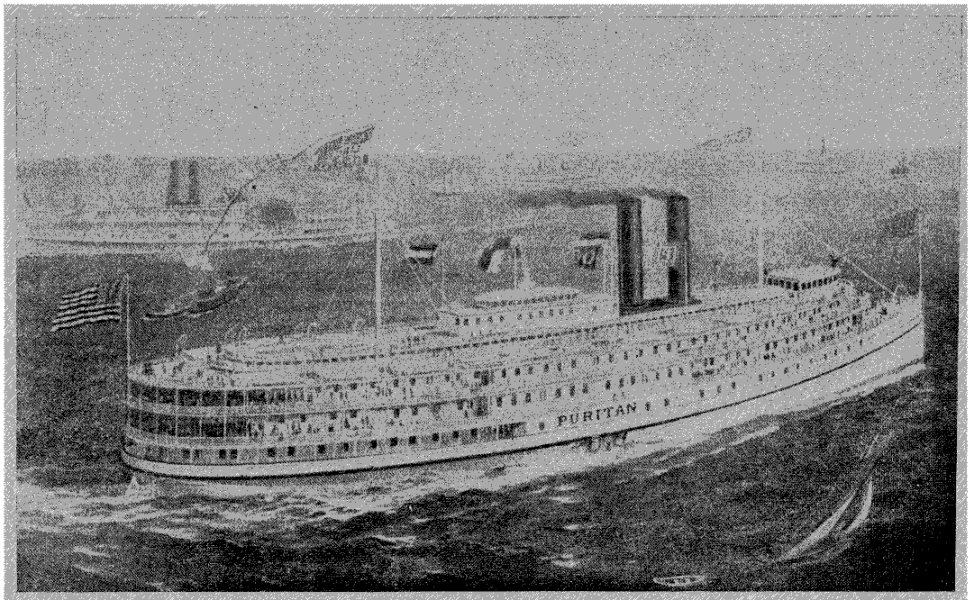


Fig. 55. — Le *Puritan*.

aussi confortable. La machine à balancier y est remplacée par une machine à cylindre incliné.

Le dernier construit est le *Priscilla*, plus grand que le *Puritan* et pourvu d'une double machine compound inclinée alimentée, par des chaudières écossaises. Ses dimensions sont les suivantes :

Longueur totale	134m,26
Largeur à la flottaison	129m,07
Largeur sur les gardes	28m,35
Largeur de coque	16m,05
Creux	6m,24
Tirant d'eau à vide	3m,81
Tonnage enregistré	5398

La machine a deux cylindres HP de 1m,30 de diamètre et deux cylindres BP de 2m,41 de diamètre, avec course commune de 3m,35. Chacun des cylindres BP a sa propre pompe à air actionnée directement et son propre condenseur de surface avec deux pompes centrifuges indépendantes. Il y a deux paires de manivelles, un cylindre HP et un BP étant reliés à chaque paire. Les roues sont du

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

même type que celles du *Puritan* et de dimensions analogues. La vapeur est fournie par dix chaudières écossaises donnant de la vapeur à $7^{kg},4$; ces chaudières, de $4^{m},27$ de diamètre et $4^{m},40$ de long, sont pourvues de foyers ondulés et de tubes Serve; elles donnent une surface de grille totale de 80 mètres carrés et une surface de chauffe de 3250 mètres carrés, et sont disposées pour l'emploi du tirage forcé si besoin est. Ordinairement, neuf chaudières seulement sont en service.

La machinerie du *Priscilla* a été prévue pour développer 8500 chevaux-vapeur; mais, comme pour le *Puritan*, la puissance totale n'a été utilisée qu'une fois, le 20 juin 1894 : la distance entre Newport et New-York (256 kilomètres)

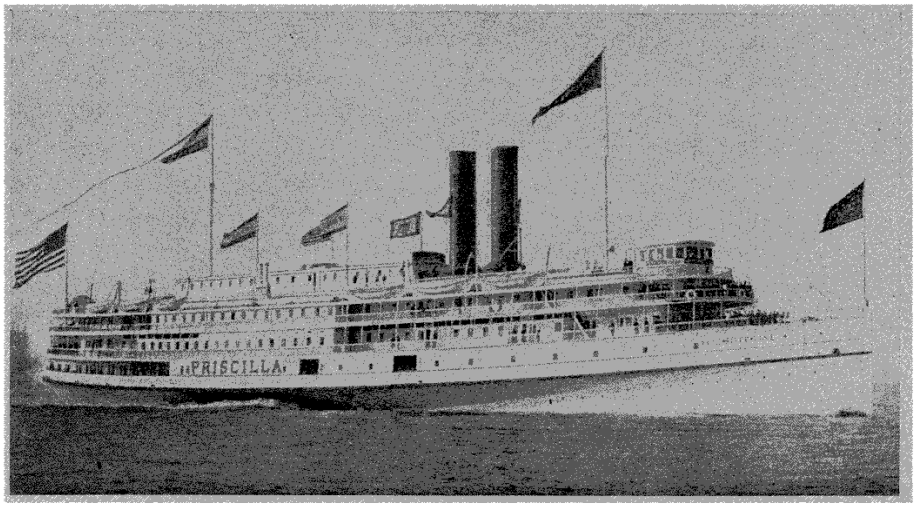


Fig. 56. — Le *Priscilla*.

a été franchie en 7 heures et demie; une partie de ce trajet (140 kilomètres) a été accomplie à la vitesse moyenne de $22^{n},09$. La machine marchait à 23,6 tours à la minute et développait 9000 chevaux-vapeur.

Les installations sont des plus luxueuses, et ces navires sont de véritables palais flottants. La salle à manger, établie sur le pont principal, au-dessus de la ligne de flottaison, peut recevoir 325 personnes à la fois; elle est pourvue de larges baies et décorée dans le style indien. Au delà, vers l'arrière, se trouvent deux petites salles à manger pouvant recevoir douze personnes, puis, à la suite, un salon pour dames. Vers l'avant se trouvent l'office, le cellier et la cuisine, où les serviteurs peuvent prendre leurs repas.

Toutes sortes de précautions sont prises pour la sécurité des passagers;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

malgré cela, le bateau porte 1700 ceintures de sauvetage, 12 canots de sauvetage et 12 chaloupes.

L'éclairage à bord ne comporte pas moins de 1900 lampes électriques et 72 kilomètres de fil. L'équipage est composé de 230 hommes.

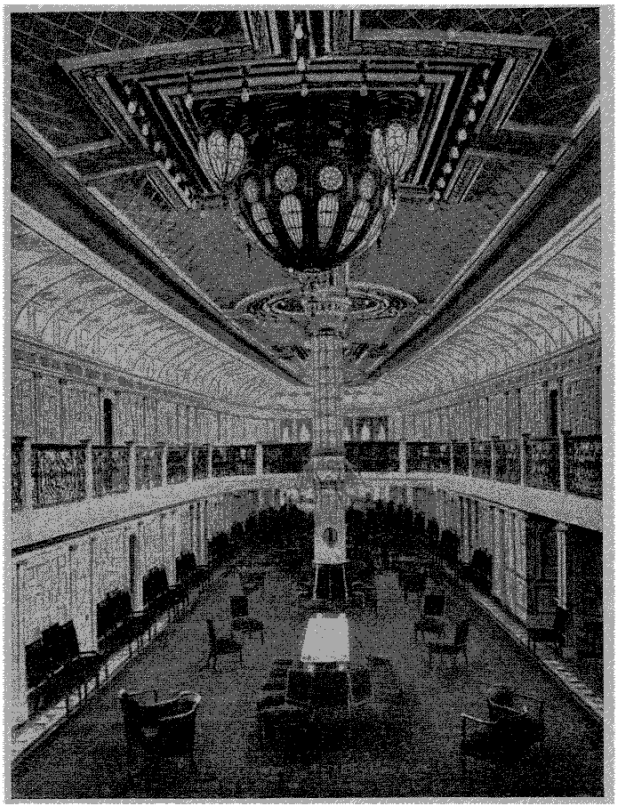


Fig. 57. — Salon du *Priscilla*.

Nous citerons encore les paquebots tels que le *Northwest* et le *North Land* qui font le service sur les grands lacs entre Buffalo et Duluth, sur une distance de 1760 kilomètres.

Ces navires ont été construits par les *Globe Iron Works*, de Cleveland (Ohio). Leur longueur est de 117^{m},65, leur largeur de 13^{m},40 et leur profondeur, du pont supérieur à la quille, de 10^{m},36, non compris les cabines supérieures. Ils doivent faire le voyage Buffalo-Duluth, avec escale à Cleveland, Detroit, île Mackinac, Sault Sainte-Marie, en 60 heures et pouvoir transporter 500 voyageurs.

Vingt-huit chaudières Belleville fournissent la vapeur nécessaire à 5^{kg},6 ; elles sont placées de telle sorte que les foyers soient du côté extérieur du navire,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

près des soutes, qui peuvent recevoir 1 000 tonnes de charbon. Chaque navire est pourvu de deux hélices indépendantes actionnées chacune par une machine à quadruple expansion donnant 3 500 chevaux-vapeur de force, de sorte que la puissance pour chaque navire est de 7 000 chevaux. Les propulseurs, en tournant à la vitesse de 120 tours à la minute, donnent au navire une vitesse d'environ 22 nœuds. Les hélices sont à quatre branches et elles ont $3^{m},96$ de diamètre.

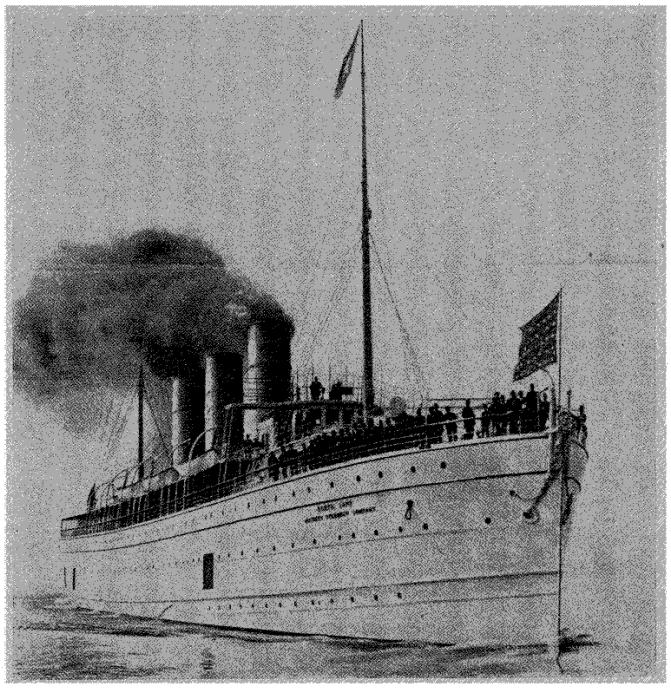


Fig. 58. — Le *North Land*.

L'éclairage électrique comporte 200 lampes de 16 bougies, plus un projecteur de 100 000 bougies, qui a servi à l'Exposition de Chicago sur le palais des Arts libéraux. Le navire comporte aussi des compartiments frigorifiques et une machinerie spéciale, qui, tout en maintenant les compartiments frigorifiques à la température convenable, fabrique 500 kilos de glace par jour pour les divers besoins du bord.

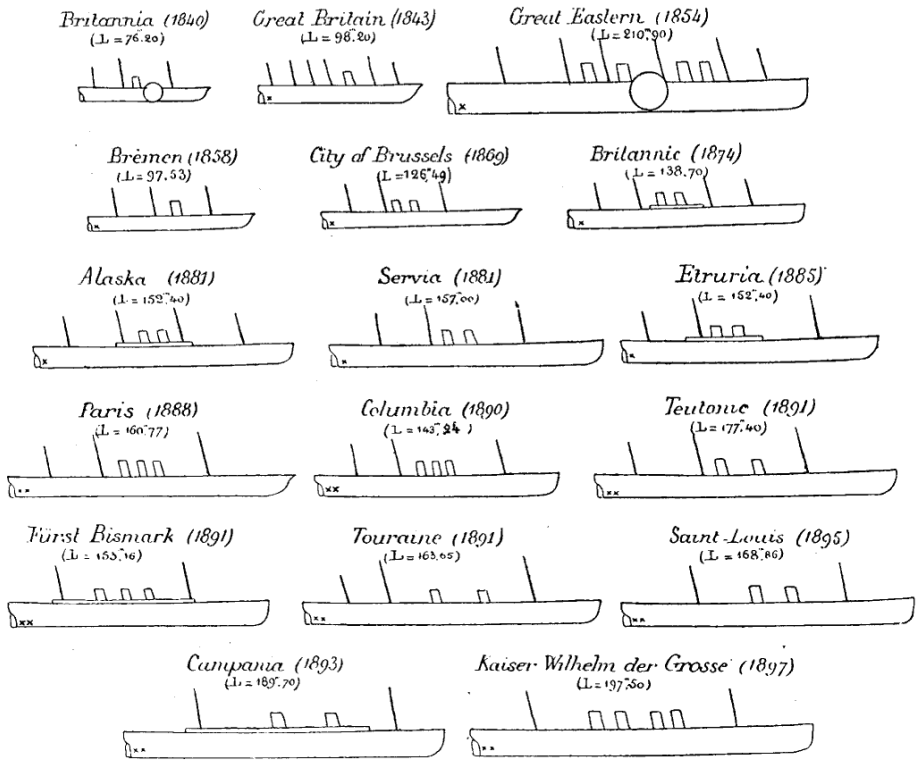
Les installations pour passagers sont des plus confortables; elles comportent un luxe qui leur permet de rivaliser avec celles des plus beaux transatlantiques. La salle à manger peut recevoir 150 personnes à la fois; les cabines de première, disposées en une double ligne de chaque côté du navire, sont très joli-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ment agencées, bien éclairées et ventilées. Chaque cabine a sa lampe et sa sonnerie électrique. Le fumoir est placé à l'avant du navire et disposé de manière que les voyageurs jouissent librement de la vue en avant et sur les côtés du navire.

ANNEXES

I. — DIAGRAMMES



Les principaux transatlantiques (profils schématiques).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les principaux transatlantiques. (Éléments essentiels.)

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

II. — TRAVERSÉES TRANSATLANTIQUES LES PLUS RAPIDES, DE 1840 A 1898

DATES	NOM DU BATEAU	PROPRIÉTAIRE	DATE de construction	DIMENSIONS DU NAVIRE			PUISSANCE des machines. (ch. indiq.).	DURÉE DE LA TRAVERSÉE			TRAVERSÉE		DISTANCE en milles marins.	VITESSE moyenne en nœuds.
				Long. m.	Larg. m.	Creux. m.		jours.	heures.	minutes.	de	à		
1° d'Europe en Amérique.														
Juillet 1840..	**Britannia. . .**	Cunard.	1840	76,20	10,46	6,80	740	14	8	»	Liverpool.	Boston.	2 755	[8
Août 1840 . .	**Acadia . . . .**	d°	1840	76,20	10,46	6,80	740	11	4	»	d°	Halifax.	2 487	9,3
1846.	**Europa . . . .**	d°	1848	76,50	11,58	7,62	680	11	3	»	d°	New-York.	3 017	11,3
Août 1852. .	**Baltic. . . . .**	Collins.	1850	91,44	13,72	9,57	2 000	9	13	»	d°	d°	3 054	13,3
Juin 1857 . .	**Persia . . . .**	Cunard.	1855	121,31	13,72	9,45	3 300	9	21	41	Queenstown	d°	3 070	12,9
1864.	**Scotia . . . .**	d°	1862	115,50	14,30	9,10	4 000	8	15	45	d°	d°	2 783	13,4
Juillet 1866..	**d° . . . .**	d°	1862	115,50	14,30	9,10	4 000	8	4	34	d°	d°	2 851	14,5
Mai 1872 . .	**Adriatic . . .**	White Star.	1871	133,20	12,20	9,45	»	7	23	17	d°	d°	2 778	14,5
Septem. 1875.	**City of Berlin**	Inman.	1875	148,74	13,41	10,36	5 200	7	18	2	d°	d°	2 829	15,2
Nov. 1876. .	**Britannic. . .**	White Star.	1874	138,70	13,70	10,10	5 000	7	13	11	d°	d°	2 795	15,4
Avril 1877. .	**Germanic. . .**	d°	1875	138,70	13,70	10,10	5 000	7	11	37	d°	d°	2 830	15,7
Août 1877. .	**Britannic. . .**	d°	1874	138,70	13,70	10,10	5 000	7	10	53	d°	d°	2 802	15,7
Mai 1880 . .	**Arizona. . . .**	Guion.	1879	141,40	14	11,30	6 300	7	10	47	d°	d°	2 761	15,4
Avril 1882. .	**Alaska . . . .**	d°	1881	152,40	15,24	11,58	11 000	7	6	43	d°	d°	2 803	16
Août 1884. .	**Orégon. . .**	d°	1883	152,40	16,50	12,20	13 500	6	9	42	d°	d°	2 792	18,1
Mai 1885 . .	**Etruria. . . .**	Cunard.	1884	152,40	17,37	12,19	14 300	6	5	31	d°	d°	2 821	18,9
Mai 1887 . .	**Umbria. . . .**	d°	1884	152,40	17,37	12,19	14 300	6	4	42	d°	d°	2 810	18,9
Mai 1888 . .	**Etruria. . . .**	d°	1884	152,40	17,37	12,19	14 300	6	1	55	d°	d°	2 855	19,4
Sept. 1889. .	**City of Paris II.**	Inman.	1888	160,77	19,20	13,10	18 500	5	19	18	d°	d°	2 788	20
Août 1891. .	**Teutonic . . .**	White Star.	1889	172,20	17,37	12,80	18 000	5	16	31	d°	d°	2 778	20,3
Octobre 1892.	**City of Paris II.**	Inman.	1888	160,77	19,20	13,10	18 500	5	15	2	d°	d°	2 782	20,6
Mai 1893 . .	**Majestic . . .**	White Star.	1889	172,42	17,57	11,96	18 000	5	17	24	d°	d°	2 861	20,82
Octobre 1893.	**Campania. . .**	Cunard.	1893	182,88	19,81	12,65	30 000	5	13	44	d°	d°	2 786	20,83
Octobre 1894.	**Lucania. . . .**	d°	1893	182,88	19,81	12,65	30 000	5	7	50	d°	d°	2 779	21,74
Sept. 1897. .	**Kaiser Wilhelm . .**	Norddeutscher Lloyd.	1897	190,50	20,10	13,10	28 000	5	22	18	Southampt.	d°	3 050	21,39
Mars 1898. .	**Kaiser Wilhelm . .**	d·	1897	190,50	20,10	13,10	28 000	»	»	»	d°	d°	»	21,95
Mars 1898: .	**Lucania . . .**	Cunard.	»	»	»	»	»	»	»	»	Queenstown	d°	»	22,92

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

II. — TRAVERSÉES TRANSATLANTIQUES LES PLUS RAPIDES, DE 1840 A 1898

DATES	NOM DU BATEAU	PROPRIÉTAIRE	DATE de construction	DIMENSIONS DU NAVIRE			PUISSANCE des machines. (ch. indiq.).	DURÉE DE LA TRAVERSÉE			TRAVERSÉE		DISTANCE en milles marins.	VITESSE moyenne en nœuds.
				Long. m.	Larg. m.	Creux. m.		jours.	heures.	minutes.	de	à		
2° d'Amérique en Europe.														
Juillet 1841..	**Britannia** . .	Cunard.	1840	76,20	10,46	6,80	740	10	»	»	Halifax.	Liverpool.	2 573	10,7
d°	**Acadia**	d°	1840	76,20	10,46	6,80	740	9	21	»	d°	d°	2 534	10,7
Mai 1851 . .	**Pacific**	Collins.	1850	91,43	13,72	9,57	2 000	9	20	26	New-York.	d°	3 078	13
1856	**Persia**	Cunard.	1855	121,31	13,72	9,45	3 600	9	1	45	d°	Queenstown	2 732	13,5
Déc. 1863 . .	**Scotia**	d°	1862	115,50	14,30	9,10	4 000	8	3	»	d°	d°	2 731	14
Déc. 1869 . .	**City of Brussels**	Inman.	1869	126,49	12,26	8,25	3 000	7	22	3	d°	d°	2 786	14,7
Janvier 1873.	**Baltic,**	White Star.	1850	91,44	13,72	9,57	2 000	7	20	9	d°	d°	2 843	15,1
Octobre 1875.	**City of Berlin**..	Inman.	1875	148,74	13,41	10,36	5 200	7	15	28	d°	d°	2 820	15,4
Février 1876.	**Germanic**. . .	White Star.	1875	138,70	13,70	10,10	5 000	7	15	17	d°	d°	2 894	15,8
Déc. 1876 . .	**Britannic**. . .	d°	1874	138,70	13,77	10,23	5 000	7	12	41	d°	d°	2 882	16
Juillet 1879..	**Arizona**. . . .	Guion.	1879	141,40	14	11,30	6 300	7	8	11	d°	d°	2 810	16
Juin 1882 . .	**Alaska**	d°	1881	152,40	15,24	11,58	11 000	6	22	»	d°	d°	2 791	16,8
Juin 1884 . .	**America** . . .	National.	1884	139,90	15,61	10,97	9 500	6	14	8	d°	d°	2 815	17,8
Août 1884. .	**Orégon**	Guion.	1883	152,40	16,50	12,20	13 500	6	11	9	d°	d°	2 853	18,3
Mars 1887 . .	**Etruria** . . .	Cunard.	1884	152,40	17,37	12,19	14 300	6	4	36	d°	d°	2 890	19,4
Mai 1889 . .	**City of Paris** .	Inman.	1888	160,59	19,30	12,80	18 500	6	»	29	d°	d°	2 894	20
Déc. 1889 . .	**d°**	d°	1888	160,59	19,30	12,80	18 500	5	22	50	d°	d°	2 784	19,5
Octobre 1891.	**Teutonic** . . .	White Star.	1889	172,20	17,37	12,80	18 000	5	21	3	d°	d°	2 790	19,8
Mars 1894. .	**Lucania**. . . .	Cunard.	1893	182,88	19,81	12,65	30 000	5	13	14	d°	d°	2 900	21,77
Mai 1895 . .	**Lucania**. . . .	d°	1893	182,88	19,81	12,65	30 000	5	11	40	d°	d°	2 897	22,0
Nov. 1897 . .	**Kaiser Wilhelm** . .	Norddeutscher Lloyd.	1897	197,50	20,10	13,10	28 000	5	17	8	d°	Southampt.	3 065	22,35

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

III. — LES PRINCIPAUX TRANSATLANTIQUES

A) Lignes Américaines.

	Vanderbilt.	Adriatic.	Ohio, Indiana, Pennsylvania, Illinois.	Berlin (1).	New York (1) (Paris).	Saint-Louis (St-Paul).
Construction.						
Date	1855	1857 (Collins).	1872	1875	1888	1895
Lieu	New-York.	Steers, à New-York.	Cramp, à Philadelphie	Greenock.	Thomson à Glascow.	Cramp à Philadelphie
Coque	Bois.	Bois.	Fer.	Acier.	Acier.	Acier.
Dimensions.						
Longueur totale. . . . . mèt.	100,88	108,20	»	»	171,60	168,86
— à la flottaison. —	»	106,70	104,50	148,74	160,77	163,27
Largeur . . . . . —	14,47	15,25	13,10	13,41	19,20	19,20
Creux . . . . . —	7,47	10	10,50	10,36	13,10	12,80
Tonnage brut.	3 700	3 670	3 119	5 500	10 000	»
Vitesse.						
Aux essais. . . . . nœuds.	»	»	»	16,0	21,8	22,3
Moyenne en serv. p. 1896 —	»	»	»	13,6	18,55 (17,66)	18,90 (18,99)
— — 1897 —	»	»	»	14,5	18,01 (18,10)	19,35 (18,97)
Machines.						
Puissance. . chev. indiqués.	2 000	2 500	»	5 200	18 500	20 000
Type.	Basse pression.	2 cylindres oscillants.	Compound.	Compound. (2)	Triple expansion.	Quadruple expansion.
Diamètre des cylindres. HP. . . mèt.	»	»	1,448	1,83	1,143	0,713
Diamètre des cylindres. MP. . . —	2,25	2,54	»	»	1,803	1,37
						1,92
Diamètre des cylindres. BP. . . —	»	»	2,286	3,05	2,870	1,92
Course du piston.	3,64	3,65	1,219	1,536	1,524	1,524
Propulseur	Roues.	Roues.	Hélice.	Hélice.	Double hélice.	Double hélice.
Chaudières.						
Nombre	4	8	»	12	9	10
Pression de régime. . kilog.	1,26	1,4	»	5,3	10,5	14
Consommation par 24 h. tonnes.	100	90	»	»	300	300
Population.						
Passagers de 1re classe . . .	»	»	»	»	480	350
Passagers de 2e — . . .	»	»	»	»	300	200
Passagers de 3e — . . .	»	»	»	»	400	800
Total.	»	300	»	»	1 180	1 350
Équipage.	»	175	»	»	400	400

(1) Anciens *City of Paris, City of New York, City of Berlin*, rachetés à la Cie Inman.
(2) Remplacée par machines à triple expansion en 1887.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

B) Lignes Anglaises.

a) COMPAGNIE CUNARD

	Britannia.	Persia.	Servia.	Aurania.	Umbria (Etruria). (1)	Campania (Lucania). (1)
Année de construction	1840	1856	1881	1882	1884	1893
Constructeur	Glascow.	Glascow.	Thomson à Glascow.	Thomson, à Glascow.	Elder et Cº à Glascow.	Fairfield et Cº à Glascow.
Dimensions.						
Longueur totale. mèt.	»	121,31	»	»	158,99	189,70
— à la flottaison. —	76,20	114,60	157	143,25	152,40	182,88
Largeur —	10,46	13,72	15,90	17,37	17,37	19,81
Creux —	6,80	9,45	12,34	11,89	12,19	12,65
Tonnage brut	1 150	3 300	7 392	7 269	8 120	13 000
Vitesse.						
Aux essais. nœuds.	8 1/2	12,9	17	17,5	20,2	23,18
Moyenne en serv. p. 1896 —	»	»	15,59	15,65	18,14	20,18
— — 1897 —	»	»	15,85	16,01	18,81	20,65
Machines.						
Puissance. . chev. indiqués.	740	3 600	10 000	8 500	14 300	30 000
Type	Basse pression.	Moyenne pression.	Compound.	Compound 3 cylindres.	Compound.	Triple expansion.
Diamètre des cylindres. HP. . . mèt.	»	1	1,829	0,727	0,803	0,940
Diamètre des cylindres. MP. . . —	»	2,550	»	»	»	2
Diamètre des cylindres. BP. . . —	»	»	2,540	2,311	2,667	2,500
Course du piston	»	3,04	1,980	1,829	1,829	1,829
Propulseur	Roues.	Roues.	Hélice.	Hélice.	Hélice.	Double hélice.
Chaudières.						
Nombre	»	8	»	»	9	12
Pression de régime. . kilog.	0,6	1,4	6,7	6,7	7,7	11.6
Consommation par 24 h. tonnes.	38	150	190	180	400	500
Population.						
Passagers de 1re classe	»	»	450	480	550	600
Passagers de 2e —	»	»			170	400
Passagers de 3e —	»	»	750	700	800	1 000
Total	115	252	1 200	1 180	1 520	2 000
Équipage	»	148	»	»	287	415

(1) Les paquebots indiqués entre parenthèses sont similaires à ceux auxquels se rapportent les renseignements contenus dans la colonne correspondante.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

b) WHITE STAR

	Oceanic.	Britannic.	Germanic.	Teutonic (Majestic). (1)
Année de construction.	1871	1874	1875	1889
Constructeur.	Harland et Wolff, Belfast.	Harland et Wolff, Belfast.	Harland et Wolff, Belfast.	Harland et Wolff, Belfast.
Dimensions.				
Longueur totale. . . . . mèt.	131,67	138,70	138,70	177,40
— à la flottaison. . . —	128	»	»	172,20
Largeur . . . . . —	12,41	13,70	13,70	17,37
Creux . . . . . —	9,45	10,10	10,10	12,80
Tonnage brut	3 600	5 000	5 000	9 685
Vitesse.				
Aux essais . . . . . nœuds.	»	»	»	21
Moyenne en service pour 1896 —	»	15,17	16,14	18,91
— — 1897 —	»	14,71	15,98	18,90
Tonnage brut	»	»	»	9 685
Machines.				
Puissance. . . . . chev. indiqués.	3 000	5 100	5 100	18 000
Type	Compound tandem.	Compound tandem.	Compound tandem.	Triple expansion.
Diamètre des cylindres. HP. mèt.	»	2 de 1,22	2 de 1,22	2 de 1,097
Diamètre des cylindres. MP. —	»	»	»	2 de 1,727
Diamètre des cylindres. BP. —	»	2 de 2,11	2 de 2,11	2 de 2,794
Course du piston.	1,524	1,524	1,524	1,524
Propulseur.	»	»	»	»
Chaudières.				
Nombre.	12	8	8	16
Pression de régime . . . . kilog.	4,6	8,4	8,4	12,65
Consommation par 24 h. . tonnes.	65	110	110	300
Population.				
Passagers de 1re classe.	»	»	»	300
Passagers de 2e —	»	»	»	150
Passagers de 3e —	»	»	»	750
Total	»	»	»	1 200
Personnel	»	»	»	360

(1) Les paquebots indiqués entre parenthèses sont similaires à ceux auxquels se rapportent les renseignements contenus dans la colonne correspondante.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

C) Lignes Allemandes.

a) COMPAGNIE HAMBOURGEOISE-AMÉRICAINE

	Hammonia. I.	Lotharingia.	Augusta-Victoria.	Columbia.	Furst Bismarck (Normannia).
Année de construction.	1855	1873	1889	1889	1889
Constructeur.	Caird et Cº, Graenock.	Kiel.	Cie Vulcan, Stettin.	Laird frères, Liverpool.	Cie Vulcan, Stettin.
Dimensions.					
Longueur totale. . . . . mèt.	»	»	»	143,24	153,16
— à la flottaison. . . —	85,34	73,20	140,21	141,10	152
Largeur . . . . . —	11,73	9,10	17,07	17,07	17,52
Creux. . . . . —	7,93	6,63	11,58	10,97	11,58
Tonnage brut	»	»	»	»	8 874
Vitesse.					
Aux essais . . . . . nœuds.	»	»	18,3	20,05	20,07
Moyenne en service pour 1896 —	»	»	17,96	18,65	18,64
— — 1897 —	»	»	17,90	18,26	18,30
Tonnage brut	»	»	7 661	7 578	8 000
Machines.					
Puissance. . . . . chev. indiqués.	375	700	12 280	13 680	16 400
Type	2 cylindres oscillants.	Compound	Triple expansion.	Triple expansion.	Triple expansion.
Diamètre des cylindres. HP. mèt.	»	0,840	1,050	1,041	1,100
Diamètre des cylindres. MP. —	»	»	1,700	1,676	1,700
Diamètre des cylindres. BP. —	»	0,520	2,700	2,565	2,700
Course du piston.	»	1,07	1,600	1,676	1,600
Propulseur.	Roues.	Roues.	Double hélice.	Double hélice.	Double hélice.
Chaudières.					
Nombre.	»	»	»	9	9
Pression de régime . . . . kilog.	1	4,2	10,5	10,5	11
Consommation par 24 h. . tonnes.	»	»	247	288	287
Population.					
Passagers de 1re classe	»	»	»	»	310
Passagers de 2e —	»	»	»	»	170
Passagers de 3e —	»	»	»	»	722
Total	»	»	»	»	1 202

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

b) NORDDEUTSCHER LLOYD

	Bremen.	Trave.	Lahn.	Havel.	Kaiser Wilhelm.
Année de construction.	1858	1886	1887	1890	1897
Constructeur.	Caird, Greenock.	Fairfield et C°, Glascow.	Fairfield et C°, Glascow.	C^ie Vulcan, Stettin.	C^ie Vulcan. Stettin.
Dimensions.					
Longueur totale. . . . . mèt.	»	»	»	»	197,50
— à la flottaison. . . —	97,53	133,54	136,55	141,12	190,50
Largeur . . . . . —	11,89	14,58	14,88	15,80	20,10
Creux . . . . . —	7,92	10,58	10,66	10,40	13,10
Tonnage brut	26,74	»	5 661	6 963	12 500
Vitesse.					
Aux essais . . . . . nœuds.	»	17 3/4	19,5	20	»
Moyenne en service pour 1896 —	»	17,09	17,32	17,4	23,5
— — 1897 —	»	16,89	17,39	17,01	21,20 (1)
Machines.					
Puissance. . . . . chev. indiqués.	1 300	8 000	9 500	12 750	28 000
Type	2 cylindres.	Triple expansion.	Triple expansion.	Triple expansion.	Triple expansion.
Diamètre des cylindres. HP. mèt.	»	1,117	2 de 0,825	2 de 0,950	1,320
Diamètre des cylindres. MP. —	2,50	1,778	1 de 1,727	1 de 1,900	2,280
Diamètre des cylindres. BP. —	»	2,743	2 de 2,159	2 de 2,500	2,450
Course du piston.	1,050	1,829	1,828	1,800	1,750
Propulseur.	»	Hélice.	Hélice.	Hélice.	Double hélice.
Chaudières.					
Nombre.	»	»	»	10	14
Pression de régime . . . . kilog.	2,1	10	10,5	11	13
Consommation par 24 h. . tonnes.	»	60	170	240	500
Population.					
Passagers de 1^re classe.	»	»	224	246	400
Passagers de 2^e —	»	»	104	132	350
Passagers de 3^e —	»	»	654	460	800
Total	»	1 190	982	838	1 550
Personnel	»	190	190	240	450

(1) Pour les 12 premières traversées.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

D) Ligne Française.

COMPAGNIE TRANSATLANTIQUE

	Napoléon-III.	Pereire, Ville-de-Paris	Normandie.	Champagne, Bretagne. (Gascogne, Bourgogne) (1)	Touraine.
Construction.					
Date	1864	1866	1883	1884-1886	1891
Chantier	»	»	Barrow.	Penhoët, Seyne.	Penhoët.
Dimensions.					
Longueur totale. mèt.	»	105,15	144,305	155	163,65
— à la flottaison. —	110	100,60	140	150	157,45
Largeur —	14	13,26	15,20	15,70	17,12
Creux —	10	8,85	11,40	11,70	11,86
Tonnage brut	»	»	6 485	7 277	9 132
Vitesse.					
Aux essais. nœuds.	13,35	13,35	17,27	19	19,5
Moyenne en service pour 1896 —	11,50 (en marche).	13,5 (en marche).	15,78 »	16,2 à 17 (16,4)	17,76
— — 1897 —	»	»	15,76	16,50 à 16,86 (16,5)	18,09 (2)
Machines.					
Puissance. chev. indiqués.	4 300	3 400	6 500	9 000	12 000
Type	Machine à balancier.	»	Triple expansion.	Triple expans. (Quad. exp.)	Triple expans.
Diamètre des cylindres. HP. mèt.	»	»	1,074	1,120 (1,074)	1,040
Diamètre des cylindres. MP. —	2,58	2,13	1,120	1,255 (1,120)	1,540
Diamètre des cylindres. BP. —	»	»	2,034 et 2,034	1,360 et 1,902 (2,034 et 2,034)	2,540
Course du piston	2,84	1,22	1,70	1,70	1,66
Propulseur	Roues.	Hélice.	Hélice.	Hélice.	Double hélice.
Chaudières.					
Nombre	»	»	»	»	»
Pression de régime. kilog.	»	1,5	11	10 (11,5)	10,5
Consommation par 24 h. tonnes.	100	82	150	160	265
Population.					
Passagers de 1re classe	»	284	205	341	386
Passagers de 2e —	»	104	70	66	114
Passagers de 3e —	»	32	738	600	401
Total	»	420	1 013	1 007	901
Équipage	»	»	226	229	305

(1) Les chiffres entre parenthèses sont ceux relatifs au groupe *Gascogne-Bourgogne.* Les chiffres uniques sont communs aux deux groupes.

(2) Au cours du dernier voyage de l'année, la *Touraine* a subi une avarie grave qui a retardé sa marche. C'est, élimination faite de ce voyage, que la moyenne ressort à 18 nœuds 09.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

IV. — LES PRINCIPAUX PAQUEBOTS TRANSATLANTIQUES ACTUELS

			NUMÉROS D'ORDRE	PAVILLON AMÉRICAIN		PAVILLON ANGLAIS			PAVILLON ALLEMAND			PAVILLON FRANÇAIS	
I. Construction.	Nom		1	**New-York** et **(Paris).**	**Saint-Louis** et **(Saint-Paul).**	**Umbria** et **(Etruria).**	**Majestic** et **(Teutonic).**	**Campania** et **(Lucania).**	**Haval** et **Spree.**	**Kaiser Wilhelm der Grosse.**	**Furst Bismarck** et **(Normannia).**	**Bretagne** et **(Champagne).**	**Touraine.**
	Propriétaire		2	American Line.	American Line.	Cunard.	White Star.	Cunard.	Nordd.-Lloyd.	Nordd.-Lloyd.	Hamburg-Amer.	Cie Transatl.	Cie Transatl.
	Date du lancement		3	1888	1895	1884	1889	1892	1890	1897	1891	1886	1891
	Chantier		4	Thomson, à Glascow.	Cramp, à Philadelphie.	Elder et Cie, à Glascow.	Harland et Wolff à Belfast.	Fairfield et Cie, à Glascow.	Cie Vulcan, à Stettin.	Cie Vulcan. à Stettin.	Cie Vulcan, à Stettin.	»	Penhoët.
II. Dimensions.	Longueur totale	mètres.	5	171,60	168,86	158,99	177,40	189,70	»	197,50	»	155	163,65
	— entre perpendiculaires	—	6	160,77	163,27	152,40	172,20	182,88	141,12	190,50	153,16	150	157,45
	Largeur	—	7	19,20	19,20	17,37	17,37	19,81	15,80	20,10	17,52	15,70	17,12
	Profondeur de la coque	—	8	13,10	12,80	12,19	12,80	12,65	10,41	13,10	11,58	11,70	11,80
	Tonnage brut	tonneaux.	9	10 000	11 629	8 120	9 685	13 000	6 960	12 500	»	5 800	9 132
	Tirant d'eau	mètres.	10	7,80	7,92	6,86	6,71	8,23	6,78	8,23	7,30	7,30	7,53
	Déplacement	tonnes.	11	13 000	16 000	10 500	18 000	18 000	8 900	18 000	10 500	10 010	12,359
	Nombre de compartiments étanches		12	15	17	10	»	19	»	»	»	»	»
III. Vitesse.	Vitesse aux essais	nœuds.	13	21,8	22,3	20,2	»	23,18	20	»	20,7	19	19,5
	Voyage le plus rapide. Date		14	Septembre 1894	Août 1896	Juin 1897	Mai 1893	Juin 1896	»	Novembre 1897	Août 1896	Juin 1896	Juillet 1891
	Voyage le plus rapide. Durée en jours, heures, minutes		15	6, 1, 34	6, 2, 24	6, 7, 1	5, 17, 24	5, 12, 19	»	5, 17, 8	5, 23, 42	7, 8, 6	6, 17, 51
	Voyage le plus rapide. Parcours	milles marins.	16	3 050	3 055	3 132	2 861	2 888 (1)	»	3 065	3 050	3 171	3 171
	Voyage le plus rapide. Vitesse moyenne	nœuds.	17	20,95	20,86	20,69	20,82	21,88	»	22,35	19,84	18,01	19,59
	Vitesse moyenne. En 1896	—	18	18,55	18,90	18,14	18,76	20,18	17,4	»	18,64	17	17,76
	Vitesse moyenne. En 1897	—	19	18,01	19,35	18,81	18,80	20,65	17,01	21,20 (2)	18,30	16,60	18,09
IV. Machines.	Type		20	Triple expans.	Quadr. expans.	Compound	Triple expans.	Triple expans.	Triple expans.	Triple expans.	Triple expans.	Triple expans.	Triple expans.
	Puissance	chevaux-vapeur indiqués.	21	18 500	20 000	14 300	17 500	39 000	12 750	28 000	16 400	9 000	12 000
	Diamètre des cylindres. HP	millimètres.	22	1 143	0 713	1 de 803	1 092	0 940	0 950	1 320	1 100	1 120	1 040
	Diamètre des cylindres. MP	—	23	1 803	1 370	»	1 727	2 000	1 900	2 280	1 700	1 255	1 540
	Diamètre des cylindres. BP	—	24	2 870	1 920	2 de 2,667	2 794	2 500	2 500	2 450	2 700	1 360 et 1 902	2 540
	Course du piston	—	25	1 524	1 524	1 829	1 524	1 829	1 800	1 750	1 600	1 700	1 660
	Nombre d'hélices		26	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2
	— d'ailes à chaque hélice		27	3	3	4	3	3	4	3	3	4	3
	Diamètre de l'hélice	mètres	28	5,50	»	7,46	6,50	7,16	6,57	6,80	5,80	7	6
	Pas des hélices	—	29	8,70	8,38	10	8,66	9,30	9,55	10	»	»	8,76
	Vitesse de rotation		30	85	85	68	80	79	«	75	»	»	75
V. Chaudières.	Pression de la vapeur	kilog.	31	10,5	14	7,7	12,65	11,6	11	13	11	10	10,5
	Nombre de générateurs		32	9	10	9	16	12	10	14	9	12	9
	— de foyers		33	54	64	72	76	102	»	104	72	36	45
	Surface totale de chauffe	mètres carrés.	34	4 648	3 746	3 606	»	7 600	3 434	7 830	4 356	2 079	3 125
	— de grille	—	35	137	106	149	108	223	104	243,1	135	78	108
	Capacité des soutes	tonnes.	36	2 500	2 500	»	2 400	4 000	2 000	4 600	»	1 700	2 300
	Consommation de charbon par 24 heures	—	37	300	300	400	300	500	240	550	287	175	265
VI. Population.	Nombre de passagers. 1re classe		38	400	350	550	300	600	246	400	310	337	386
	Nombre de passagers. 2e —		39	200	200	170	150	400	132	350	170	66	114
	Nombre de passagers. 3e —		40	400	800	800	750	1 000	460	800	722	600	401
		Total	41	1 000	1 350	1 520	1 200	2 000	838	1 550	1 202	1 003	901
	Équipage		42	400	400	287	360	415	240	450	»	229	305

Nota. — La durée des traversées des navires anglais s'applique au trajet de 2 800 milles marins environ entre Queenstown et New-York, tandis que pour les navires allemands et américains elle s'applique au trajet de 3 200 milles marins environ entre New-York et Southampton. De même la durée des traversées des navires français s'applique au parcours New-York-Le Havre (3 171 milles).

(1) La *Lucania* a effectué sa traversée de mai 1895 en 5 j. 11 h. 40 m. (New-York à Queenstown) à la vitesse de 22 nœuds.
(2) Moyenne des 12 premières traversées (septembre 1897-mars 1898).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS CHIMIQUES

Étude d'émaux a hautes dilatations pour fonte ou fer, a base de pandermite, par **M. Saglio**, *ingénieur civil des mines*, sous la direction de **M. Émilio Damour**, *chef des travaux chimiques à l'École des mines.*

L'acide borique est devenu, surtout depuis quelques années, un des éléments essentiels de la plupart des couvertes céramiques et de presque tous les émaux. C'est ce corps qui a permis à l'industrie de la faïence fine de sortir de l'ornière et d'arriver enfin à l'accord entre ses pâtes et ses couvertes; c'est lui qui a provoqué le développement vraiment extraordinaire de l'industrie des tôles émaillées et de la quincaillerie. Enfin les arts du feu, émaux sur verre, émaux translucides, doivent à l'acide borique leurs progrès rapides de ces dernières années.

Dans ces conditions la consommation totale d'acide borique s'est tellement accrue, décuplant depuis vingt ans, qu'il est devenu nécessaire de trouver et de mettre en exploitation d'autres mines que celles qui suffisaient à l'ancienne industrie. A côté de la Toscane, aujourd'hui très insuffisante, il existe deux principales contrées riches en acide borique : l'Amérique du Sud, dans les régions desséchées des Andes, qui fournit la boracite, et l'Asie Mineure, qui donne la borocalcite, cette dernière d'exploitation beaucoup plus récente. Malgré la richesse à peu près inépuisable de l'un et l'autre de ces gîtes, le prix de l'acide borique est resté très élevé, ce qui s'explique d'une part par la difficulté d'exploitation et le coût du transport en Europe des minerais américains, d'autre part par la nature différente du minerai d'Asie Mineure, exigeant un traitement coûteux pour être amené à l'état de borax, seule forme commerciale admise en céramique.

Il serait donc d'un grand intérêt, au point de vue du prix de revient des usines céramiques et des émailleries, d'obtenir un abaissement sensible du prix de l'unité d'acide borique. Pour y arriver deux moyens semblent pouvoir être assez efficaces : la mise en concurrence des différents centres de production, *malgré la différence de nature des deux minerais*, et la suppression des frais de traitement chimique des minerais, en un mot l'emploi direct des minerais à la fabrication des émaux.

Cette modification aux formules de travail intéresse surtout le minerai calcaire écarté jusqu'ici de la fabrication céramique, et dans lequel l'unité d'acide borique reviendrait facilement à meilleur compte que dans le borax.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La borocalcite, et mieux encore la pandermite, résultat d'un enrichissement sur place de la borocalcite (1), peut-elle être employée directement à la fabrication des émaux et couvertes? Quelles formules de compositions doit-on prendre pour les substituer aux compositions actuelles à base de borax?

Telle est la question qui nous a été posée par la Compagnie du borax, et dont l'étude nous a paru assez intéressante pour que nous l'abordions dans un cas particulier, celui des émaux à haute dilatation pour fer, fontes ou métaux (2).

L'étude que nous avons entreprise étant essentiellement pratique, c'est-à-dire ayant pour but de donner des compositions d'émaux industriellement applicables, nous nous sommes astreints, dès le début, à n'employer que des matières premières commerciales, la *pandermite*, le *feldspath*, le *kaolin*, le *sable*, le *carbonate de soude*, la *cryolite*, le *spath-fluor*.

Si nous avons ajouté à ces matières premières d'usage courant quelques minerais plus rares tels que la *pétalite*, le *rutile*, le *zircon*, c'est que ces minerais, autrefois sans emploi, entrent de plus en plus dans la pratique industrielle, depuis que les terres rares y ont reçu des applications nombreuses; c'est, d'autre part, qu'ajoutées en très faible proportion, elles n'augmentent pas le prix de revient d'une façon excessive; c'est enfin que l'obtention d'émaux à hautes dilatations non plombifères et peu solubles présentant des difficultés sérieuses, nous avons dû recourir à toutes les ressources de la chimie géologique.

Pour donner à des essais ainsi conduits un intérêt scientifique, et surtout pour

(1) Voici la composition de la borocalcite et celle de la pandermite. On pourra ainsi juger de l'effet de l'enrichissement :

	Borocalcite.	Pandermite.
Acide borique anhydre	45,20	55,73
Chaux	30,70	37,07
Magnésie	0,50	0,45
Acide sulfurique	2,20	2,55
— carbonique	0,20	traces
Alumine et oxyde de fer	0,90	0,10
Insoluble	1,78	0,38
Eau et matières organiques	18,46	3,63
	99,94	99,91

(2) La question dans son ensemble, posée sous une forme aussi générale que nous venons de l'indiquer, est d'une réponse difficile, et exigerait des travaux de laboratoire fort longs. On sait en effet que les pâtes céramiques sont d'une variété indéfinie, tant au point de vue de leur composition chimique que de leur constitution physique et de leur dilatation, que d'autre part l'accord entre une pâte et une couverte dépend à la fois des dilatations et de l'élasticité de la couverte et de la température de cuisson. L'étude de la substitution des borates calciques au borate de soude en céramique doit donc se faire dans les usines par des analyses chimiques et des mesures de dilatation. Au contraire, pour l'émaillage, la dilatation des métaux étant partout la même, l'étude est beaucoup plus simple; elle ne présente de difficulté que par le fait de la très haute dilatation des métaux. Telles sont les raisons qui nous ont conduits à aborder cette question des émaux à haute dilatation, à base de pandermite.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

diriger plus facilement la progression des recherches, nous avons calculé d'après les analyses des matières premières la composition de chaque émail, mais nous devons mettre en garde contre une interprétation trop rigoureuse des compositions ainsi calculées. En effet, nous n'avons pu refaire les analyses chimiques de toutes les matières premières, et avons accepté les compositions normales d'espèces minéralogiques définies ; d'autre part, dès qu'un émail boriqué est peu fusible, il se produit à la fusion un départ d'acide borique souvent difficile à évaluer, car il est variable avec la température à laquelle la fusion s'est opérée ; enfin lorsqu'il y a dans un émail : silice, acide borique et fluor, il est impossible de dire ce qu'il advient de ces trois corps qui sont exposés à former des composés volatils, fluorures de bore et de silicium.

Ces phénomènes sur lesquels il est de notre devoir d'insister, car ils paraissent diminuer l'intérêt pratique de nos recherches sur les émaux boriqués et fluo-boriqués, ne constituent cependant pas des difficultés insurmontables, étant donné que *à des températures modérées les départs d'acide borique sont faibles ou nuls ;* ils montrent seulement une fois de plus l'importance d'une température rigoureusement connue et constante dans les applications d'émaux, importance admise par tous les industriels.

Mais au point de vue de nos essais, ce départ d'acide borique ne doit pas être perdu de vue ; modifiant les compositions chimiques des mélanges, il en altère aussi les coefficients de dilatation, et cet effet est d'autant plus sensible que l'acide borique augmentant la fusibilité, sa disparition sous un feu trop vif oblige à chauffer davantage ; il y a là, pour certains émaux un véritable cercle vicieux qui rend les résultats des mesures assez aléatoires ; nous y avons trouvé l'explication de nombreuses anomalies dans nos essais, et c'est probablement à ces causes que sont dues en grande partie, d'abord la difficulté d'obtenir des mélanges donnant des émaux de dilatation rigoureusement constante, — et en second lieu l'irrégularité des courbes de dilatation qu'on verra plus loin.

Dans les compositions d'émaux que nous allons citer, à côté des deux premières colonnes donnant l'une la composition en matières premières, l'autre la composition centésimale calculée *après fusion*, nous avons ajouté toutes les observations que nous avaient suggérées les essais : fusibilité, viscosité, dureté, enfin solubilité.

Cette question de solubilité a pour les émaux boriqués une importance de premier ordre ; tous les borates sont solubles dans l'eau acidulée ; les borosilicates sont eux-mêmes solubles lorsque la teneur en silice n'y atteint pas un chiffre élevé. Or pour un grand nombre d'usages et en particulier la quincaillerie, la solubilité dans l'eau acidulée est un écueil. C'est ce qui nous a conduits à ne pas perdre de vue cette question. Pour étudier la solubilité, nous avons

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pulvérisé les émaux en poudre impalpable (plus fin que le tamis 140); nous les avons traités par l'acide chlorhydrique normal contenant 36gr,5 de HCl par litre maintenu à l'ébullition pendant deux minutes, puis portés dans une étuve à 100° pendant trois heures, et nous avons pesé les résidus insolubles, ce qui nous a donné une échelle de solubilité de 0 à 100 dans laquelle une substance tout à fait insoluble, comme le quartz, occupe le 0, et une substance entièrement soluble, le 100. Comme termes de comparaison nous avons pris le verre de Saint-Gobain qu'on peut considérer comme pratiquement insoluble, mais qui, par cette méthode, nous a donné le chiffre 13 de solubilité, et un émail commercial (1) pour fonte dont la solubilité est de 61.

Pour déterminer la fusibilité nous nous sommes servis du moufle à récupération (2) réglé à des températures exactement mesurées de 100° en 100° (à 850°, 950° et 1050°), en y introduisant, sur une plaque de tôle, les poudres de ces émaux préalablement frittés. Nous avons ainsi classé nos émaux en trois catégories de fusibilités décroissantes, et constaté que tous se vitrifient au-dessous de 1050°, c'est-à-dire de la fusion du cuivre.

La dernière colonne des tableaux cités donne les dilatations mesurées par la méthode Le Chatelier (3). Les chiffres donnés doivent être divisés par $10^8 = 100\,000\,000$. En d'autres termes, si l'on voulait exprimer *en millimètres* la dilatation pour 1° par unité de longueur, c'est-à-dire par mètre de la ubstance essayée, on devrait diviser par 100 000 les chiffres donnés.

A titre d'indications comparatives, nous rappelons ici les dilatations des principaux excipients sur lesquels les émaux boriqués peuvent être appliqués.

Porcelaine de Limoges	326
— nouvelle de Sèvres	523
Faïence de Choisy-le-Roi (C)	526
— — (E)	647
Faïence Parvillée	846
Fer	1110
Fonte	985 à 1124
Acier	1075 à 1190
Or	1400
Cuivre	1800
Laiton	2058 à 2144
Argent	1951 à 2082

Nous avons fait des essais d'application sur tôle par saupoudrage à chaud, mais pour quelques émaux seulement.

Ces essais ont été en général assez satisfaisants.

(1) Émail Appert.

(2) Moufle Émilio Damour et E. Adnet.

(3) *Bulletin de la Société d'Encouragement*, mars 1897. Études céramiques de M. Émilio Damour.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

EXPOSÉ DES EXPÉRIENCES ET DE LEURS RÉSULTATS

§ 1. — Pandermite.

La difficulté principale que nous avons eue à surmonter au sujet de la pandermite était sa trop facile dévitrification : elle cristallise en effet par coulée à l'air. Nous avons donc dû employer le système de bougies poreuses (Pasteur) indiqué précédemment (1), ce qui nous a permis d'obtenir un très joli verre bien limpide, légèrement teinté en jaune ou en vert d'eau.

La pandermite a une dilatation de 652 ; elle est entièrement soluble dans l'eau acidulée (97 de solubilité), ne fond qu'à une température assez élevée (environ 1150°).

A la suite de cet essai peu encourageant puisqu'il accusait une dilatation très inférieure à celle du fer, le programme que nous avons adopté a consisté à ajouter à la pandermite successivement les matières premières les plus usitées en céramique en proportions variables, de façon à tracer pour chacune d'elles une courbe de dilatations, et à déterminer le mélange correspondant au sommet de cette courbe, c'est-à-dire à la dilatation maxima. Nous avons ainsi passé en revue le feldspath, le kaolin, le sable blanc additionné de carbonate de soude, la pétalite (feldspath lithinifère), le rutile. La méthode que nous venons d'indiquer est très contestable. En effet si nous construisons, pour un borate quelconque, une courbe (fig. 1), où les abscisses représenteront les proportions d'acide borique que nous supposerons varier seules, et les ordonnées les dilatations correspondantes, nous remarquerons que cette courbe présente un minimum. Introduisons un élément quelconque non boriqué dans le mélange dont la proportion en acide borique correspond à l'abscisse OA, cette addition aura pour effet, par le fait seul qu'elle diminue la proportion d'acide borique et indépendamment des propriétés de cet élément ajouté, d'abaisser la dilatation, comme on peut le voir sur la courbe ; au contraire la même addition au mélange de teneur OB en acide borique eût augmenté la dilatation. Il en résulte donc une assez grande incertitude sur l'effet produit par l'introduction d'un nouvel élément dans un émail boriqué un peu complexe.

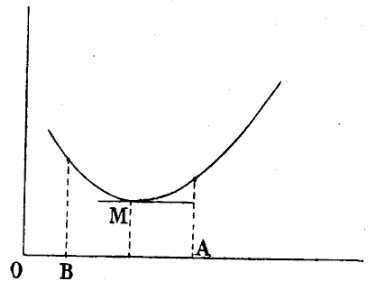


Fig. 1.

(1) *Bulletin de la Société d'Encouragement.*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

§ 2. — Mélanges binaires.

1° *Mélanges de pandermite et feldspath.* — Les essais que nous avons effectués en partant de ces éléments sont indiqués dans le tableau suivant :

MATIÈRES PREMIÈRES.	COMPOSITION CHIMIQUE calculée du verre.	OBSERVATIONS.	SOLUBILITÉ.	DILATATION.
Pandermite. 70 Feldspath. . 30 (Orthose).	BoO^3. . . 42 CaO . . . 28 KO. . . . 5 Al^2O^3. . . 6 SiO^2. . . 19	Verre opaque opalescent (cette opalescence indique que la dévitrification n'est pas complète). Assez dur au broyage. Fusible à moins de 830°.	95	731
Pandermite. 50 Feldspath. . 50	BoO^3. . . 30 CaO . . . 20 KO. . . . 9 Al^2O^3. . . 9 SiO^2. . . 32	Verre opaque blanc. Moyenne dureté au broyage. Fusible au-dessous de 830°.	70	706
Pandermite. 40 Feldspath. . 60	BoO^3. . . 24 CaO . . . 16 KO. . . . 10 Al^2O^3. . . 11 SiO^2. . . 39	Verre opaque blanc. Assez dur au broyage. Fusible au-dessous de 800°.	53	764
Pandermite. 30 Feldspath. . 70	BoO^3. . . 18 CaO . . . 12 KO. . . . 12 Al^2O^3. . . 13 SiO^2. . . 45	Verre opaque blanc. Assez dur au broyage. Assez difficilement fusible (1). Fusible au-dessous de 830°.	52	736

(1) Cette observation de fusibilité se rapporte, pour cet émail comme pour tous les autres, au mélange des matières premières. La température de fusibilité donnée au-dessous a rapport au contraire à l'émail une fois formé : on sait que cette température est bien inférieure à la première.

Les additions de feldspath, on le voit, donnent tout de suite des résultats encourageants, car les frittes ainsi obtenues, assez fusibles jusqu'à la teneur de 70 p. 100 de feldspath, ont toutes des coefficients de dilatation supérieurs à celui de la pandermite seule ; mais la difficulté de leur préparation résulte du facile départ de l'acide borique pour peu que l'on chauffe à une température supérieure à celle de la vitrification. Ce départ atteint parfois 15 à 20 p. 100 et même 28 p. 100 du poids du mélange lorsqu'on pousse le feu au blanc éblouissant.

Ces réserves faites, nous voyons que la courbe (fig. 2) ayant en abscisses les proportions de feldspath p. 100 du mélange et en ordonnées les dilatations cor-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

respondantes, indique assez nettement que le maximum est atteint pour le mélange 40 de pandermite et 60 p. 100 de feldspath.

Cette dernière fritte nous paraît en tous points mériter attention : elle fond à moins de 800° et, à cette température, ne laisse pas dégager d'acide borique (1) ; d'une dureté moyenne, elle est assez facilement broyable. Sa fusibilité la rend d'un usage très commode pour la fabrication des émaux qui, on le sait, sont toujours plus faciles à fondre lorsqu'on part de frittes que de matières non préalablement fondues. Elle nous paraît donc réaliser une forme vraiment com-

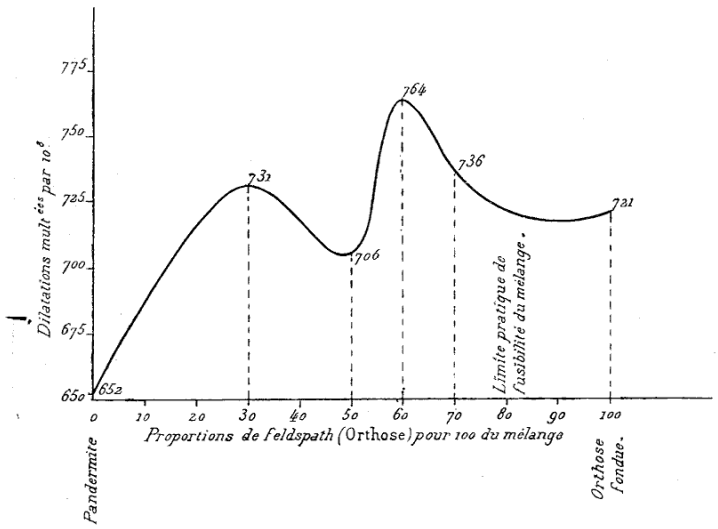


Fig. 2.

merciale de fritte boriquée, ou d'acide borique marchand, à l'usage des émaux céramiques (2).

2° *Mélange de pandermite et spath-fluor.* — Par suite d'une substitution de produits dont nous ne nous sommes pas aperçus tout de suite, nous avons été conduits à substituer au feldspath du spath-fluor (3) suivant la proportion 40 de pandermite et 60 p. 100 de spath-fluor. Le résultat obtenu a été fort intéressant puisque cette fritte a une dilatation de 1167 ; elle est d'ailleurs très fluide et

(1) La perte de poids mesurée après fusion a été seulement de 1,5 p. 100 représentant l'eau et les matières volatiles de la pandermite.

(2) Nous désignerons, pour abréger, cette fritte à 60 p. 100 de feldspath et 40 p. 100 de pandermite sous le nom de fritte A, dans la suite des essais pour lesquels elle nous a servi de point de départ.

(3) Voici les résultats de l'analyse de ce spath-fluor :

SiO^2	Fe^2O^3 + Al^2O^3	Ca	MgO	Fl
1,5	traces sensibles	50,23	0	45,97

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

fond à une température suffisamment basse (vers 800°), pour qu'il n'y ait départ ni d'acide borique ni de fluor. Ces qualités assez remarquables nous ont amenés à multiplier les additions que nous avons faites à cette fritte, comme on le verra plus loin (1).

3° *Mélanges de pandermite et kaolin.* — Nous n'avons fait que deux essais qui nous ont fourni les résultats suivants :

MATIÈRES PREMIÈRES.	COMPOSITION CHIMIQUE calculée du verre.	OBSERVATIONS.	SOLUBILITÉ.	DILATATION.
Pandermite . 60 Kaolin . . . 40	BoO^3. . . 36 CaO . . . 24 SiO^2. . . 24 Al^2O^3 . . 15 MgO. . . 1	Verre bien limpide, incolore. Très dur. Difficilement fusible (non fritté). Fusible (fritté) au-dessous de 830°.	93	504
Pandermite . 45 Kaolin . . . 55	BoO^3. . . 27 CaO . . . 18 SiO^2. . . 32 Al^2O^3 . . 21 MgO. . . 2	Verre bien limpide, incolore. Très dur. Difficilement fusible. Fusible au-dessous de 830°.	92	520

Ces émaux, plus économiques peut-être, ont un intérêt bien moindre que les précédents au point de vue de la haute dilatation : le kaolin abaisse en effet celle-ci d'une façon constante, ce qui est d'accord avec tous les essais antérieurs sur le rôle de l'alumine en céramique.

4° *Mélanges de pandermite et pétalite.* — Nous avons encore essayé la pétalite (2) en raison de l'influence connue de la lithine sur la fluidité des silicates, pensant d'ailleurs que ce feldspath lithinifère ne donnerait pas des résultats très inférieurs à ceux du feldspath, au point de vue de la dilatation, et améliorerait l'insolubilité dans les acides. Cette dernière prévision s'est trouvée réalisée, puisque le mélange contenant 20 p. 100 de pandermite et 80 p. 100 de pétalite est presque aussi insoluble que le verre de Saint-Gobain (16 de solubilité); mais les dilatations ont été trouvées inférieures à celle des mélanges de feldspath, ce qui ôte à cette série d'essais une partie de son intérêt.

(1) Dans ces additions nous désignerons cette fritte sous le nom de fritte B.

(2) La pétalite se vendrait commercialement à un prix double ou triple du feldspath. Sa composition moyenne est la suivante :

SiO^2	Al^2O^3	LiO	NaO
77	18	4	1

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Voici cependant, à titre d'indication, les essais que nous avons faits en partant de ces éléments :

MATIÈRES PREMIÈRES.	COMPOSITION CHIMIQUE calculée du verre.	OBSERVATIONS.	SOLUBILITÉ.	DILATATION.
Pandermite. 70 Pétalite. . . 30	BoO^3. . 42 CaO . . 28 SiO^2 . . 23 Al^2O^3. . 6 LiO . . 1	Beau verre limpide incolore. Très dur au broyage. Fusible au-dessous de 830°.	93	641
Pandermite. 50 Pétalite. . . 50	BoO^3. . 30 CaO . . 20 SiO^2 . . 38,5 Al^2O^3. . 9 LiO . . 2 NaO . . 0,5	Beau verre opalescent (commencement de dévitrification). Très dur au broyage. Fusible au-dessous de 830°.	85	580
Pandermite. 30 Pétalite. . . 70	BoO^3. . 18 CaO . . 12 SiO^2 . . 54 Al^2O^3. . 12 LiO . . 3 NaO . . 1	Beau verre limpide incolore. Très dur au broyage. Assez difficilement fusible. Fusible vers 900°.	42	531
Pandermite. 20 Pétalite. . . 80	BoO^3. . 12 CaO . . 8 SiO^2 . . 62 Al^2O^3. . 14 LiO . . 3 NaO . . 1	Beau verre bien limpide incolore. Très dur au broyage. Très difficilement fusible. Fusible au-dessous de 950°.	16	483

Ces chiffres nous ont permis de construire la courbe de la figure 3.

Signalons le mélange à 80 p. 100 de pétalite comme pouvant produire un émail s'appliquant sur certaines faïences à faibles dilatations (Choisy E), et sur certains grès. Remarquons enfin la régularité de la courbe (fig. 3), ce qui semblerait indiquer qu'ici le départ d'acide borique serait moins irrégulier que dans le cas du feldspath, peut-être même nul.

5° *Mélanges de pandermite, silice et carbonate de soude.* — Les mélanges de pandermite, sable et carbonate de soude ont été inspirés par l'idée d'associer à la pandermite ceux des silicates de soude qui ont les dilatations les plus élevées. Nous avons fait deux essais de ce genre :

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

MATIÈRES PREMIÈRES.	COMPOSITION CHIMIQUE calculée du verre.	OBSERVATIONS.	SOLUBILITÉ.	DILATATION.
Pandermite. 60 Sable. . . . 30 Carbonate de soude. . . 10	BoO^3. . . 38 CaO . . . 25 SiO^2. . . 31 NaO . . . 6	Verre assez limpide. Dur au broyage. Fusible au-dessous de 830°.	93	747
Pandermite. 30 Sable. . . . 50 Carbonate de soude. . . 20	BoO^3. . . 20 CaO . . . 13 SiO^2. . . 54 NaO . . . 13	Verre assez limpide, mais jaunâtre et bulleux. Assez dur au broyage. Fusible au-dessous de 830°.	47	804

Les résultats ont été, on le voit, assez satisfaisants, surtout pour le second

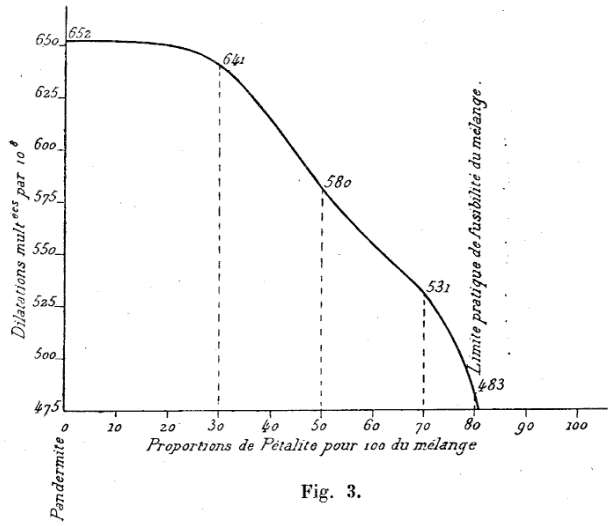


Fig. 3.

mélange ; nous croyons donc pouvoir signaler cet émail, dont la réalisation est économique, comme susceptible de quelques applications.

§ 3. — **Étude de la fritte A** (à 60 p. 100 de feldspath).

De tous les essais binaires qui précèdent, deux séries semblent particulièrement intéressantes : l'une au point de vue de la dilatation, c'est le mélange de pandermite et spath-fluor ; l'autre, au point de vue de la dilatation et de l'insolubilité, ce sont les mélanges de pandermite et feldspath, et parmi ceux-ci, la meilleure fritte est celle qui contient 40 p. 100 de pandermite et 60 p. 100 de feldspath (fritte A).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Cette fritte était donc indiquée comme point de départ d'une nouvelle série d'essais destinés à voir s'il serait possible d'accroître encore la dilatation par des additions de terres alcalines ou d'oxydes métalliques autres que les oxydes de plomb; des expériences antérieures sur la couverte de Limoges nous avaient montré, en effet, que quelques oxydes métalliques augmentent sensiblement la dilatation.

Les additions ont été faites sous forme de mélanges à poids égaux de silice (sable blanc) et d'oxydes anhydres, la silice ayant pour but de donner à la nouvelle fritte une moindre solubilité. Voici d'ailleurs ces essais :

MATIÈRES PREMIÈRES.	COMPOSITION CHIMIQUE calculée du verre.	OBSERVATIONS.	SOLUBILITÉ.	DILATATION.
Fritte A. . . 90 Oxyde de fer. 5 Sable. . . . 5	BoO^3. . . 22 CaO . . . 14 SiO^2. . . 40 Al^2O^3 . . 10 Fe^2O^3 . . 5 KO . . . 9	Verre opaque gris noirâtre. Moyenne dureté au broyage.	63	709
Fritte A. . . 90 Oxyde de zinc. . . . 5 Sable. . . . 5	BoO^3. . . 22 CaO . . . 14 SiO^2. . . 40 Al^2O^3 . . 10 ZnO . . . 5 KO . . . 9	Verre opaque blanc. Assez facilement fusible. Moyenne dureté.	63	760
Fritte A. . . 90 Oxyde d'étain. 5 Sable. . . . 5	BoO^3. . . 22 CaO . . . 14 SiO^2. . . 40 SnO^2. . . 5 KO. . . . 9 Al^2O^3 . . 10	Verre opaque blanc bleuâtre. Dureté moyenne.	55	721
Fritte A. . . 90 Oxyde d'étain. 5 Carbonate de soude. . . 5	BoO^3. . . 22 CaO . . . 14 KO . . . 9 Al^2O^3. . . 10 SiO^2. . . 36 SaO^2. . . 5 NaO . . . 4	Verre opalescent (commencement de dévitrification). Un peu difficilement fusible. Assez dur au broyage.	69	786

Nous donnons ce dernier essai avec carbonate de soude au lieu de sable à titre de comparaison. Ces mélanges montrent en somme que les silicates métalliques ne modifient pas sensiblement la dilatation et la solubilité de la fritte.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La cryolite comparée au spath-fluor lui serait préférable au point de vue de la dilatation, comme le montrent les deux premiers des essais suivants :

MATIÈRES PREMIÈRES.	COMPOSITION CHIMIQUE calculée du verre.	OBSERVATIONS.	SOLUBILITÉ.	DILATATION.
Fritte A. . . 90 Spath-fluor . 10	BoO^3. . 22 CaO . . 14 KO . . 9 Al^2O^3 . 10 SiO^2. . 35 Ca. . . 5 Fl. . . 5	Verre opaque grisâtre. Facilement fusible. Fusible au-dessous de 830°.	74	860
Fritte A. . . 90 Cryolite. . . 10	BoO^3. . 22 CaO . . 14 KO . . 9 Al^2O^3 . 10 SiO^2. . 35 Na. . . 3 Fl. . . 6 Al. . . 1	Verre opaque blanc crème. Assez facilement fusible. Fusible au-dessous de 950°.	99	899
Fritte A. . . 75 Cryolite. . . 20 Feldspath. . 5	BoO^3. . 18 SiO^2. . 32,5 CaO . . 12 KO . . 8,5 Al^2O^3 . 9 Na. . . 7 Fl. . . 12 Al. . . 1	Verre opaque jaunâtre. Assez dur au broyage. Fusible au-dessous de 830°.	77	1055

La cryolite se recommanderait donc tout spécialement, comme l'a déjà signalé M. Grenet (1), si elle ne donnait des émaux assez altérables, à moins qu'ils ne soient très siliceux.

Les oxydes métalliques (les oxydes de plomb exclus) n'ayant pas accru sensiblement la dilatation, nous avons essayé l'acide titanique, sous forme de rutile; nous avons pu constater (2) que ce corps ne modifie pas non plus la dilatation, mais il donnerait un peu plus de fluidité à l'émail, et contribuerait à fixer l'acide borique. Au point de vue de la solubilité, il ne présenterait aucun avantage et, pour cette raison, ne saurait être assimilé à la silice, comme nous l'avions pensé.

(1) Mémoire paru au *Bulletin de la Société d'Encouragement.*

(2) Le seul essai que nous ayons fait à 5 p. 100 de rutile et 95 p. 100 de fritte A nous a donné 763 de dilatation et 63 de solubilité.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Signalons enfin le phosphate tricalcique qui, dans la proportion : 75 p. 100 de fritte A, 10 p. 100 de carbonate de soude et 15 p. 100 de phosphate, nous a permis d'obtenir un émail de 905 de dilatation, mais de 91 de solubilité.

§ 4. — **Étude de la fritte B** (à 60 p. 100 de spath-fluor).

Sur la fritte B, nous avons essayé de même les oxydes métalliques avec mélange à poids égal de sable de Fontainebleau. Voici ces essais :

MATIÈRES PREMIÈRES.	COMPOSITION CHIMIQUE calculée du verre.	OBSERVATIONS.	SOLUBILITÉ.	DILATATION.
Fritte B. . . 90 SnO^2 . . . . 5 Sable. . . . 15	BoO^3. . . 22 CaO . . . 14 SiO^2. . . 6 SnO^2. . . 5 Ca. . . . 28 Fl. . . . 25	Verre opaque blanc. Moyenne dureté au broyage. Assez facilement fusible.	94	1 241
Fritte B. . . 90 NiO. . . . . 5 Sable. . . . 5	BoO^3. . . 22 CaO . . . 14 SiO^2. . . 6 NiO . . . 3 Ca. . . . 28 Fl. . . . 25	Verre opaque brunâtre. Moyenne dureté. Assez facilement fusible. Fusible vers 1000°.	93	1 130
Fritte B. . . 90 Cr^2O^3. . . . 5 Sable. . . . 5	BoO^3. . . 22 CaO . . . 14 Ca. . . . 28 Fl. . . . 25 SiO^2. . . 6 Cr^2O^3 . . 3	Verre opaque d'un beau vert. Facilement fusible. Moyenne dureté. Fusible au-dessous de 950°.	94	1 140
Fritte B. . . 90 CoO hydraté. 5 Sable. . . . 5	BoO^3. . . 22 CaO . . . 14 Ca. . . . 28 Fl. . . . 25 SiO^2. . . 6 CoO . . . 5	Verre opaque d'un beau bleu. Assez facilement fusible. Moyenne dureté. Fusible vers 1 000°.	88	1 143
Fritte B. . . 90 MgO . . . . 5 Sable 5	BoO^3. . . 22 CaO . . . 14 Ca. . . . 28 Fl. . . . 25 SiO^2. . . 6 MgO. . . . 5	Verre opaque d'un beau blanc. Moyenne dureté. Assez facilement fusible. Fusible vers 950°.	95	1 240

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Deux résultats nous paraissent ici intéressants à signaler : les additions de bioxyde d'étain ou de magnésie qui accroissent la dilatation.

Le rôle de la magnésie dans cet essai est remarquable en ce qu'il est d'accord avec le résultat de l'analyse de l'émail Golaz (bombe Mahler), que nous avons trouvé être un silico-borate fluoré de magnésie dépourvu de chaux, formé probablement d'un mélange de magnésie, de borax, de carbonate de potasse et de cryolite.

Nous avons fait une série d'essais sur le rutile, qui nous avaient paru intéressants au point de vue de la fluidité; mais ces émaux sont d'un médiocre intérêt; ils augmentent peu la dilatation, et sembleraient accroître encore la solubilité. Nous donnons cependant la série de ces essais :

MATIÈRES PREMIÈRES.	COMPOSITION CHIMIQUE calculée du verre.	OBSERVATIONS.	SOLUBILITÉ.	DILATATION.
Fritte B. . . 99 Rutile. . . . 1	BoO^3. . . 24 CaO . . . 16 Ca. . . . 30 SiO^2. . . 1 TiO^2. . . 1 Fl. . . . 28	Verre opaque blanc crème. Légèrement craquelé au refroidissement. Assez fluide à la coulée. Fusible vers 950°.	100	1 044
Fritte B. . . 98 Rutile. . . . 2	BoO^3. . . 24 CaO . . . 16 Ca. . . . 30 SiO^2. . . 1 TiO^2. . . 2 Fl. . . . 27	Verre opaque légèrement crème. Facilement fusible. Assez fluide. Fusible au-dessous de 950°.	99	1 245
Fritte B. . . 97 Rutile. . . . 3	BaO^3. . . 23 CaO . . . 16 Ca. . . . 30 SiO^2. . . 1 TiO^2. . . 3 Fl. . . . 27	Verre opaque légèrement jaunâtre. Facilement fusible. Assez fluide. Fusible au-dessous de 950°.	99	1 188
Fritte B. . . 95 Rutile. . . . 5	BoO^3. . . 23 Cao . . . 15 Ca. . . . 29 TiO^2. . . 5 Fl. . . . 27 SiO^2. . . 1	Verre opaque café au lait. Facilement fusible. Moyenne dureté. Fusible vers 950°.	99	1 144

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

MATIÈRES PREMIÈRES.	COMPOSITION CHIMIQUE calculée du verre.	OBSERVATIONS.	SOLUBILITÉ.	DILATATION.
Fritte B. . . 90 Rutile. . . . 10	BoO^3. . . 22 CaO. . . 14 Ca. . . . 28 SiO^2. . . 1 TiO^2. . . 10 Fl. . . . 25	Verre opaque café au lait. Facilement fusible. Moyenne dureté. Fusible au-dessous de 950°.	99	1 211
Fritte B. . . 85 Rutile. . . . 15	BoO^3. . . 20 CaO. . . 14 Ca. . . . 26 SiO^2. . . 1 TiO^2. . . 15 Fl. . . . 24	Verre opaque brunâtre. Facilement fusible. Moyenne dureté. Fusible au-dessous de 950°.	99	1 219

§ 5. — Mélanges complexes.

Il serait trop long et inutile d'exposer ici l'enchaînement d'idées qui, après les mélanges binaires et ternaires, nous a logiquement conduits à toutes les compositions essayées, d'autant plus que beaucoup nous étaient dictées par nos expériences antérieures.

Insistons seulement sur les résultats et les applications industrielles.

1° *Émaux dérivés de la fritte B avec addition de sable, carbonate de soude, rutile, cryolite, phosphate de soude :*

MATIÈRES PREMIÈRES.	COMPOSITION CHIMIQUE calculée du verre.	OBSERVATIONS.	SOLUBILITÉ.	DILATATION.
Fritte B. . 60 Rutile. . . 2 Sable. . . 25 Carbonate de soude. 8,6 Cryolite. . 8	BoO^3. . . 14 CaO. . . 9 Ca. . . . 19 Al. . . . 1 SiO^2. . . 26 NaO. . . 5 Na. . . . 3 TiO^2. . . 2 Fl. . . . 21	Verre opaque brunâtre. Moyenne dureté. Fusible au-dessous de 830°.	75	1 151

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

MATIÈRES PREMIÈRES.	COMPOSITION CHIMIQUE calculée du verre.	OBSERVATIONS.	SOLUBILITÉ.	DILATATION.
Fritte B. . 55 Rutile. . . 5 Sable. . . 25 Carbonate de soude. 8,6 Cryolite. . 10	BoO^3. . . 13 CaO . . . 9 Ca. . . . 17 Al. . . . 1 SiO^2. . . 26 NaO. . . 5 Na. . . . 3 TiO^2. . . 5 Fl. . . . 21	Verre brunâtre à demi dévitrifié. Fusible vers 830°.	74	1 077
Fritte B. . 50 Rutile. . . 8 Sable. . . 25 Carbonate de soude. 8,6 Cryolite. . 12	BoO^3. . . 12 CaO . . . 8 Ca. . . . 15 Al. . . . 1 SiO^2. . . 26 NaO. . . 5 Na. . . . 4 TiO^2. . . 8 Fl. . . . 21	Verre opaque café au lait. Moyenne dureté. Fusible au-dessous de 830°.	73	1 140
Fritte B. . 50 Rutile. . . 5 Sable. . . 30 Carbonate de soude. 8,6 Cryolite. . 10	BoO^3. . . 12 CaO . . . 8 Ca. . . . 15 NaO. . . 5 Al. . . . 1 SiO^2. . . 31 TiO^2. . . 5 Na. . . . 3 Fl. . . . 20	Verre opaque crème. Moyenne dureté. Très fluide. Fusible vers 1 050°.	40	1 066

Les trois premiers de ces émaux sont très satisfaisants au point de vue de la dilatation : ils sont malheureusement assez solubles dans les acides faibles. Il est intéressant de remarquer que ces trois émaux, bien que de compositions sensiblement différentes, ont des dilatations assez analogues, ce qui semblerait indiquer qu'on est au voisinage d'un maximum autour duquel les changements de composition ne produisent qu'une faible variation dans la dilatation.

C'est ce qui nous a conduits à l'émail (1) cité en dernier lieu, dans lequel nous nous sommes préoccupés d'augmenter la teneur en silice, de façon à diminuer la solubilité. Cet essai mérite attention, puisque avec une dilatation élevée il nous a donné le minimum de solubilité des émaux borosilicatés. Cet émail, d'ailleurs, s'appliquerait parfaitement sur fer pourvu qu'on chauffât à une température élevée, puisqu'il n'est fusible qu'à 1050°; il est d'ailleurs très peu attaquable aux acides.

(1) Nous désignerons cet émail, que nous avons employé comme fritte, sous le nom de fritte C.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

2° *Émaux dérivés de la fritte* C. — Nous avons cherché à améliorer encore cet émail par diverses additions de cryolite, pétalite et zircon. Voici ces quelques essais :

MATIÈRES PREMIÈRES.	COMPOSITION CHIMIQUE calculée du verre.	OBSERVATIONS.	SOLUBILITÉ.	DILATATION.
Fritte C. . . 90 Sable. . . . 5 CoO hydraté. 5	BoO^3. . 11 CaO . . 7 Ca. . . 14 NaO. . 4 Al. . . 1 SiO^2. . 33 TiO^2. . 4 Na. . . 3 CoO. . 5 Fl. . . 18	Verre opaque d'un beau bleu foncé. Assez fluide. Fusible au-dessous de 830°.	69	965
Fritte C. . . 90 Pétalite. . . 10	BoO^3. . 11 CaO . . 7 Ca. . . 14 NaO. . 4,6 Al. . . 1 SiO^2. . 35 TiO^2. . 4 Na. . . 3 Al^2O^3 . 2 LiO . . 0,4 Fl. . . 18	Verre opaque grisâtre. Assez fluide. Fusible au-dessous de 830°.	51	1 079
Fritte C. . . 90 Zircon . . . 4 Cryolite. . . 6	BoO^3. . 11 CaO . . 7 Ca. . . 14 NaO. . 5 Al. . . 1 SiO^2. . 29 TiO^2. . 5 Zr^2O^3 . 2 Fl. . . 21	Verre opaque grisâtre. D'aspect un peu cristallin. Assez fluide. Fusible au-dessous de 830°.	68	1 093
Fritte C. . . 90 Zircon . . . 7 Cryolite. . . 3	BoO^3. . 11 CaO . . 7 Ca. . . 14 NaO. . 4 Al. . . 1 SiO^2. . 30 TiO^5. . 5 Na. . . 4 Zr^2O^3 . 4 Fl. . . 20	Verre opaque crème. Assez fluide. Fusible au-dessous de 830°.	78	1 090

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le plus intéressant de ces émaux est le second, dont la dilatation est très voisine de celle du fer, dont la solubilité est faible, qui, à l'inverse de l'émail C est très fusible, qui paraît très adhérent au fer, qui, en un mot, réunit toutes les conditions théoriques d'un bon émail pour fer.

3° *Émaux à faible teneur en acide borique et plus siliceux.* — Dans une dernière série d'essais, nous avons cherché à obtenir l'insolubilité dans les acides en diminuant la proportion d'acide borique, tout en maintenant la teneur de silice au-dessus de 45 p. 100. Voici ces essais :

MATIÈRES PREMIÈRES.	COMPOSITION CHIMIQUE calculée du verre.	OBSERVATIONS.	SOLUBILITÉ.	DILATATION.
Sable . . . 40 Pandermite. 20 Kaolin calciné. . . 20 Carbonate de soude. 26 Cryolite . . 5,5	BoO^3. . 12 CaO . . 8 SiO^2. . 51,5 MgO. . 1 Al^2O^3 . 7 Al. . . 0,5 NaO. . 15 Na . . 2 Fl. . . 3	Verre bien limpide, incolore. Un peu difficilement fusible. Dur au broyage. Fusible au-dessous de 830°.	50	896
Sable . . . 40 Pandermite. 20 Kaolin calciné. . . 20 Carbonate de soude. 17 Magnésie. . 5 Cryolite . . 5,5	BoO^3. . 12 CaO . . 8 MgO. . 6 Al^2O^3 . . 7 SiO^2. . 51,5 NaO. . 10 Al. . . 0,5 Na. . . 2 Fl. . . 3	Verre limpide et incolore. Assez difficilement fusible. Dur au broyage. Fusible au-dessous de 830°.	50	809
Sable . . . 40 Pandermite. 20 Kaolin calciné. . . 20 Carbonate de soude. 26 Cryolite . . 4 Rutile . . . 2	BoO^3. . 12 CaO . . 8 MgO. . 1 Al^2O^3 . 7 SiO^2. . 51 NaO. . 15 Na. . . 1,4 TiO^2. . 2 Al. . . 0,3 Fl. . . 2,3	Verre bien limpide mais jaune brunâtre. Pâteux à la coulée. Dur au broyage. Fusible au-dessous de 830°.	50	859
Sable . . . 50 Pandermite. 18 Carbonate de chaux. 41 Carbonate de soude. 17	BoO^3. . 10 CaO . . 30 SiO^2. . 50 NaO. . 10	Verre transparent jaune foncé. Pâteux à la coulée. Dur. Fusible au-dessous de 830°.	51	901

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

MATIÈRES PREMIÈRES.	COMPOSITION CHIMIQUE calculée du verre.	OBSERVATIONS.	SOLUBILITÉ.	DILATATION.
(1) Sable . . . 50 Pandermite. 18 Carbonate de chaux. 23 Carbonate de soude. 35	BoO^3. . 11 CaO . . 19 SiO^2. . 50 NaO . . 20	Verre limpide jaune brunâtre. Pâteux à la coulée. Dur au broyage. Fusible au-dessous de 830°.	54	1 012
Fritte D . . 90 Kaolin. . . 10	BoO^3. . 10 CaO . . 17 SiO^3. . 51 NaO . . 18 Al^2O^3 . 4	Verre transparent jaune brunâtre. Pâteux à la coulée. Dur. Fusible au-dessous de 830°.	49	954
Fritte D . . 90 Rutile . . . 5,8 MgO. . . . 4,2	BoO^3. . 10 CaO . . 17 SiO^2. . 45 NaO . . 18 TiO^2. . 6 MgO . . 4	Verre transparent jaune brunâtre foncé. Assez fluide. Fusible au-dessous de 830°.	59	976
Fritte D . . 90 Phosphate tricalcique. 10	BoO^3. . 10 CaO . . 25 SiO^2. . 45 NaO . . 18 PhO^5 . 2	Verre transparent jaune brunâtre. Pâteux à la coulée. Fusible au-dessous de 830°.	55	1 058
Fritte D . . 90 Zircon . . . 6 Rutile . . . 4	BoO^3. . 10 CaO . . 17 SiO^2. . 47,6 NaO . . 18 TiO^2. . 4 Zr^2O^3 . 3,4	Verre transparent jaune brunâtre (caramel). Dur. Fusible au-dessous de 830°.	48	955
Fritte D . . 90 Cryolite . . 5 MgO. . . . 5	BoO^3. . 10 CaO . . 17 SiO^2. . 45 NaO . . 18 Na. . . 1,7 MgO . . 5 Al. . . 0,3	Verre transparent jaune brunâtre (caramel foncé). Dur. Fusible au-dessous de 830°.	71	1 019

(1) Nous désignerons cet émail, qui nous servira de fritte dans plusieurs des émaux qui suivent, sous le nom de fritte D.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

MATIÈRES PREMIÈRES.	COMPOSITION CHIMIQUE calculée du verre.	OBSERVATIONS.	SOLUBILITÉ.	DILATATION.
Fritte D . . 90 Pétalite . . 10	BoO^3. . 10 CaO . . 17 SiO^2. . 52,6 NaO . . 18 Al^2O^3 . 2 LiO . . 0,4	Verre transparent jaunâtre (caramel). Dur. Fusible au-dessous de 830°.	47	936
Fritte D . . 90 Rutile . . . 10	BoO^3. . 10 CaO . . 17 SiO^2. . 45 NaO . . 18 TiO^2. . 10	Verre transparent caramel très foncé. Fusible vers 830°.	70	1 016
Fritte D . . 90 Zircon. . . 10	BoO^3. . 10 CaO . . 17 SiO^2. . 51 NaO . . 18 Zr^2O^3 . 4	Verre jaune brunâtre foncé. Pâteux à la coulée. Dur. Fusible au-dessous de 830°.	46	940

Ces émaux ont tous une teneur en pandermite inférieure ou égale à 20 p. 100; la silice y dépasse 45 p. 100; ils présentent des dilatations inférieures à celles de la précédente série, mais très satisfaisantes encore. Composés en général de matières premières très économiques (sauf deux qui contiennent de la zircone ou du rutile), facilement fusibles, peu solubles dans les acides, ils constituent une série intéressante dans laquelle on pourrait choisir pour les applications sur tôle ou fer.

CONCLUSIONS

Avant de tirer de la discussion précédente et des chiffres de nos tableaux les conclusions présentant un intérêt technique ou industriel, nous devons faire remarquer qu'un travail de cinq mois dans un laboratoire n'a pas la prétention de résoudre d'une façon définitive une question aussi complexe que celle de l'émaillage sur fer et tôle, qui, dans les usines, a souvent exigé des années d'études.

Nous n'avons entrepris ici qu'une étude préparatoire, traçant la voie à des recherches plus complètes et surtout industrielles.

Nous dépasserions donc notre but et serions en même temps exposés à sortir de la vérité, si nous donnions ici des conclusions trop catégoriques.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Sous ces réserves, résumons brièvement les résultats qui pourront peut-être servir à des applications industrielles.

1° La pandermite forme avec le feldspath, vers 750°, une fritte (A) très homogène, sans départ d'acide borique et qui pourrait être une excellente fritte boriquée commerciale.

2° Avec le spath-fluor, la fritte obtenue est beaucoup plus fusible, et nous croyons qu'il peut y avoir là également un mélange intéressant pouvant servir à accroître la dilatation d'un émail donné.

3° Parmi les mélanges simples (binaires ou ternaires) l'émail composé de pandermite, carbonate de soude et sable, dont la dilatation est de 804, pourrait être essayé sur tôle et fonte; signalons encore l'émail à 80 p. 100 de pétalite, peut-être un peu coûteux, puisqu'il y entre beaucoup de pétalite, mais qui s'appliquerait bien à certaines faïences.

4° Il existe une série d'émaux contenant de la cryolite, du spath-fluor et un peu de rutile, dont les dilatations sont très élevées, dont les fusibilités sont satisfaisantes et qui se recommanderaient pour l'émaillage du fer et même de métaux à dilatation plus élevée. Nous devons signaler particulièrement l'émail obtenu en partant de la fritte C et contenant 10 p. 100 de pétalite; il paraîtrait très approprié au fer, et, sauf vérification industrielle, peut être recommandé comme émail hygiénique pour quincaillerie.

5° Sans recourir à la cryolite ni au rutile, on peut obtenir des émaux à dilatations moins élevées sans doute, mais encore très satisfaisantes par de simples mélanges de sable, carbonate de soude, pandermite, et de quelques autres substances. Cette dernière série (voir notre dernier tableau) donne une solution moins parfaite de l'émail à haute dilatation, mais correspond à des compositions plus industrielles : elle serait intéressante à essayer.

Il semble encore résulter de cet ensemble d'essais que le problème d'émaillage des fontes et tôles par des émaux calcaires non plombifères, parfaitement hygiéniques, est possible lorsqu'on se sert de l'acide borique. Il existe même toute une gamme d'émaux de dilatations croissantes, de fusibilités variables entre lesquels on peut choisir, et dont quelques-uns sont très peu solubles dans les acides. La présence de la chaux ne paraît nuire en rien aux qualités des émaux.

Nous pensons donc que le borate calcique peut rendre des services aux industries d'émaillage et à la céramique et pourrait se substituer avec économie au borate de soude aujourd'hui presque seul usité.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

PUBLICATION DE RÉPERTOIRES BIBLIOGRAPHIQUES

DES SCIENCES PURES ET APPLIQUÉES

ÉTABLIS CONFORMÉMENT A LA

CLASSIFICATION DÉCIMALE

Nous avons publié, dans le *Bulletin* de mai, une conférence de M. Sauvage expliquant les principes de la *Classification bibliographique décimale* et faisant ressortir les avantages de ce système pour la mise en ordre des documents bibliographiques de toute nature.

Dans cette conférence, M. Sauvage faisait allusion à la création, à Paris, d'un *Bureau bibliographique* qui se propose d'apporter son concours à la publication de l'édition en langue française du *Répertoire bibliographique universel* dont le plan a été élaboré par l'Institut international de Bibliographie.

Ce Bureau fait, dès maintenant, appel à la coopération des Sociétés savantes et industrielles de France pour assurer l'impression prochaine des branches de ce Répertoire qui concernent les sciences pures et appliquées (Sections 5, 6 et 7 de la Classification décimale).

Nous reproduisons ci-après la lettre qu'il a adressée à notre Société pour solliciter son appui dans ce but et la note explicative qui était jointe à cette lettre.

Ces documents ont été renvoyés à l'examen de la Commission du *Bulletin* qui a décidé, pour y répondre, et comme premier concours à l'œuvre du Bureau bibliographique, de publier, à titre d'essai, dans chacun des numéros du *Bulletin*, les *Notices* ou *Sommaires bibliographiques* concernant les articles parus dans le numéro précédent (1).

Ces sommaires seront établis sur le type préconisé par le Bureau bibliographique, avec indication des numéros correspondants de la Classification bibliographique décimale. Ils seront imprimés sur le recto seulement des feuilles de

(1) Les abonnés qui désireront recevoir des exemplaires supplémentaires de ces feuilles pourront se les procurer en s'adressant à l'imprimerie du *Bulletin*.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

façon à pouvoir être découpés et collés sur fiches du format adopté pour la publication du Répertoire bibliographique universel.

Nous donnons avec ce numéro, sous forme de feuilles encartées dans une couverture spéciale, les sommaires bibliographiques des sept premières livraisons de l'année 1898, et nous publierons dorénavant, chaque mois, les sommaires du mois précédent,

« Paris, le 10 mai 1898.

« Monsieur le Président,

« Une association qui compte déjà parmi ses adhérents un certain nombre de membres de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale est en voie de formation à Paris, sous le nom de *Bureau bibliographique*, et a pour but de coopérer à la préparation du Répertoire bibliographique universel dont l'Institut international de bibliographie, fondé à Bruxelles en 1895, a entrepris la publication.

« Cette association fait appel, pour la seconder dans cette tâche, aux sociétés savantes et aux éditeurs des grandes publications techniques qui peuvent lui apporter un utile concours.

« Elle a cru pouvoir s'adresser en première ligne à la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale et elle espère en obtenir l'appui pour une œuvre qui doit être particulièrement utile aux industriels de notre pays.

« Une note imprimée jointe à cette lettre, expose les conditions dans lesquelles le *Bulletin de la Société d'Encouragement*, dans la partie déjà consacrée à la bibliographie, pourrait se prêter à l'insertion de notices se rattachant à la préparation du Répertoire bibliographique des sciences pures et appliquées dont il nous paraît surtout utile de provoquer la publication.

« Des faits survenus depuis la rédaction de cette note nous permettent de préciser plus encore le concours que nous demanderions, pour le moment, à la Société d'Encouragement.

« Nous espérons obtenir que plusieurs des plus importantes publications techniques françaises fassent paraître périodiquement, avec le concours du Bureau bibliographique de Paris, des tables analytiques sommaires des principaux articles qu'elles auront insérés, en donnant à ces sommaires une disposition qui permette de les utiliser pour la réimpression des répertoires bibliographiques projetés.

« Dans ces conditions et pour sa part de coopération à l'œuvre de la publication de ce répertoire, la Société d'Encouragement n'aurait à insérer dans son *Bulletin*, sous une forme différente de celle qui a été adoptée jusqu'à ce jour,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

que les notices bibliographiques qui n'auront pas déjà trouvé place dans les autres publications techniques dont il s'agit.

« La partie de ce *Bulletin* qui, pour répondre à notre demande, aurait à recevoir une disposition nouvelle, pourrait ainsi être considérablement réduite et les dispositions typographiques actuelles, plus compactes, pourraient être conservées pour tous les autres renseignements bibliographiques que l'on croirait utile de laisser, en outre, subsister dans le *Bulletin*.

« Il est bien entendu, comme l'indique la Note imprimée ci-jointe, que le concours que la Société d'Encouragement apporterait ainsi à l'œuvre du Bureau bibliographique de Paris pourrait toujours être réduite au gré de la Société et, resterait limité dans la mesure des crédits qu'elle entendrait consacrer à la partie bibliographique de son *Bulletin*.

« Pour le début et à titre d'essai, la Société d'Encouragement pourrait même se borner, en attendant l'organisation définitive du Bureau bibliographique, à publier, sous forme de sommaires mensuels, une table analytique des articles parus dans ce *Bulletin*, table qui pourrait être établie d'après le type dont nous joignons à cette lettre un spécimen.

« Cette simple mesure pourrait déjà, à elle seule, rendre service à un certain nombre de lecteurs du *Bulletin*, auxquels elle permettrait de se constituer un répertoire sur fiches et d'un classement commode, pour les articles parus dans le *Bulletin*.

« Nous espérons, Monsieur le Président, que vous jugerez notre proposition digne d'être prise en considération, et qu'après examen la Société d'Encouragement voudra bien donner son précieux appui à l'œuvre que nous lui signalons.

« Nous en avons d'autant plus l'espoir que cette œuvre correspond, avec un caractère moins exclusif et plus utilitaire à celle que la Société royale de Londres a entreprise pour la publication, en langue anglaise, d'un répertoire limité aux sciences pures.

« Veuillez agréer, Monsieur le Président, l'assurance de notre haute considération.

« *Signé :*

« Général SÉBERT et C. M. GARIEL. »

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

CONSTITUTION

A PARIS

D'UN

BUREAU BIBLIOGRAPHIQUE

DESTINÉ A ASSURER

LA PUBLICATION DE DIFFÉRENTES BRANCHES

DU

RÉPERTOIRE BIBLIOGRAPHIQUE UNIVERSEL

L'Institut international de bibliographie fondé à Bruxelles, en 1895, a entrepris la publication d'un Répertoire bibliographique universel des connaissances humaines basé sur l'emploi du système de numération dit *Classification bibliographique décimale*, qui permet un classement commode et indéfiniment extensible de tous les documents bibliographiques recueillis (1).

Une section française de cet Institut s'est constituée à Paris, en 1896, dans le but de coopérer à cette œuvre considérable, pour laquelle il est fait appel à la coopération internationale et au concours des sociétés savantes et des hommes de bonne volonté de tous les pays.

Le Répertoire universel conçu par l'Institut international de bibliographie et qui a reçu le nom de *Bibliographia universalis*, doit être constitué sous forme de fiches, d'un modèle déterminé, consacrées chacune à une seule notice bibliographique et il doit être formé d'une série indéfinie de répertoires partiels, établis sur le même plan, répertoires qui pourront être préparés dans les différents pays et que reliera entre eux la Classification commune adoptée.

(1) La classification bibliographique décimale proposée en 1873, par M. Melvil Dewey, directeur de la Bibliothèque universitaire de New-York et qui s'est rapidement répandue en Amérique, est exposée dans l'ouvrage intitulé : *Decimal Classification and Relativ Index*. Boston, 5e édition, 1894, et dans les publications de l'Institut international de Bibliographie. Bruxelles, 1, rue du Musée.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L'Institut de Bruxelles s'est réservé le soin de préparer le Répertoire des publications rétrospectives, dont le manuscrit, établi sur fiches, comporte déjà un développement considérable.

Ce répertoire ne pourra probablement pas être livré à l'impression avant quelques années, mais il peut déjà en être fourni des copies, sur demande, aux établissements ou aux particuliers qui peuvent désirer en avoir des doubles, soit partiels, soit même au complet.

Pour l'établissement du Répertoire des actualités, l'Institut fait, au contraire, appel à la coopération la plus étendue et il entend constituer la *Bibliographia universalis* par la réunion de toutes les bibliographies partielles qui pourront être préparées en tous les pays, sur des types susceptibles de se rattacher à l'œuvre commune, et ces bibliographies pourront être, soit des répertoires, aussi complets que possible, des différentes branches des sciences, soit des répertoires n'ayant pas la prétention d'être complets, mais se proposant seulement de constituer une *contribution* limitée à la bibliographie d'une science déterminée.

Ces répertoires ne doivent pas d'ailleurs être restreints seulement aux publications, sous forme d'ouvrages de bibliothèque, mais ils doivent comprendre aussi la bibliographie des mémoires et articles parus dans les publications périodiques et dans les polygraphies, et même dans certains cas celle des simples articles de journaux et publications éphémères.

Le système de classement adopté permet d'assurer l'intercalation à leur place, à tout moment, des matériaux nouveaux apportés à l'œuvre.

Un certain nombre de Sociétés ou d'établissements de divers pays ont déjà répondu à l'appel de l'Institut, et commencé à faire paraître des bibliographies spéciales rattachées au plan général de la publication qu'il a conçue (1).

D'autres Sociétés, notamment en France, se préoccupent d'assurer la publication des répertoires des branches de science qui les intéressent.

Nous citerons notamment la Société de physique, la Société de photographie, l'Association des chimistes, etc.

L'Association française pour l'avancement des sciences a déjà eu l'occasion de montrer l'intérêt qu'elle porte à cette œuvre, et la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale a été saisie également, par quelques-uns de ses membres, de la question du concours qu'elle pourrait y apporter.

La Section française de l'Institut international de bibliographie a pensé, dans ces conditions, qu'il était de son devoir d'intervenir pour chercher à coordonner tous ces efforts et en faciliter le succès, en assurant la publication des différentes bibliographies que les Sociétés françaises peuvent désirer voir paraître et dont elles seraient disposées à préparer les matériaux.

(1) Voir *Bulletin de l'Institut international de Bibliographie*, Liste des publications.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Elle a pensé qu'elle pourrait arriver à ce résultat avec l'aide de celles de ces Sociétés qui possèdent des Bulletins périodiques dans lesquels une place notable est déjà attribuée ou peut être accordée à la Bibliographie scientifique, et elle croit aussi pouvoir compter, dans ce but, sur le concours des éditeurs de Revues techniques et industrielles.

Il est à remarquer, en effet, que c'est surtout pour les branches des Sciences appliquées, que la publication de Répertoires bibliographiques faciles à consulter présente de l'intérêt, car toutes les personnes engagées dans une industrie sont directement intéressées à se tenir au courant, sans retard, de toutes les nouveautés et de tous les progrès déjà réalisés ou encore à l'étude concernant, de près ou de loin, les branches de sciences qui touchent à cette industrie.

Les bulletins spéciaux des Sociétés industrielles, comme les publications techniques, sont donc dans leur rôle en apportant, à leurs lecteurs habituels ces moyens d'information sous la forme la plus commode et la plus utile.

Mais pour que ces efforts isolés puissent porter tous leurs fruits, il est nécessaire qu'ils soient coordonnés, d'après un même plan, pour éviter des pertes de temps et d'argent, et qu'ils soient rattachés à une œuvre qui puisse servir de lien entre eux, pour leur imprimer une direction unique et pour tirer le parti le plus avantageux des matériaux ainsi réunis.

Pour arriver à ce résultat, en ce qui concerne les publications techniques françaises, la Section française de l'Institut bibliographique a été amenée à provoquer la formation, à Paris, d'une association spéciale qui a reçu le nom de Bureau bibliographique, et qui lorsqu'elle disposera de ressources suffisantes pour pouvoir intervenir utilement dans l'œuvre de préparation des matériaux bibliographiques dont il s'agit, pourra apporter son concours aux Sociétés ou aux éditeurs qui seraient disposés à ouvrir les colonnes de leurs Revues et Bulletins à la publication de ces matériaux et à se prêter à leur réimpression, sous forme de fiches, du Répertoire bibliographique universel.

Ce *Bureau bibliographique,* qui a son siège à l'Hôtel des Sociétés savantes (rue Serpente), pourra constituer des annexes ou détacher des délégués auprès des différentes Sociétés ayant un service organisé pour la publication d'un Bulletin spécial.

Ses agents auraient pour mission de centraliser les matériaux pour la publication des notices bibliographiques qui pourraient être préparées par les membres des diverses Sociétés savantes désireuses d'assurer la publication de répertoires concernant des spécialités déterminées.

Ils opéreraient le triage et l'*indexation* de ces notices et en distribueraient la *copie* ainsi rectifiée et coordonnée, aux imprimeurs des différentes publications qui ouvriraient leurs colonnes à ces documents.

On assurerait ainsi l'adoption de types d'impression uniformes et susceptibles

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de permettre l'utilisation ultérieure de ces matériaux bibliographiques pour la publication des répertoires spéciaux sur fiches.

Là encore, le Bureau bibliographique interviendrait, en apportant son concours aux diverses Sociétés ou aux éditeurs qui auraient accepté de participer à l'œuvre.

Il s'entendrait avec eux pour reprendre la composition imprimée des notices et en faire la réimpression sous forme de fascicules convenables ou directement sous forme de fiches, en vue de constituer les Répertoires à mettre en vente.

Il se chargerait enfin, de concert avec l'Office international de Bruxelles, du service des abonnements, échanges et distributions de ces répertoires, de façon à en assurer la propagation.

Le Bureau bibliographique, ainsi constitué à Paris, serait tout naturellement indiqué pour conserver le dépôt d'un exemplaire complet du Répertoire bibliographique universel, dont l'original est, comme nous l'avons dit, réuni à Bruxelles par les soins de l'Institut international de bibliographie.

Parmi les Sociétés, sur le concours desquelles le Bureau bibliographique de Paris croit pouvoir compter pour la réalisation de ses projets, se trouve en première ligne la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale et c'est avec confiance qu'il croit pouvoir faire appel à l'appui de son Conseil pour cette œuvre, qui lui semble de nature à l'intéresser.

Comme on l'a dit plus haut, c'est, en effet, surtout pour les branches des Sciences appliquées que la publication de Répertoires bibliographiques faciles à consulter et tenus régulièrement à jour présente de l'intérêt.

La Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale, qui est si bien placée pour prendre en mains les intérêts de toute l'industrie française et pour coordonner l'action des diverses Sociétés industrielles de France, qui ont été fondées sur un plan analogue au sien, serait, par suite, entièrement dans son rôle en prenant en mains cette question et en étudiant les moyens d'assurer la publicité des différentes branches de bibliographies des sciences appliquées dont le besoin lui serait signalé.

Par cette intervention, elle rendrait à l'Industrie française un service indiscutable, sous une forme qui répond aux besoins de l'époque actuelle et elle contribuerait ainsi à combler une lacune souvent signalée (1). Elle contribuerait ainsi peut-être à enrayer le mouvement d'expansion considérable que l'industrie étrangère prend actuellement au détriment de la nôtre ou, tout au moins, elle viendrait en aide à nos industriels pour leur faciliter la lutte contre la concurrence redoutable des autres pays.

Pour réaliser cette idée, il suffirait que la Société d'Encouragement con-

(1) Voir notamment : BONNANGE, *Projet d'un catalogue universel des productions intellectuelles*. Paris, Gautier-Villars, 1874.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sentît à ouvrir les colonnes de la partie bibliographique de son Bulletin pour la publication des Notices destinées à figurer dans les différentes bibliographies projetées, qui se rattachent aux sujets dont elle s'occupe.

Les manuscrits de ces Notices pourraient, au besoin, lui être fournis par les soins du Bureau bibliographique qui servirait ainsi d'intermédiaire entre elle et les autres Sociétés ou les collaborateurs qui accepteraient de s'occuper de la recherche de ces matériaux.

Pour faciliter le travail, le Bureau bibliographique pourrait mettre à la dis position de la Société d'Encouragement un employé qui serait chargé de centraliser le travail de coordination de ces documents et de s'occuper des détails relatifs à l'impression.

Les modifications à faire subir à la composition de la partie bibliographique actuelle du *Bulletin de la Société d'Encouragement* pour l'approprier aux conditions demandées pour la publication de la *Bibliographia universalis* seraient facilement réalisables, ainsi que le montrent les feuilles ci-jointes préparées à titre de spécimen (Annexe n° 1).

On admet que la Société d'Encouragement, à titre de concours à l'œuvre, pourrait consentir, au moins dans une certaine mesure, à supporter les frais de cette composition.

Elle pourrait le faire, par exemple, dans la limite des crédits qu'elle consacre déjà annuellement à cette partie de son Bulletin.

Elle ne prendrait donc ainsi à sa charge qu'une *contribution*, qui pourrait rester limitée au degré qu'elle jugerait convenable, à la publication des bibliographies dont il s'agit.

Si, sur la demande des Sociétés intéressées, elle était amenée à développer davantage la partie de son Bulletin ainsi consacrée à la bibliographie industrielle et scientifique, elle serait en droit de ne le faire qu'après avoir obtenu du Bureau bibliographique, représentant les intérêts de ces Sociétés, une subvention correspondante pour équilibrer le chapitre de son budget affecté à ce Bulletin.

Pour tirer de la publication ainsi faite, dans le Bulletin de la Société d'Encouragement, tout le parti désirable, il resterait à prendre des mesures pour assurer, par un tirage à part, convenablement exécuté, la possibilité de mettre à la disposition de toutes les personnes intéressées les feuilles imprimées permettant de découper et coller sur fiches les notices bibliographiques utiles à chacun ou mieux les fiches toutes préparées pour lesquelles les intéressés devront pouvoir souscrire des abonnements limités aux branches spéciales des sciences qui les concernent particulièrement.

Ce serait encore le rôle du Bureau bibliographique de s'occuper de ce soin.

Il aurait donc à prendre à sa charge les frais des nouveaux tirages, pour

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

lesquels on utiliserait, en la remaniant au besoin, la composition extraite du *Bulletin de la Société d'Encouragement* et il aurait à s'occuper du service des abonnements, dont le montant viendrait en déduction de ses dépenses.

Il ferait, en un mot, œuvre d'éditeur en utilisant, pour réduire ses frais, le concours des Sociétés intéressées pour la préparation de la copie et celui de la *Société d'Encouragement* pour les dépenses de première impression, dans les limites qu'elle consentirait à accepter.

La publication ainsi entreprise pouvant être amenée à prendre une grande extension, le Bureau bibliographique se réserverait, ainsi qu'il sera dit plus loin, la possibilité de la développer parallèlement, avec l'aide d'autres Sociétés ou d'éditeurs de publications périodiques, de façon à pouvoir toujours restreindre le concours qui lui serait apporté par le *Bulletin de la Société d'Encouragement*, dans les limites compatibles avec les convenances de la Société.

Les tirages à part qui seraient effectués, ainsi qu'il vient d'être dit, par les soins du Bureau bibliographique devraient être combinés de façon à permettre d'en scinder la publication en autant de branches ou bibliographies distinctes qu'il pourra être utile de le faire, pour satisfaire aux désirs des spécialistes et pour permettre à ceux-ci de limiter leurs demandes d'abonnement aux seules parties qui les intéressent.

On admet qu'au moins au bout d'un certain temps, les abonnements recueillis, pour les différentes bibliographies ainsi publiées, viendraient compenser les dépenses auxquelles le Bureau bibliographique aurait à faire face, et qui exigeraient, dès le début, une certaine mise de fonds.

Pour permettre d'apprécier jusqu'à quel point cette supposition peut être fondée, il n'est peut-être pas inutile de préciser ici la façon dont il convient d'envisager la marche à suivre pour la constitution de collections, pratiquement utilisables, de documents bibliographiques semblables à ceux qu'a en vue l'Institut international de Bruxelles.

On répondra ainsi aux objections qui se présentent naturellement à l'esprit, au sujet des difficultés pratiques que peut rencontrer la réalisation du plan de la *Bibliographia universalis*.

L'idéal serait évidemment que chaque personne intéressée dans une branche de science ou d'industrie, chaque ingénieur, chaque homme de science, pût recueillir sur des fiches d'un emploi commode et d'un classement facile, comme celles dont fait usage l'Institut international de bibliographie, tous les renseignements bibliographiques qu'il peut avoir intérêt à posséder.

Pour réunir et conserver ces renseignements, à l'exclusion de ceux qui ne peuvent lui être utiles et qui, en s'accumulant, formeraient, avec le temps, une masse encombrante et difficilement utilisable, il faut que chacun ait à sa disposition le moyen de parcourir rapidement la série des notices qui peuvent

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

présenter pour lui de l'intérêt et aussi, le moyen d'extraire et de choisir, pour être conservées, sur fiches classées méthodiquement, celles dont il désire garder trace.

Cette conception a été réalisée déjà pour une branche bien déterminée des sciences appliquées, pour l'Industrie des chemins de fer, par l'Association constituée entre les Compagnies d'exploitation des voies ferrées des différents pays sous le nom de Commission internationale des Congrès des chemins de fer.

Cette Association, qui publie depuis dix ans un Bulletin spécial, vient, en effet, de transformer la partie bibliographique de ce recueil de façon à y insérer les notices bibliographiques concernant l'Industrie des Chemins de fer, sous la forme voulue pour les faire servir à constituer une contribution spéciale à la publication de la *Bibliographia universalis*.

La composition de cette partie bibliographique est utilisée par elle, pour joindre à chaque numéro du Bulletin un tirage à part, sur feuilles minces imprimées d'un seul côté. Elle rend ainsi possible de découper isolément les notices figurant sur ces feuilles et de les coller séparément sur des fiches, du modèle adopté par l'Institut international; en laissant de côté, si on le désire, celles de ces notices que l'on ne tient pas à conserver.

Au siège du secrétariat de la Commission internationale du Congrès des Chemins de fer se trouve enfin une double collection des fiches, comprenant toutes ces notices, l'une des collections étant classée par ordre alphabétique de noms d'auteurs, l'autre par ordre méthodique d'après le numérotage de la Classification bibliographique décimale.

On conçoit que des collections complètes semblables puissent être constituées aussi dans les principaux bureaux de chacune des grandes compagnies intéressées. Les ingénieurs de ces compagnies auxquels la publication du Bulletin bibliographique précité donne le moyen de collectionner toutes les fiches bibliographiques de nature à leur être utiles, peuvent donc aussi, en consultant les collections complètes des compagnies, combler les lacunes de leurs collections personnelles, lorsque des circonstances particulières peuvent leur en donner le désir ou leur faire regretter d'avoir négligé tout d'abord, de recueillir certaines catégories de documents.

C'est évidemment ce type que l'on doit chercher à reproduire pour les différentes branches de sciences ou d'industries.

Il faudrait que chaque homme de science, ou chaque ingénieur ou directeur d'exploitation ou d'usine, pût consulter une publication spéciale réunissant les documents bibliographiques qui l'intéressent particulièrement et eût les moyens de recueillir et de classer sur fiches les notices qu'il croit utile de conserver pour son usage personnel, en même temps qu'il pourrait toujours trouver à sa disposition, dans les établissements ou dans les centres de réunion des Sociétés

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

industrielles de sa région, les collections bibliographiques complètes qui lui permettraient de combler, quand il en éprouverait le besoin, les lacunes de ses collections particulières.

Malheureusement les diverses Sociétés savantes ou industrielles, qui se rattachent aux différentes branches des connaissances humaines, n'ont pas toutes la puissante organisation internationale et les ressources financières que possède l'Association du Congrès des chemins de fer, et elles se trouvent arrêtées par des difficultés matérielles multiples lorsqu'elles veulent, comme l'ont tenté récemment plusieurs d'entre elles, organiser la publication de bibliographies tout à fait spéciales, mais aussi complètes que possible dans leurs spécialités.

L'œuvre peut devenir évidemment plus facile si l'on considère un ensemble de bibliographies concernant le groupe des sciences pures et appliquées, et si l'on peut mettre à profit, pour en entreprendre la publication, un recueil estimé embrassant déjà, dans son programme, l'ensemble même de ces sciences.

C'est ce qui justifie la tentative faite par le Bureau bibliographique auprès de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale.

Il ne limitera pas, à cette Société, sa demande de concours pour l'œuvre considérable à laquelle il associe ses efforts, et il espère rencontrer aussi auprès des autres Sociétés savantes et des éditeurs français un concours analogue qui lui permettra de donner, aux publications qu'il a en vue, l'extension nécessaire.

Le Bureau bibliographique se propose, ainsi qu'il a été dit plus haut, de constituer à Paris, à l'hôtel des Sociétés savantes, un double du grand répertoire rétrospectif sur fiches qu'a préparé l'Institut international de Bruxelles et de tenir à jour une collection complète des répertoires bibliographiques des actualités.

Il espère que son exemple sera suivi par d'autres institutions, et par de grands établissements et qu'il pourra compter, par suite, sur des abonnements aux publications sur fiches des différentes branches des Bibliographies projetées.

Les universités, les établissements d'enseignement, les grandes administrations, les sociétés industrielles, auraient intérêt, en effet, à posséder et à tenir à jour des collections de ces répertoires limitées aux branches de sciences qui concernent spécialement chacun de ces établissements.

On est donc en droit de compter, pour l'avenir, sur certaines ressources provenant d'abonnements de ce genre, lorsque l'œuvre sera connue et appréciée.

On peut espérer aussi que le Bureau bibliographique pourra recueillir, de la part des travailleurs isolés, un certain nombre d'abonnements pour des bibliographies très spécialisées et plus particulièrement pour celles qui pourront être publiées à un prix modéré, sous forme de fascicules imprimés sur le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

recto des pages, de façon à permettre de découper et coller sur fiches les notices que l'on désirerait conserver.

Il y a lieu de compter encore sur l'appui que pourraient fournir au Bureau bibliographique des sociétés particulières, auxquelles il apporterait son concours, pour la publication des bibliographies spéciales qu'elles peuvent désirer voir naître et dont elles seraient sans doute amenées à subventionner la création.

Les éditeurs des grandes publications scientifiques pourront enfin s'associer, sans doute, à l'œuvre du Bureau bibliographique, en ouvrant les colonnes de ces recueils à la publication de notices bibliographiques spéciales, dans des conditions analogues à celles qui ont été indiquées plus haut pour le *Bulletin de la Société d'Encouragement*.

La note annexe ci-jointe (Annexe n° 2) donne une nomenclature abrégée de quelques-unes des différentes branches de sciences appliquées et d'industries pour lesquelles on peut concevoir l'établissement de bibliographies spéciales, avec l'indication des numéros de la Classification décimale, sous lesquels ces répertoires particuliers viendraient se localiser. Cette note peut servir à donner un aperçu des relations qui pourraient être établies entre ces publications et les Sociétés françaises pour lesquelles elles peuvent présenter un intérêt ou les recueils techniques qui traitent de sujets qui s'y rattachent.

L'examen de cette note est de nature à montrer que l'on est en droit d'attendre, sans témérité, de sérieux concours, pour une œuvre qui, bien dirigée et sagement réalisée, peut toucher à de si nombreux intérêts et le Bureau bibliographique espère que la Société d'Encouragement, en lui donnant la première son appui, en assurera le succès au grand profit de l'industrie de notre pays.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT

POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE

(Spécimen de notices classées en ordre méthodique.)

1° BIBLIOGRAPHIE DES LIVRES

Laisant (C.-A.). **51 (01)**

1898. La Mathématique. Philosophie, enseignement, par C.-A. Laisant.

(Bibliothèque de la *Revue générale des Sciences.*)

Paris, 1898 — 1 vol. in-8° carré,
G. Carré et C. Naud — 296 p. et 5 fig. Pr. cart. 5 fr.

Chappuis et Berget. **53 (022)**

1898. Cours de physique à l'usage des candidats aux écoles spéciales, par James Chappuis, agrégé, docteur ès sciences, professeur de physique à l'École centrale et Alphonse Berget, docteur ès sciences, attaché au Laboratoire des recherches physiques à la Sorbonne.

Paris, 1898 — 1 vol. in-8° (26 × 17),
Gauthier-Villars et fils — 700 p. et 166 fig. Pr. 11 fr.

Cranz (Carl). **53.155**

1897. Compendium der Theoretischen ausseren ballistik (Résumé de balistique théorique extérieure), par Carl Cranz, professeur de physique à l'école réale de Stuttgard.

Leipzig, 1897 — 1 vol. in-8°
B.-T. Teubner — 812 p. et 110 fig. Pr. 25 fr.

Coupin (H.). **578**

1896. Ce qu'on peut voir avec un petit microscope, par H. Coupin, docteur ès sciences.

Paris, 1887 — 1 vol. in-8
Ch. Mendel — 120 pp. et 10 pl. Pr. : 2 fr.

Panatovié (Dr J.-P.). **547.23**

1897. Calcium Carbid und Acetylen (Carbure de calcium et acétylène), par le Dr J.-P. Panatovié.

Leipzig, 1897 — 1 vol. in-8
F.-A. Barth. — 130 pp.

Fleurent (Émile). **543**

1897. Manuel d'analyse chimique appliquée à l'examen des produits industriels et commerciaux, par Émile Fleurent, docteur ès sciences, professeur de chimie industrielle au Conservatoire des Arts et Métiers.

Paris, 1897 — 1 vol. in-8° carré.
G. Carré et C. Naud — 582 p. 101 fig. Pr. 12 fr.

Fink (F.). **544 + 545**

1897. Précis d'analyse chimique, par E. Fink, chef des travaux pratiques d'analyse à l'École de physique et de chimie de la Ville de Paris.

Paris, 1897 — 2 vol. in-16.
G. Carré et Naud — 1re partie : 190 pp. et fig. Pr. cart. : 2 50
2e partie : 312 pp. — — 5 fr.

Thomas (V.). **54.612**

1897. Contribution à l'étude de quelques sels halogènes, par V. Thomas, préparateur de chimie appliquée à la Faculté des sciences de Paris. Thèse pour le doctorat de la Faculté des sciences de Paris.

Paris, 1897 — 1 broch. in-8
Gauthier-Villars et fils — 80 pp.

Armagnat (H.). **53.77**

1897. Instruments et méthodes de mesures électriques industrielles, par H. Armagnat, chef de bureau des mesures électriques des ateliers Carpentier.

Paris, 1897 — 1 vol. in-8° carré,
G. Carré et Naud — 528 p. et 175 fig. Pr. cart. 12 fr.

Bedell et Créhore traduit par Berthon. **5376**

1897. Étude analytique et graphique des courants alternatifs à l'usage des ingénieurs et des élèves des écoles, par F. Bedell et A.-C. Créhore, professeurs à l'université de Cornill (États-Unis), traduite de l'anglais par J. Berthon, ingénieur des arts et manufactures.

Paris, 1897 — 1 vol. in-8° raisin,
G. Carré et C. Naud — VIII-264 p. et fig. Pr. 10 fr.

Reuleaux (F.) traduit par Debize. **62 (022)**

1890. Le Constructeur. Principes, formules, tracés, tables et renseignements pour l'établissement des projets de machines à l'usage des ingénieurs, constructeurs, architectes, mécaniciens, etc., par F. Reuleaux, professeur à l'école polytechnique de Berlin, 3e édition française, traduite de l'allemand sur la 4e édition, par Debize, ingénieur en chef des Manufactures de l'État.

Paris, 1890 — 1 vol. in-8.
Savy — IV-208 pp. et 1184 fig.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pellissier (G.). **6657**

1889. L'éclairage à l'acétylène. Historique, fabrication, appareils, applications, dangers, par G. Pellissier.

Paris, 1898 — 1 vol. in-8° carré,
G. Carré et Naud — 237 p. et 102 fig. Pr. 5 fr. cart.

Arth (G.). **6699**

1897. Recueil de procédés de dosage pour l'analyse des combustibles, des minerais de fer, des fontes, des aciers et des fers, par G. Arth.

Paris, 1897 — 1 vol. in-8° carré,
G. Carré et C. Naud. — 313 p., 61 fig., et 1 pl. Pr. 8 fr. cart.

Andreasch (Fr.). **675**

1897. Gaerungsercheinungen in Gerbbruhen (Les fermentations en tannerie), par Fr. Andreasch.

Wien, 1877 — 1 broch. in-16,
Fachzeitschrift der Gerber — 108 p.

Colson (R.). **772.152**

1898. La plaque photographique (gélatino-bromure d'argent). Propriétés, le visible, l'invisible, par R. Colson.

Paris, 1898 — 1 vol. in-8° carré,
G. Carré et C. Naud — 164 p. avec fig. et 1 pl.

Hébert (Alexandre). **53.75**

1898. La technique des rayons X. Manuel opératoire de la radiographie et de la fluoroscopie à l'usage des médecins, chirurgiens et amateurs de photographie, par Alexandre Hébert, professeur à la Faculté de médecine.

Paris, 1898 — 1 vol. in-8° carré,
G. Carré et Naud — 138 p. avec fig. et 10 pl. Pr. 5 fr.

Kums (Dr. A.). **8831**

1897. Les choses naturelles dans Homère, par le Dr A. Kums.

Anvers et Paris, 1897 — 1 vol. in-8°,
J.-J. Buschmann et F. Alcan — 196 p. Pr. 5 fr.

Henry (Ernest). **624 (083)**

1894. Pont sans rails et ponts-routes à travées métalliques indépendantes. — Formules, barêmes et tableaux, calculs rapides des moments fléchissants et efforts tranchants pour les ponts supportant des voies ferrées de largeur normale, des voies de 1 mètre, des routes et chemins vicinaux, par Ernest Henry, inspecteur général des ponts et chaussées, directeur du personnel au ministère des Travaux publics.

Paris, 1894, — 1 vol. grand in-8
Gauthier-Villars et fils — VIII-632 p. et 267 fig. Pr. 20 fr.

Dromart (Ed.). **63.49**

1898. Étude sur les landes de Gascogne. — Carbonisation des sous-bois. — Epuration des eaux alliosées. — Sciage mécanique en forêt. — Fabriques de matières résineuses, par Ed. Dromart, ingénieur civil.

Charleville, 1898 — 1 vol. in-8
Impie du *Petit Ardennais* — 34 p. Pr. 1 fr.

Goulier (C. M.). **5269**

1892. Études théoriques et pratiques sur les levés topométriques et en particulier sur la tachéométrie, par C.-M. Goulier, colonel du génie en retraite. — Ouvrage posthume, publié par les soins de L. Bertrand, capitaine du génie.

(Extraits du *Mémorial de l'officier du Génie*, n° 28.)

Paris, 1892 — 1 vol. in-8, 22×15, XXII-542 p.
Gauthier-Villars et fils — 1 pl. et nombreuses figures

Pellat (H.). **53.67 (071)**

1897. THERMODYNAMIQUE. — Leçons professées à la Sorbonne en 1895-96, par H. Pellat, professeur adjoint à la Faculté des sciences de l'Université de Paris. Rédigées par MM. Duperrey, agrégé de l'Université, professeur au lycée de Nantes, et Goisot, ancien élève de l'Ecole normale supérieure, préparateur à la Sorbonne.

(*Cours de Physique générale*).

Paris, 1897 — 1 vol. in-8 25/61
Georges Carré et C. Naud — IV-134.

Vicaire (E.). **531 (011)**

1897. Observations sur le traité de mécanique de G. Kirchhoff, par M. E. Vicaire.

(Extrait du *Bulletin de la Société philomatique* de Paris, 1896-97. t. IX, 8e série p. 25.)

Paris, 1897 — 1 vol. in-8° (26-17).
Société philomathique — 30 p.

Observations critiques, à propos de l'ouvrage allemand intitulé: *Vorlesunyen über matematische Physik-Mechanik*, Leipzig. Teubner, 1883 (3e édition). R.-G.

Vieille. **66.22**

1893. Étude sur le mode de combustion des matières explosives, par M. Vieille, ingénieur des poudres et salpêtres.

(Extraits du *Mémorial des poudres et salpêtres* 1er octobre 1893. t. VI).

Paris, 1894 — 1 vol. in-8° (25-16)
Gauthier-Villars et fils — 136 p.

Sanford (P. Gérard), trad. par DANIEL. **66.22**

1898. Explosifs nitrés, traité pratique concernant les propriétés, la fabrication, l'analyse des substances organiques explosives nitrées, y compris les fulminates, les poudres sans fumée et le celluloïd, par P. Gérard Sanford, chimiste conseil de la Cotton Powder Company Limited, ancien chimiste attaché à la manufacture de coton-poudre de Stowmarket et à la fabrique de dynamite de Hazel et de Cornwell, traduit, revu et corrigé par F. Daniel, ingénieur des arts et manufactures, ancien directeur de la Compagnie des explosifs *Sécurité*.

Paris, 1898 — 1 vol. in-8°
Gauthier-Villars et fils — 48 fig. Prix : 6 fr.

Fleury (Dr Maurice de). **615.851**

1897. Introduction à la médecine de l'esprit, par le docteur Maurice de Fleury, ancien interne des hôpitaux.

Paris, 1897 — 1 vol. in-8.
Félix Alcan — 477 pp. Pr. : 7 50.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

2° BIBLIOGRAPHIE DES PUBLICATIONS PÉRIODIQUES

Stevens (G. E.), traduit par FABRE ROUSTAND DE NAVACELLE **359**

1897. La politique de la mer, suivie de quelques considérations sur les navires de guerre des principales puissances, par G. E. Stevens, traduit de l'anglais par Fabre Roustand de Navacelle.

(Paris, *Revue maritime*, août, septembre, octobre, novembre 1897, t. CXXXIV, p. 360-376, t. CXXXV, p. 85 et 299.)

Machat (J.). **382 (51)**

1897. Les résultats de la mission lyonnaise en Chine, par J. Machat.

(Paris, *Revue générale des Sciences*, 30 décembre 1897, t. VIII, p. 1000-1005.)

Schirmer (Henri). **382 (662)**

1897. La pénétration commerciale au Soudan central, par Henri Schirmer, professeur de géographie à l'Université de Lyon.

(Paris, *Revue générale des Sciences*, 15 décembre 1897, t. VIII, p. 940-949.)

Olivier (Louis). **53.486**

1897. Le Microphonographe et ses applications à l'éducation des sourds-muets, à la Téléphonie et à la Cinématographie, par Louis Olivier.

(Paris, *Revue générale des Sciences*, 30 décembre 1897, t. VIII, p. 1005-1009.)

Viré (Armand). **59 (24)**

1897. La Faune souterraine, par Armand Viré.

(Paris, *Revue générale des Sciences*, 30 décembre 1897, t. VIII, p. 991-1000.)

Gautier (Armand). **612.015**

1897. Le rôle de la chimie biologique en médecine, par Armand Gautier, membre de l'Institut.

(Paris, *Revue générale des Sciences*, 30 décembre 1897, t. VIII p. 977-981.)

Bails (J.). **6211**

1893. Géométrie des diagrammes. Questions économiques sur les courbes d'indicateur, par P. Bails, capitaine de frégate de réserve.

(*Revue maritime*, octobre 1893; juin, septembre 1894; février, avril, mai 1895; janvier 1896; janvier, octobre, novembre 1897.)

(Tomes CXIX, p. 5; CXXI, p. 449; CXXIIV, p. 508; CXXIV, p. 337; CXXV, p. 79 et 216; CXXVIII, p. 15; CXXXII, p. 5; CXXXV, p. 5 et 257.)

Sanguin (F.). **6218**

1897. Circulation de l'eau et déformation permanente des tubes de la rangée inférieure dans les chaudières multitubulaires à tubes d'eau et à gros serpentins, par F. Sanguin, mécanicien principal de la marine.

(Paris, *Revue maritime*, novembre 1897, t. CXXXV, p. 284-287.)

Kriloff (A.) **6238**

1896. Théorie du tangage sur une mer houleuse par A. Kriloff, professeur à l'Académie navale de Saint-Pétersbourg.

(Paris. *Bulletin de l'Association technique maritime*. Session de 1896, t. VII, p. 8-42.)

Bayle (E.). **6238**

1893. Éjecteur de cale silencieux, pour canots à vapeur par F. Bayle, premier maître mécanicien à bord du *d'Entrecasteaux*.

(Paris, *Revue maritime*, décembre 1897, t. CXXXV, p. 574-578.)

Duhem (P.). **6238**

1896. De l'influence qu'un chargement liquide exerce sur la stabilité d'un navire par P. Duhem, professeur de physique théorique à la Faculté des sciences de Bordeaux.

(*Bulletin de l'Association technique maritime*. Session de 1896, t. VII, p. 43-50.)

Castellani (Dr. A. C.). **6239**

1897. La ventilation artificielle étudiée au point de vue de son application au torpilleur le *Condor*, par le Dr A. C. Castellani.

(Paris, *Revue maritime*, novembre 1897, t. CXXXV, p. 277-283.)

Cazeau (Paul). **639 (718)**

1897. Terre-Neuve. La pêche et les pêcheurs, par Paul Cazeau, médecin principal de la Marine.

(Paris, *Revue Maritime*, novembre et décembre 1897, t. CXXXV, p. 433 et 657.)

Anonyme. **66.23**

1897. Quelques nouveaux caractères des poudres sans fumée et leurs résultats balistiques, par X..., traduit et résumé de l'anglais, par Robert Thomas, lieutenant de vaisseau.

(Extrait de l'*Engineer*, du 30 juillet 1897.)
(Paris, *Revue Maritime*, décembre 1897, t. CXXXV, p. 595-604.)

Peyrusson (E.). **66.65**

1897. L'état actuel et les besoins de l'industrie de la porcelaine dure en France, par E. Peyrusson.

Première partie : Préparation des objets à cuire.
Deuxième partie : Cuisson et décoration.
Troisième partie : Conditions scientifiques, économiques et sociales de la production.

(Paris, *Revue générale des Sciences*, 15 et 30 décembre 1897, t. VIII, p. 940-957 et p. 981-990.)

Lefèvre (Léon). **679**

1898. Viscose et Viscoid.

(Paris, *La Nature*, 5 février 1898, t. XXVI, p. 146.)

Cellulose traitée par un alcali, puis par le sulfure de carbone et formant ainsi un dérivé alcalin sulfuré et soluble en toute proportion dans l'eau et se transformant sous diverses influences en cellulose de structure continue appelée Viscoid.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Sagnac (G.). **53.753**

1898. Émission de rayons secondaires par l'air sous l'influence des rayons X. Note présentée par M. Lippmann.

(Paris, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 14 février 1898, t. CXXVI, p. 521.)

Rey-Pailhade. **52.97**

1898. Sur l'extension du système décimal au jour et au cercle entiers : avantages et procédés pratiques. (Note présentée par M. Ad. Carnot.)

(Paris, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 14 février 1898, t. CXXVI, p. 505.)

Brillouin (Marcel). **53.95**

1898. Loi des déformations des métaux industriels. Note présentée par M. Maurice Lévy.

(Paris, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 24 janvier 1898, t. CXXVI, p. 328.)

Demenge (Émile). **66.91**

1898. Analyse de l'ouvrage CHOMIENNE, fabrication de l'acier et procédés de forgeage de diverses pièces.

(Paris, *Revue générale des Sciences*, 15 février 1898, t. IX, p. 120.)

Mesnager. **53.95**

1898. Déformation des métaux. Esssai d'une théorie. Note présentée par M. A. Cornu.

(Paris, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 14 février 1898, t. CXXVI, p. 515.)

Moissan (Henri). **54.626**

1898. Sur les conditions de formation des carbures alcalins, des carbures alcalino-terreux et du carbure de magnésium, par M. Henri Moissan, membre de l'Institut.

(Paris, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 24 janvier 1898, t. CXXVI, p. 302.)

Gin et Leleux. **53.785**

1898. Contribution à l'étude des fours électriques. Note présentée par M. Mascart.

(Paris, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 17 janvier 1898, t. CXXVI, p. 236.)

Gautier (Armand). **54.57**

1898. Étude préliminaire d'une méthode de dosage de l'oxyde de carbone dilué d'air.

(Paris, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 28 mars 1898, t. CXXVI, p. 931.)

Potain et Drouin. **54.57**

1898. Sur l'emploi du chlorure de palladium pour la recherche dans l'air de très petites quantités d'oxyde de carbone et sur la transformation de ce gaz, à la température ordinaire, en acide carbonique.

(Paris, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 28 mars 1898, t. CXXVI, p. 938.)

Kantor (S.). **51.282**

1898. Théorème fondamental sur les transformations birationnelles à coefficients entiers. Note présentée par M. E. Picard.

(Paris, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 28 mars 1898, t. CXXVI, 946.)

Lémeray. **51.282**

1898. Sur certaines équations fonctionnelles linéaires.

(Paris, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 28 mars 1898, t. CXXVI, p. 949.)

Carvallo (E.). **53.54**

1898. Recherches de précision sur la dispersion infra-rouge du spath d'Islande. Note présentée par M. A. Cornu.

(Paris, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 28 mars 1898, t. CXXVI, p. 950.)

Berthelot (Daniel). **53.31**

1898. Sur la détermination des poids moléculaires des gaz en partant de leurs densités et de l'écart que celles-ci présentent par rapport à la loi de Mariotte. Note présentée par M. Becquerel.

(Paris, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 28 mars 1898, t. CXXVI, p. 954.)

Witz (A.) **62.14**

1898. Moteurs à combustion et haute compression. Note présentée par M. Haton de la Goupillière.

(Paris, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 28 mars 1898, t. CXXVI, p. 957.)

Turpain (Albert). **53.728**

1898. Sur le champ hertzien. Note présentée par M. Mascart.

(Paris, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 28 mars 1898, t. CXXVI, p. 959.)

Defacqz (Ed.). **54.678**

1898. Sur un iodure de tungstène. Note présentée par M. Moissan.

(Paris, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 28 mars 1898, t. CXXVI, p. 962.)

Delépine (Marcel). **54.76**

1898. Bases quinoléiques.

(Paris, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 28 mars 1898, t. CXXVI, p. 964.)

Tombeck (D.). **54.79**

1898. Combinaison des bases organiques avec divers sels oxygénés. Note présentée par M. Ditte.

(Paris, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 28 mars 1898, t. CXXVI, p. 967.)

J. Kunstler et A. Gruvel. **588**

1898. Nouvelles observations sur quelques stades de l'évolution des Urnes. Note présentée par M. Milne-Edwards.

(Paris, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 28 mars 1898, t. CXXVI, p. 970.)

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Annexe nº 2.

RÉPERTOIRES BIBLIOGRAPHIQUES

BASÉS SUR LA

CLASSIFICATION DÉCIMALE

DIVISION PROJETÉE

PAR BRANCHES DE SCIENCES OU D'INDUSTRIES

La liste ci-jointe ne contient qu'un certain nombre des branches de sciences ou d'industries pour lesquelles il pourrait être utile d'établir des répertoires bibliographiques spéciaux basés sur le plan adopté par l'Institut international de bibliographie.

Elle a été limitée, en principe, aux branches des connaissances humaines appartenant aux sciences pures et appliquées ou aux beaux-arts qui forment les divisions 5, 6 et 7 de la Classification bibliographique décimale.

En dehors de ces divisions, on n'y a inscrit que quelques branches de sciences pour lesquelles la publication de répertoires bibliographiques sur le plan indiqué a déjà été commencée ou étudiée.

En regard des titres des branches de sciences mentionnées, le tableau indique les numéros d'ordre correspondants de la Classification décimale et les noms de quelques-unes des Sociétés ou publications périodiques qui pourraient sans doute prêter leur concours à la préparation de l'édition en langue française des répertoires, la seule qu'on ait envisagée ici.

A la suite de certains répertoires généraux, on a mentionné d'ailleurs parfois des répertoires plus spécialisés qui pourraient n'être que des subdivisions de ceux-ci, notamment pour les diverses industries.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

BRANCHES DE SCIENCES OU D'INDUSTRIES	Nos D'ORDRE de la classification décimale	SOCIÉTÉS OU PUBLICATIONS	OBSERVATIONS
Bibliographie	01	*Institut de bibliographie de Bruxelles.*	En cours de publication.
Philosophie	1	*Institut de philosophie de Louvain.*	En cours de publication.
Religion	2		
Religions comparées	29	*Musée des religions.*	
Sciences sociales et Droit	3	*Bureau sociologique de Bruxelles.*	En cours de publication.
Statistique	31	*Société de statistique de Paris.*	
Législation comparée	34	*Société de législation comparée.*	
ORGANISATION DES ARMÉES DE TERRE ET DE MER.	355 à 359		Classification à développer. En préparation.
Enseignement. — Éducation	37	*Sociétés pour l'étude des questions d'enseignement.*	
Linguistique	4	*Société de linguistique de Paris.*	
Sciences pures	5		
Sciences mathématiques	51	*Société mathématique de France.*	
Sciences astronomiques	52	*Société belge d'astronomie.* *Société astronomique de France.*	En cours de publication.
Sciences physiques	53	*Société française de physique.*	Classification à développer. En préparation.
AÉROSTATION	533.6	*Société française de navigation aérienne.*	
Sciences chimiques	54	*Société chimique de Paris.*	
MINÉRALOGIE	549	*Société française de minéralogie.*	

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

BRANCHES DE SCIENCES OU D'INDUSTRIES	Nos D'ORDRE de la classification décimale	SOCIÉTÉS OU PUBLICATIONS	OBSERVATIONS
Géologie. — Paléontologie	**55 et 56**	*Société géologique de Bruxelles.* *Société géologique de France.*	Classification développée. En cours de publication.
Météorologie	**55.15**	*Société météorologique de France.*	
Biologie	**57**	*Société de biologie de Paris.*	En cours de publication.
ANTHROPOLOGIE	572	*Société d'anthropologie de Paris.*	
Botanique	**58**	*Société botanique de France.*	
Zoologie	**59**	*Concilium bibliographicum de Zurich.* *Société zoologique de France.*	En cours de publication.
Sciences appliquées et Industries	**6**	*Société d'encouragement pour l'industrie nationale.*	
Médecine et chirurgie	**61**	*Nombreuses sociétés.*	Publications diverses en cours.
HYGIÈNE	613 et 614		
Art de l'ingénieur. Génie civil et militaire. Industries mécaniques	**62**	*Génie civil.*	
INDUSTRIES MÉCANIQUES COMPRENANT : MACHINES MOTRICES, MÉCANIQUE GÉNÉRALE, MACHINES-OUTILS	621	*Société des ingénieurs civils de France.* *Revue générale de mécanique.*	
INDUSTRIE ÉLECTRO-MÉCANIQUE	621.3	*Société internationale des électriciens.*	
INDUSTRIE MINIÈRE	622	*Annales des mines.* *Revue universelle des mines.*	
GÉNIE MILITAIRE, COMPRENANT : ART MILITAIRE ET GÉNIE PROPREMENT DIT, ARTILLERIE ET ART NAVAL	623	*Revue du génie militaire.* *Revue d'artillerie.* *Revue maritime, etc.*	Classification à développer. En cours de préparation.
TRAVAUX PUBLICS : PONTS, CHARPENTES, CHAUSSÉES ET ROUTES	624 et 625	*Annales des ponts et chaussées.*	

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

BRANCHES DE SCIENCES OU D'INDUSTRIES	Nos D'ORDRE de la classification décimale	SOCIÉTÉS OU PUBLICATIONS	OBSERVATIONS
Chemins de fer.	625	*Bulletin du Congrès des chemins de fer.*	Publication en cours. Classification développée.
Canaux et navigation, constructions a la mer.	626 et 627		
Industries sanitaires, eaux et égouts . . .	628	*Société des ingénieurs et architectes sanitaires de France.*	
Agriculture et industries agricoles. . . .	630	*Société des agriculteurs de France.* *Société nationale d'agriculture.*	Classification à développer. En cours de préparation.
Horticulture et viticulture.	633 à 635	*Société nationale d'horticulture de France.* *Société française de viticulture.*	
Industries de l'élevage, animaux domestiques, laiterie	636 et 637	*Société d'acclimatation.* *Société nationale d'aviculture de France.* *Société des aviculteurs français.*	
Abeilles, vers a soie.	638	*Société nationale d'apiculture et d'insectologie.* *Société entomologique de France.*	
Pêche, pisciculture.	639	*Société centrale d'aquiculture et de pêche.*	
Industries alimentaires, boulangerie, patisserie, cuisine.	641 à 643		
Industries commerciales, commerce et transports	**65**		
Télégraphes et téléphones	654	*Annales télégraphiques.*	
Industrie de l'imprimerie.	655		
Industries chimiques	**66**	*Association des chimistes.*	
Industrie de la houille et des combustibles.	662		
Industrie des boissons et de la distillerie.	663		

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

BRANCHES DE SCIENCES OU D'INDUSTRIES	Nos D'ORDRE de la classification décimale	SOCIÉTÉS OU PUBLICATIONS	OBSERVATIONS
Industrie de la sucrerie.	664.1		
Industrie de la féculerie, etc.	664.2		
Industrie des huiles et corps gras	665		
Industrie du gaz d'éclairage	665.7		
Industries céramiques.	666		
Industrie de la teinture, du blanchissage, etc	667		
Industrie de la savonnerie, de la parfumerie, etc..	668		
Industrie métallurgique, grosse métallurgie.	669		
Industries manufacturières, petites industries.	**67**		
Petite métallurgie, quincaillerie, industries des métaux précieux.	671		
Petites industries du fer et de l'acier, coutellerie, etc.	672		
Petites industries du bronze et du laiton, cloches, etc..	673		
Petite industrie des objets en bois	674		
Industries du cuir, tannerie, peausserie, etc..	675		
Industries du papier et des objets en papier.	676		

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

BRANCHES DE SCIENCES OU D'INDUSTRIES	Nos D'ORDRE de la classification décimale	SOCIÉTÉS OU PUBLICATIONS	OBSERVATIONS
Industries textiles, coton, soie, laine, lin, etc.	677		
Industrie du caoutchouc	678		
Autres industries diverses, celluloïd, etc.	679		
Industrie du bâtiment, maçonnerie, charpente, menuiserie, plomberie, peinture, etc	**69**		
Industrie des véhicules, voitures, automobiles, bicycles, etc.	699		
Architecture	**73**	*Société centrale des architectes de France.*	
Sculpture et numismatique	**73**	*Société française de numismatique.*	
Dessin, peinture, gravure, lithographie, etc	**74 à 76**	*Soeiété des iconophiles.* *Société des artistes lithographes français.*	
Photographie	**77**	*Société française de photographie.*	Classification à développer. En cours de préparation.
Musique	**78**		
Sports et amusements	**79**	*Club alpin français.* *Touring-Club.* *Union des Sociétés françaises de sports athlétiques.*	
Géographie	**91**	*Société de géographie.*	
Histoire ancienne	**93**	*Société des études historiques et nombreuses sociétés.*	
Histoire moderne par pays	**94 à 99**	*Nombreuses sociétés.*	Publications diverses en cours.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS CHIMIQUES

SUR LA DÉTERMINATION DE L'ARSENIC DANS L'ANTIMOINE ET DANS LES MÉTAUX.

Note de **M. O. Ducru** (1).

L'antimoine métallique du commerce, régule ou antimoine purifié, contient d'ordinaire de petites quantités de fer, de plomb, de cuivre et de soufre, et, en outre, des proportions variables d'arsenic : la détermination de ce dernier, particulièrement importante en vue de certaines applications, présente, comme on le sait, de sérieuses difficultés.

La méthode généralement suivie consiste à dissoudre le métal dans une eau régale fortement chlorhydrique et à séparer les sulfures insolubles dans les sulfures alcalins ; les sulfures d'antimoine et d'arsenic sont à leur tour oxydés, et l'arsenic est précipité à l'état d'arséniate ammoniaco-magnésien. Rivot, qui a décrit cette méthode avec quelque détail, isole préalablement le sulfure d'arsenic par un traitement à l'acide chlorhydrique modérément étendu : il estime qu'il y a lieu de se contenter d'évaluer l'arsenic (2).

Indépendamment des causes d'erreur inhérentes à l'emploi de l'arséniate (solubilité, entraînement de sels, etc.), cette méthode en comporte une autre qui peut être importante : à cause de la volatilité du chlorure d'arsenic, il est difficile d'éviter des pertes, soit pendant la dissolution du métal, soit pendant l'attaque des sulfures. Il est facile de s'en convaincre en conduisant les vapeurs dans un appareil approprié. Aussi les proportions d'arsenic trouvées par différents expérimentateurs dans un même échantillon d'antimoine présentent-elles généralement des différences considérables, et ces teneurs sont inférieures à la réalité.

II. Cette détermination peut se faire d'une manière très facile et très précise, en appliquant à l'antimoine une méthode dite *par distillation* ou *au chlorure ferrique*, employée dans les laboratoires de certaines usines pour doser l'arsenic dans le cuivre métallique (3).

Mode opératoire. — La prise d'essai, 5 grammes environ, grossièrement pulvérisée, est introduite dans une cornue tubulée (ou un ballon à distillation fractionnée), avec 109 cc. de chlorure ferrique préparé comme ci-dessous et 200 cc. d'acide chlorhydrique pur au titre ordinaire (D=1,17 environ). La cornue est reliée à un réfrigérant (4) terminé par un tube plongeant dans un flacon gradué au fond duquel on a mis environ 50 cc. d'eau.

On distille : l'antimoine se dissout rapidement, et, chaque fois que 109 cc. ont passé à la

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 25 juillet 1898.

(2) Rivot, *Docimasie*, t. IV, p. 587.

(3) Cette méthode est due au Dr John Clark (*Chem. Industry*, mai 1887, p. 252).

(4) L'emploi des réfrigérants à large tube de M. Etaix est particulièrement commode : le col de la cornue est étiré et légèrement recourbé.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

distillation, on ajoute dans la cornue, par un tube à entonnoir porté par la tubulure, 100 cc. d'acide chlorhydrique.

Lorsque l'on a ainsi recueilli 300 cc., tout l'arsenic se trouve généralement dans le liquide distillé; il en est ainsi pour des teneurs en arsenic atteignant environ 10 p. 100, chiffre supérieur à ceux que l'on rencontre dans la pratique (1).

On sait que, dans ces conditions, le distillat renferme un peu d'antimoine; on le sépare par une seconde distillation (2). Le récipient est lavé avec de l'acide chlorhydrique que l'on ajoute au liquide recueilli; on a ainsi un volume total de 400 cc. environ et l'on distille jusqu'à ce que l'on ait recueilli 300 cc. Tout l'arsenic se trouve dans cette portion; on peut vérifier qu'il en est ainsi en essayant à l'hydrogène sulfuré, après l'avoir étendu d'eau, le liquide qui distille. Pour arrêter au début l'acide chlorhydrique, on met dans le récipient environ 100 cc. d'eau.

On peut abréger notablement cette seconde distillation en ajoutant préalablement à la solution chlorhydrique 50 cc. à 100 cc. d'acide sulfurique concentré; il suffit alors généralement de distiller 150 cc.; on vérifie comme plus haut que tout l'arsenic est entraîné. Il est bon, dans ce cas, de faciliter la distillation en faisant passer d'une manière continue quelques bulles d'air dans le liquide en ébullition.

La dissolution chlorhydrique obtenue ainsi est étendue d'eau et précipitée par l'acide sulfhydrique. Le précipité de sulfure d'arsenic est lavé à la manière ordinaire et pesé sur filtre ou sur capsule tarée.

III. *Préparation de la solution de chlorure ferrique.* — On emploie une solution contenant environ 150 grammes de fer par litre, obtenue en attaquant 800 grammes de pointes de Paris par un mélange de 2 litres d'acide chlorhydrique pur et 2 litres d'eau; l'attaque terminée, on sature le liquide d'hydrogène sulfuré, on laisse déposer et l'on filtre; on chasse l'hydrogène sulfuré par la chaleur, on fait passer à travers le liquide un courant de chlore jusqu'à transformation complète en sel ferrique, et l'on en chasse l'excès par un courant d'air à la manière ordinaire. Enfin, on complète au volume de 5 litres en ajoutant de l'acide chlorhydrique pur.

On essaie par distillation à la fois le réactif et l'acide chlorhydrique, en introduisant dans la cornue 15 grammes de sulfate ferreux exempt d'arsenic.

IV. J'ai également reconnu que cette méthode, avec de légères modifications, peut s'appliquer à un grand nombre de métaux, tels que le fer et les aciers, le plomb, l'étain, le zinc, etc., et aux alliages, tels que le bronze, etc. Elle peut être employée soit pour la recherche et le dosage des faibles proportions d'arsenic que l'on y rencontre fréquemment, soit pour l'analyse des alliages ou combinaisons dans lesquels l'arsenic entre en proportions notables. Je me propose d'ailleurs de donner à ce sujet des indications plus complètes dans un Mémoire plus étendu.

(1) On peut vérifier que tout l'arsenic est passé à la distillation en essayant, par un courant d'hydrogène sulfuré, le liquide chlorhydrique étendu *de son volume d'eau;* s'il n'y a pas de précipité *au bout de quelques minutes,* tout l'arsenic est dans le récipient.

(2) J'indiquerai ultérieurement un moyen d'éviter cette seconde distillation.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

NOTES DE MÉCANIQUE

THÉORIE DES ROUES A IMPULSION GENRE *Pelton*, D'APRÈS *M. Kingsford* (1).

Soient (fig. 2) :

— H la charge ou la hauteur de chute disponible;

— V = AC la vitesse du jet en mètres par seconde;

— v = FC la vitesse de l'auget A au point moyen de sortie de son eau et correspondant au rendement maximum;

— a = DAC l'angle du jet avec l'élément d'entrée de l'auget.

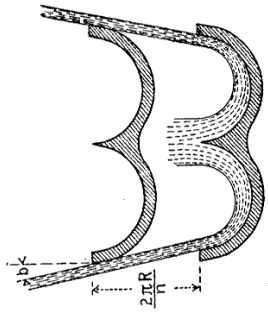


Fig. 1.

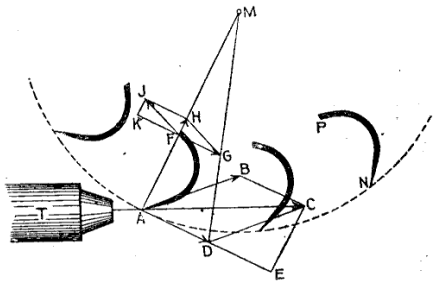


Fig. 2.

— b = KFJ l'angle de v avec l'élément de sortie de l'auget. On a, par construction (figure 1) $\operatorname{tg} b$ = au moins $\frac{nt}{2\pi R}$ (1), t étant la somme des épaisseurs de l'eau et de la lame d'eau à la sortie de l'auget, n le nombre des augets, et R le rayon FM (fig. 2.);

— c = DAB;

— r le rayon AM;

— p la distance perpendiculaire de M au jet;

— N_h la vitesse, en tours par minutes, correspondant au rendement maximum;

— C_f le coefficient de frottement de l'eau sur les augets tel que

$$FJ = C_f\, AB;$$

— C_v le coefficient de frottement de l'eau dans l'ajutage, de sorte que

$$V = C_v \sqrt{2g\, H}.$$

(1) *Engineering News*, 21 juillet 1898, p. 37.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La vitesse absolue de décharge FH sera minima et le rendement maximum pour FK = FG.

D'autre part on a

$$FJ = C_f AB = \frac{v}{\cos b},$$

d'où

$$AB = CD = \frac{v}{C_f \cos b},$$

Or

$$AD = v \frac{r}{R},$$

et

$$AE = AD + DE,$$

ou

$$V \cos a = v \frac{r}{R} + \frac{v}{C_f \cos b} \cos c$$

d'où

$$\frac{\cos c}{\cos b} = \frac{V}{v} C_f \cos a - \frac{r}{R} C_f. \qquad (2)$$

Or

$$AC \sin a = V \sin a = DC \sin c,$$

d'où

$$DC = \frac{V}{C_f \cos b};$$

d'autre part

$$\sin^2 a = 1 - \cos^2 a$$

et

$$\sin^2 c = 1 - \cos^2 c,$$

d'où

$$\frac{\cos^2 c}{\cos^2 b} = \frac{1}{\cos^2 b} - \frac{V}{v_2} C_f^2 + \frac{V^2}{v^2} C_f^2 \cos^2 a \qquad (3)$$

et

$$\frac{r^2}{R^2} C_f^2 - 2 \frac{V}{vR} C_f^2 \cos a = \frac{1}{\cos^2 b} - \frac{V^2}{v^2} C_f^2. \qquad (4)$$

Posons, pour simplifier

$$A = \frac{r}{R}, \quad B = A \cos a$$

$$\frac{p}{R} = a$$

et

$$C = \frac{1}{C_f \cos b}.$$

L'équation (4) devient

$$\left(\frac{V}{v}\right)^2 - 2B \left(\frac{V}{v}\right) = C^2 - A^2,$$

d'où

$$\frac{V}{v} = B + \sqrt{B_2 + C_2 - A_2}, \qquad (5)$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de sorte que, si l'on désigne par S_h le rapport $2\frac{v}{V}$, il vient

$$S_h = \frac{2}{B + \sqrt{B_2 + C_2 - A_2}} \tag{6}$$

et

$$= N_h = 15\,\frac{V\,s_h}{\pi R} = \frac{15\,s_h\,\sqrt{2g\,H}}{\pi R}. \tag{7}$$

Si l'on trace en OANC (fig. 3) la courbe des puissances de la roue, sans tenir compte des frottements de son axe, et en OJ la droite de présentative de ce frottement, proportionnel à la vitesse de la roue, la courbe résultante ODK a son maximum en D pour une valeur S_c de S plus petite que S_h. Les courbes de rendement correspondantes sont les paraboles OABC et ODE dans lesquelles,

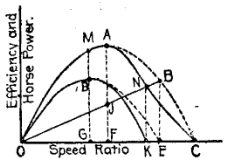


Fig. 3.

$$\frac{GF}{OF} = \frac{1}{2}\,\frac{FJ}{FA},$$

d'où

$$C_b = \frac{S_c}{S_h} = \frac{OG}{OF} = \frac{2 - \frac{FJ}{FA}}{2}, \tag{8}$$

et, en posant

$$\frac{FJ}{FA} = D$$

$$S_c = \frac{2 - D}{B + \sqrt{B^2 + C^2 - A^2}}, \tag{9}$$

Si l'on désigne par E le rendement hydraulique maximum de la roue, par $E_h = FA$ ce rendement diminué des frottements C_v de l'ajutage et par $E_c = GD$ le rendement correspondant à S_c,
on a

$$E_c = C_b^2\,E_h = C_b^2\,C_v^2\,E. \tag{10}$$

La perte aux augets provient de l'auget de sortie b (fig. 1), du frottement et des remous de l'eau, ces derniers réduits à très peu de chose par un tracé convenable.

La perte ou diminution du rendement occasionné par b est (fig. 2) de

$$\left(\frac{FH}{AG}\right)^2 = \frac{v^2}{V^2}\,\operatorname{tg}^2 b = \frac{S_h}{4}\,\operatorname{tg}^2 b. \tag{11}$$

La perte par frottement de l'eau est de

$$\frac{AB^2 - FJ^2}{V^2}$$

ou, en remplaçant AB par $\frac{FJ}{C_f}$ et FJ par $\frac{VS_h}{2\cos b}$

de

$$\frac{S_h^2\,(1 - C_f^2}{4\,C_f^2\,\cos^2 b} \tag{12}$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

d'où, d'après (11) et (12), pour le rendement maximum de l'auget

$$E = 1 - \frac{S_h^2 \operatorname{tg}^2 b}{4} - \frac{Sh^2 (1 - Cf^2)}{4 Cf_2 \cos^2 b}, \qquad (13)$$

ce qui donne, pour le rendement pratique maximum,

$$E_c = C_b^2 C_v^2 E.$$

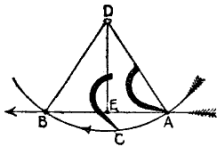


Fig. 4.

Si les augets sont trop rapprochés, les pertes dues à la rupture du jet, à l'angle b et au frottement de l'eau augmentent; s'ils sont trop écartés, l'eau passe entre eux, comme on le voit par la chute des courbes de rendement OANC et ODK aux grandes vitesses. Soit (fig. 4) AC le bas du jet : la molécule d'eau qui vient de passer l'auget A doit atteindre le précédent C avant qu'il ne soit en B, c'est-à-dire, que le jet doit franchir la distance AB pendant que C parcourt CB.

Soient n_o le nombre minimum des augets.

— d le diamètre du jet, r_1, le rayon DA.

— e l'angle EDA tel que

$$\cos e = \frac{2p + d}{2r_1};$$

— p la distance perpendiculaire de D au milieu du jet;

— S_b la valeur $> S_c$ de S pour laquelle l'eau commence à passer entre les augets.

Le jet parcourt AB en

$$\frac{2 r_1 \sin e}{V} \text{ secondes} \qquad (15)$$

et C parcourt CB en

$$\frac{2 R}{V r_1 S_b} \text{ CB secondes}, \qquad (16)$$

remplaçant en (16) CB par sa valeur

$$\text{ACB} - \text{AC}$$

ou

$$2 \pi r_1 \left(\frac{e}{180} - \frac{1}{n_o} \right)$$

et posant

$$(15) = (16),$$

il vient

$$n_o = \frac{180 \pi R}{\pi Re - 90 S_b r_1 \sin e}. \qquad (17)$$

Dans une roue sans régulateur, il faut prendre S_b le plus grand possible, pour que la diminution rapide du rendement avec la vitesse empêche les emballements de la roue.

Pour réduire au minimum les pertes par remous, etc., l'élément d'entrée de l'auget doit être parallèle au jet.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Soient a_1 et c_1 les angles DAB et DAC (fig. 2).

$$a_1 = \cos^{-1} \frac{p}{r_1}$$

comme

$$\text{DE tg } c_1 = \text{AC sin } a_1,$$

$$\text{tg } c_1 = \frac{\text{AC sin } a_1}{\text{AE} - \text{AD}},$$

d'où, en remplaçant

AE par sa valeur V cos a_1

et

$$\text{AD par } \frac{\text{V } S_c\ r_1}{2\ \text{R}}$$

il vient

$$\text{cotang } C_1 = \text{cotang } a_1 - \frac{S_c\ r_1}{2\ \text{R sin } a_1}. \qquad (18$$

Exemple. — Application à une roue de 32 pouces (0m,840) de diamètre; à l'extérieur des augets $r_1 = \frac{35}{2}$ pouces (445mm); longueur radiale des augets, 4 pouces (100mm); diamètre du jet, $d = 2$ pouces (50mm); rayon $p = 15$ pouces 1/4 (386mm) ou, en pieds de 12 pouces, $r_1 = 1{,}46$; $d = 0{,}167$, $p = 1{,}27$. Prenons pour rayon moyen $r = \frac{3}{4} p + \frac{1}{4} r_1 = 1{,}31$ pieds $= 400^{mm}$, $R = 1{,}5\ p - 0{,}5\ r = 1{,}25$ pieds $= 380^{mm}$ et $S_b = 1{,}1$.

On trouve pour

$$e = \cos^{-1} \frac{2\ p + d}{2\ r_1} = \cos^{-1} 0{,}93 = 21°30.$$

$$n° = \frac{180\ \pi \times 1{,}25}{\pi \times 1{,}25 \times 21{,}5 - 90 \times 1{,}1 \times 1{,}46 \times 0{,}366} = 24.$$

L'épaisseur t est égale à la somme de l'épaisseur de la lame d'eau à la sortie, égale à

$$\frac{\text{Section du jet}}{2 \times \text{la longueur radiale de l'auget}}$$

et de l'épaisseur de l'auget à la sortie. Prenons $t = 0{,}0625$ pieds (20mm),
d'où

$$b = \text{tang}^{-1} \frac{24 \times 0{,}0625}{2\ \pi \times 1{,}25} = 11°.$$

En pratique, on aurait probablement $b = 16°$.

Prenons $C_f = 0{,}94$.

Comme on a, dans ce cas (équation [6])

$$A = \frac{r}{R} = 1{,}05 \qquad B = \frac{p}{R} = 1{,}02 \qquad C = \frac{1}{C_f \cos b} = 1{,}11,$$

il vient

$$S_h = \frac{2}{1{,}02 + \sqrt{1{,}04 + 1{,}23 - 1{,}11}} = 0{,}954.$$

Prenons $D = 0{,}03$,
d'où

$$C_b = \frac{2 - 0{,}03}{2} = 0{,}985$$

et pour

$$S_c = C_b\ S_h = 0{,}94$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Admettons $C_v = 0{,}97$.
il vient pour N (équation [7])

$$N = \frac{15 \times 0{,}94 \times 0{,}97}{\pi\, 1{,}25} \sqrt{2\,gh}.$$

D'après l'équation (15)

$$E = 1 - 0{,}019 - 0{,}034 = 0{,}947$$

et d'après (14)

$$E_c = 0{,}97 \times 0{,}94 \times 0{,}947 = 0{,}86.$$

Enfin

$$a_1 = \cos^{-1} \frac{p}{p_1} = 29°30.$$

et d'après (18)

$$c_1 = \cos^{1-} (1{,}78 - 1{,}12) = 56°30$$

NOUVELLE MACHINE A VAPEUR RAPIDE *Brotherhood*.

Ces machines, à simple ou double effet, à détente unique ou compound, se distinguent par quelques détails de construction ingénieux.

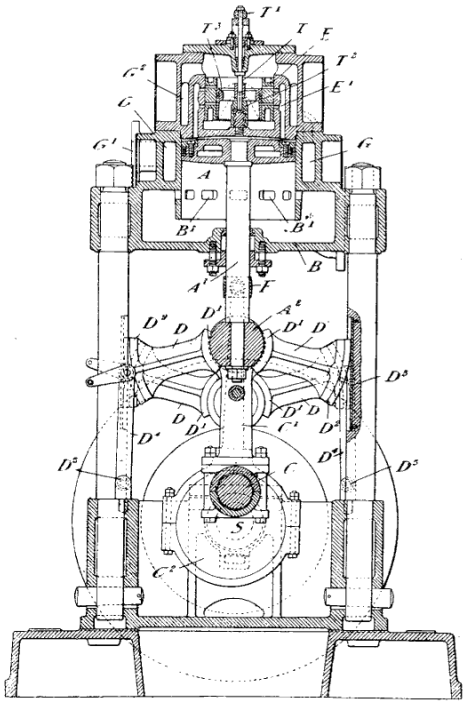


Fig. 5. — Machine *Brotherhood* à simple effet et à deux cylindres. Coupe transversale.

Le type à deux cylindres représenté par les figures 5 et 6 a ses deux cylindres fixés à un entablement creux B, par lequel s'effectue l'échappement $B_1 B_2$. Chacune des tiges de piston commande le tourillon C des disques-manivelles $C_2 C_2$ par une double bielle $C_1 C_1$, à croisillon cylindrique A_2, guidé par les bras D D, articulés en D_1 sur A_2, roulant en $D_2 D_2$ sur les portées D_3, et reliés aux bielles de retenue D_4 D_5.

La vapeur admise par le tuyau G. à l'enveloppe G G_2 arrive à l'intérieur du tiroir cylindrique E, que les excentriques $C_2 C_2$ commandent par F_1 B_2 F E_2. Ce tiroir E admet par E_1 la vapeur au cylindre; puis l'échappement s'opère par B_1, en laissant au cylindre assez de vapeur pour assurer le jeu de la compression; il renferme un tiroir de détente T_3 qui, lorsque E descend pour l'admission, le suit d'abord, puis est arrêté par sa butée sur l'écrou T_3, rainuré sur la tige TT_2, et coupe l'admission plus ou moins vite, suivant la position de cet écrou. Cette position est fixée à chaque instant par le régulateur SS_1 qui, par la transmission $S_2 S_3 T_1$, fait tourner les tiges T T_2 et les écrous T_3.

Dans le type compound (figures 7 et 8) le petit cylindre A et le grand A_1, tous deux à

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

double effet, ont leurs pistons attaquant, comme précédemment, des manivelles à 180°. Un seul excentrique disposé sur l'arbre de couche, entre ces deux manivelles, com-

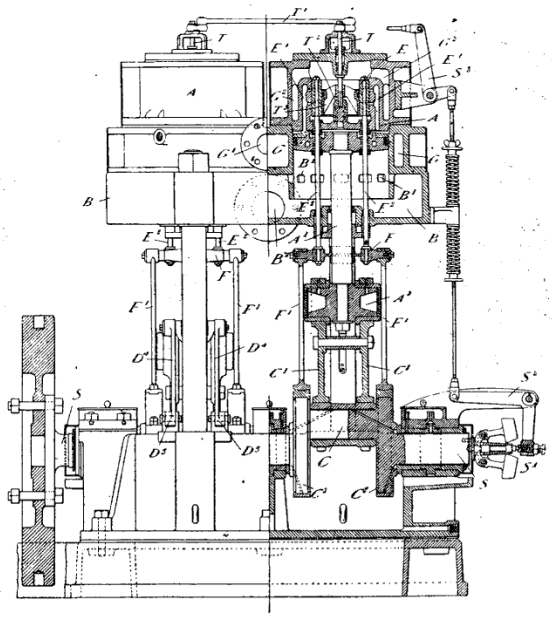


Fig. 6. — Machine *Brotherhood* à simple effet. Élévation-coupe.

mande par F_1 F les tiroirs annulaires inférieurs H et H_1, reliés aux tiroirs supérieurs K_1 K_2 par F_3 F_3. La vapeur admise par l'enveloppe L est distribuée au petit cylindre

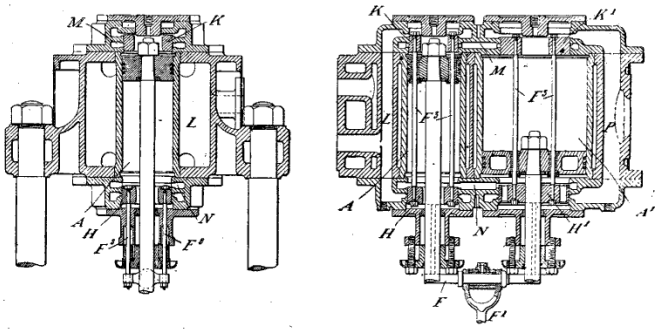


Fig. 7 et 8. — Machine *Brotherhood* compound.

par H et K, passe par M K_1 et N H_1 au grand cylindre, d'où elle s'échappe en P, par le dessus de K_1 et le dessous de H_1.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

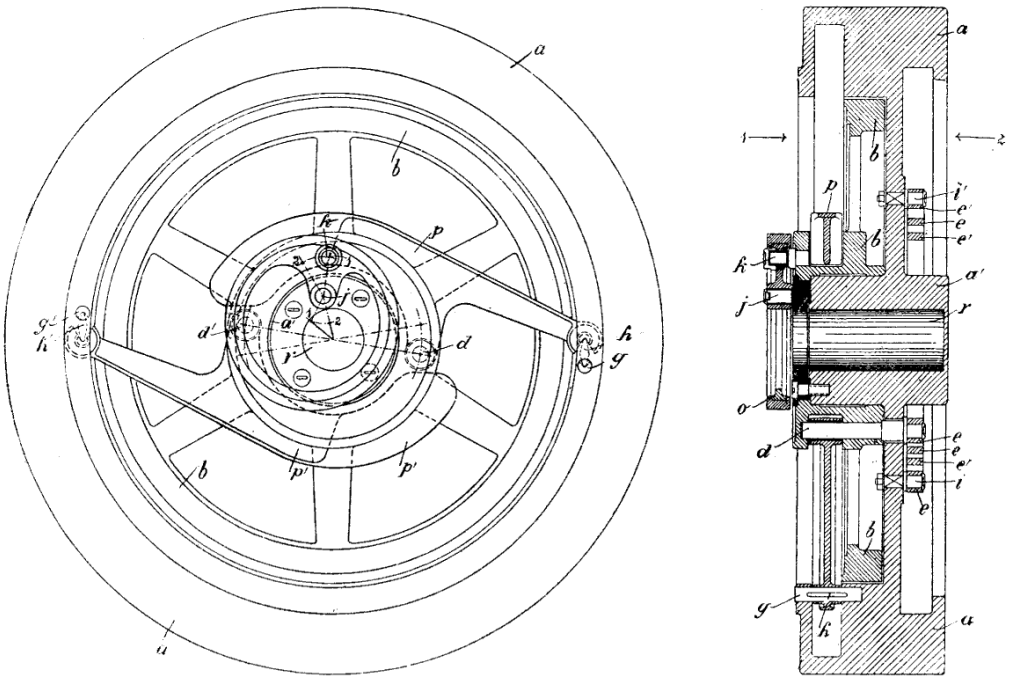


Fig. 9 et 10. — Régulateur *Lentz*. Élévation et coupe diamétrale.

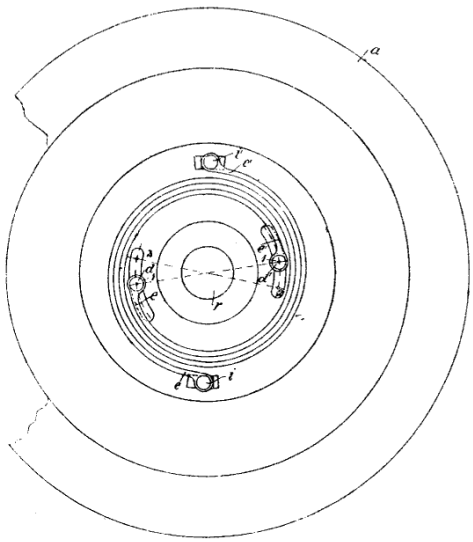


Fig. 11. — Régulateur *Lentz*. Détail au ressort.

RÉGULATEUR *Lentz*.

Ce régulateur est du type direct à force centrifuge et inertie. Le volant aa' (fig. 9 à 11), calé sur l'arbre r, porte un volant auxiliaire b, fou sur a', et relié par les boulons $d\,d_1$ à un double ressort cc_1, dont les autres extrémités sont reliées en ii_1 au volant a. C'est à ces mêmes boulons que sont pivotées les masses p et p', articulées d'autre part sur a par les couteaux $gh\ g_1h_1$. Quant à l'excentrique O, qui commande la distribution, il est mené de a' par le boulon j, et relié à b par l'articulation k.

Pendant la marche du moteur, k fait constamment varier le calage de l'excentrique entre ses positions extrêmes 1 et 2, l'inertie du volant auxiliaire b suffisant à vaincre les résistances propres du tiroir et de l'excentrique, et rendant ainsi l'action des masses b beaucoup plus sensible.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TABLE DE LAMINOIR *Huber*.

Cette table très simple est un nouvel exemple à ajouter à ceux du même genre que nous avons eu l'occasion de décrire en parlant des laminoirs américains; elle a pour

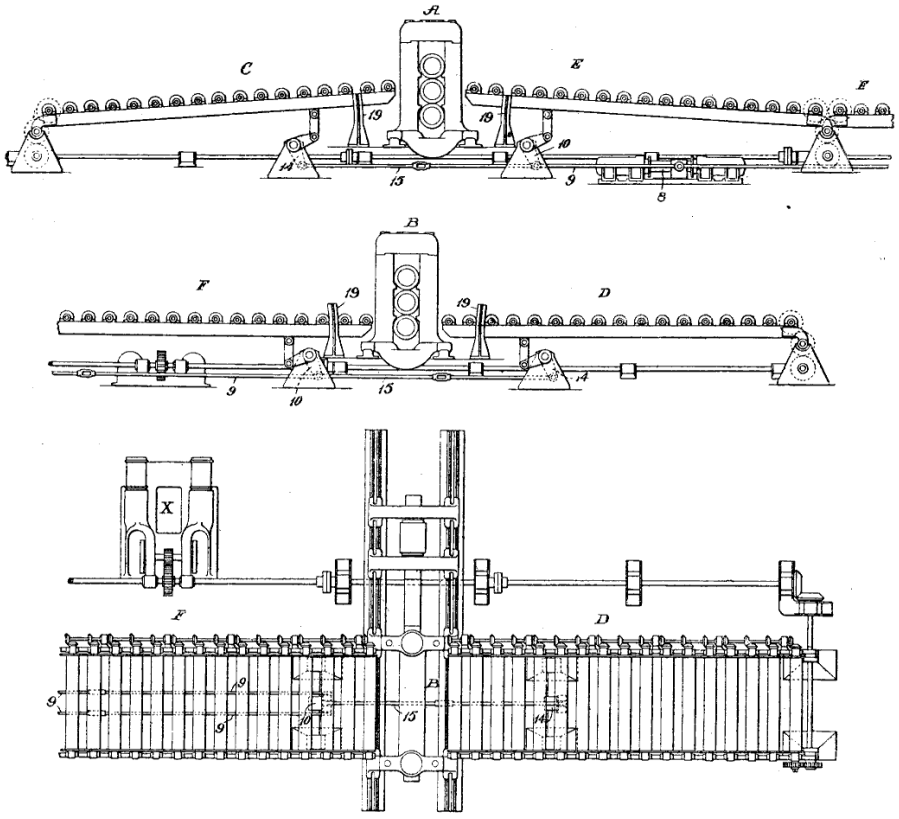


Fig. 12, 13 et 14. — Tables de laminoir *Huber*.

objet de faire passer automatiquement les bancs du trio A au trio B et réciproquement.

On emploie à cet effet (fig. 12 à 14) quatre tables (CE) (FD), toutes à galets moteurs actionnés par une machine X, et commandées, du cylindre hydraulique 8, par des renvois 9 et 10, 15 et 14, conjugués de façon que C et E se lèvent en même temps, pendant que F et D s'abaissent, *et vice versa*. Des guides 19 consolident ces tables.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ERRATUM

SUR LA TEMPÉRATURE DE CUISSON DES CIMENTS

Une erreur d'impression nous a fait dire, à la fin de l'article consacré, dans le *Bulletin* de juillet (p. 870), aux travaux de MM. Newberry sur la constitution des ciments hydrauliques, que l'une des conditions à remplir par un bon four d'essai destiné à des recherches sur la cuisson des ciments serait de pouvoir fournir des températures d'au moins 1 000 degrés, c'est **1 500** qu'il faut lire. En effet, bien qu'on ne connaisse que très imparfaitement la température de cuisson du ciment, on peut néanmoins affirmer que le chiffre de 1 000 est beaucoup trop faible.

Nous avons remis jadis à un fabricant d'appareils de laboratoire un morceau de pâte à ciment un peu plus gros qu'une noix, pour qu'il essayât de le faire cuire au four Perrot, où, comme on sait, on atteint sans peine et on dépasse même notablement la température de 1 200° correspondant à la fusion de l'or : on n'a obtenu qu'un incuit jaune et friable, ne présentant aucunement le caractère des roches de ciment de cuisson normale.

Plus tard, M. Emilio Damour a bien voulu, sur notre demande, essayer de cuire, dans le four dont il a entretenu les lecteurs de ce *Bulletin*, des morceaux cubiques de pâte à ciment de 4 centimètres de côté. Le résultat n'a pas été plus satisfaisant.

On peut admettre que la température de 1 500° est un minimum, qu'il faudrait toujours pouvoir atteindre dans les fours d'essai pour reproduire les conditions de la cuisson industrielle, surtout si l'on veut opérer sur des mélanges synthétiques purs et bien définis ne contenant pas, comme les pierres à ciment ordinaires, des matières (oxyde de fer, alcalis, etc.) capables de jouer le rôle de fondants.

R. Féret.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

LITTÉRATURE

DES

PÉRIODIQUES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE DE LA SOCIÉTÉ

Du 15 Juillet au 15 Août 1898

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.
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).
La . . . . La Locomotion automobile.
Ln. . . . La Nature.
Ms. . . . Moniteur scientifique.
Mc . . . Revue générale des matières colorantes.
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.).
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 reservés au Cnam et à ses partenaires

AGRICULTURE

Betteraves. Production des graines par bouturage. *Ag.* 23 *Juillet*, 129.
— (Jaunisse des) (Prillieux et Delacroix). *CR.* 8 *Août*, 338.
— fourragères (Expérience sur les). *Ag.* 30 *Juillet*, 188.
— (Jaunisse de la). *Ag.* 6 *Août*, 209.
Céréales. Production dans le monde. *Ap.* 14, 21 *Juillet*, 45, 84.
— dans l'Europe. *Id.* 4 *Août*, 134.
— Vérification des graines, système Pohl. *Ag.* 6 *Août*, 221.
Chiens de berger (Concours de). *Ln.* 16 *Juillet*, 97.
Engrais. Acide phosphorique et céréales. *Ap.* 14 *Juillet*, 52. — dissous par les eaux du sol (Schlœsing). *CR.* 25 *Juillet*, 8 *Août*, 236, 327.
— Fumures d'automne et hausse des phosphates. *Ap.* 11 *Août*, 189.
— Emploi en horticulture (Hébert et Truffaut). *ScP.* 20 *Juillet*, 644.
— Canalisation des purins. *Ap.* 11 *Août*, 202.
— Traitement du fumier (Perret). *SNA. Mai*, 303.
— Influence, sur la végétation, du perchlorate de potasse contenu dans les nitrates. *Ap.* 4 *Août*, 159.
Lait (Filtration du). *Ap.* 14 *Juillet*, 57.
— Barattage des crèmes. *Ap.* 21 *Juillet*, 85.
— Beurre pasteurisé. *Ap.* 28 *Juillet*, 122.
Irrigations dans le Sud Algérien. Ag. 13 *Août*, 260.
Enseignement agricole (L'). *Ef.* 6 *Août*, 184.
Liparis Dispar (Le). *Ap.* 11 *Août*, 191.
Machines agricoles. Concours des moteurs : exposition de Bruxelles. *Ru. Juin*, 281.
— Battage des grains. *Ag.* 23 *Juillet*, 136.
— Enfouisseuse de fumier et d'engrais verts. *Ap.* 28 *Juillet*, 124.
— Outils à bras. *Ag.* 13 *Août*, 262.
Polders français, Mont Saint-Michel. *Ag.* 30 *Juillet*, 176.
— Pomme de terre (Aimé Girard). *SNA. Mai*, 328.
Truffe (Germination de la). *Co.* 30 *Juillet*, 134.
Vigne (Eumolphe de la). *Ag.* 16 *Juillet*, 106.
Vigne. Adhérence des bouillies cupriques. *CR.* 25 *Juillet*, 254.

CHEMINS DE FER

Chemins de fer d'Amérique et d'Europe (Pasquier). *Ru. Juin*, 292.
— électriques (transformation en) Bellet. *Rs.* 23 *Juillet*, 109.
— électrique souterrain de Budapesth. *Rt.* 10 *Août*, 337.
— électrique central de Londres. *EE.* 13 *Août*, 280.
— urbains en Europe. *EE.* 30 *Juillet*, 216.
— français et leur exploitation (Rous Marten). *E'.* 22, 29 *Juillet*, 76, 100.
— du Congo. *E'.* 29 *Juillet*, 106.
— à crémaillère du Schneeberg. *VDI.* 6 *Août*, 875,
— funiculaires suisses. *Rt.* 25 *Juillet*, 317.
— Souterrain de Glasgov. *Pm. Août*, 144.
— Transsibérien. *E'.* 29 *Juillet*, 99.
— à voie de 0m,60 (Robertson). *E'.* 5 *Août*, 139.
Élargissement du Midland Ry. à Kentish-Town. *E'.* 22 *Juillet* (Suppl.).
Frein de détresse Westinghouse. *E'.* 23 *Juillet*, 90.
Locomotives. Essais Brekenridge sur l'Illinois central. *RM. Juillet*, 99.
— express de l'État Belge. *Rgc. Août*, 123.
— compound Consolidation Vauclain. *RM. Juillet*, 103.
— à marchandises. État Autrichien. *E'.* 6 *Août*, 151.
— avantages des hautes pressions. *RM. Juillet*, 99.
— au pétrole Midland Ry. *E'.* 22 *Juillet*, 87, 91.
— Stuffing-box Johnston. *E.* 22 *Juillet*, 102.
— Boîte à fumée Coburn. *RM. Juillet*, 99.
Matériel roulant. Tampons égaliseurs Webb. *E'.* 22 *Juillet*, 91.
— Chauffage des voitures à la vapeur au P.-L.-M. *Rgc. Août*, 113.
— Wagon de 36 tonnes de l'Illinois central. *RM. Juillet*, 103.
— Trucks des voitures américaines. *Rgc. Août*, 93.
— Chapeau de boîte à graisse Waite et Ball. *RM. Juillet*, 103.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Résistance atmosphérique des trains (Goss). *E'.* 12 *Août*, 164.

Voie. Les tirefonds. *Ln.* 23 *Juillet*, 125.

— Aiguillage Stoney. *E.* 5 *Août*, 172.

TRANSPORTS DIVERS

Automobilisme (L') et son avenir. *Ef.* 16 *Juillet*, 71.

— Exposition des automobiles. *Ie.* 10 *Juillet*, 287.

— Course Amsterdam-Paris. *La.* 14, 21, 24 *Juillet*, 439, 451, 472. *Rt.* 25 *Juillet*, 320. 10 *Août*, 347.

— Concours de Liverpool. *Gc.* 13 *Août*, 237.

— *Électriques.* Concours des fiacres. *Ie.* 10 *Juillet*, 271.

— — Mildé Mondos. *EE.* 23 *Juillet*, 141.

— — Accumulateur Fulmen. *Ri.* 23 *Juillet*, 298.

— *Pétrole.* Divers. *Ri.* 16, 23, 30 *Juillet*, 285, 293, 303, 6, 13 *Août*, 315, 323. Brulé. *La.* 14 *Juillet*, 136. Bert. *Id.* 444.

— — Lepape. *La.* 21 *Juillet*, 456.

— — Elan. *La.* 28 *Juillet*, 468.

— *à vapeur* Thompson. *RM. Juillet*, 105.

— — Liquid Fuel C°. *RM. Juillet*, 106.

Tramways *électriques* de Washington. *Gc.* 16 *Juillet*, 168.

— en Europe. *EE.* 30 *Juillet*, 203.

— d'Elbeuf. *EE.* 6 *Août*, 241.

— Matériel de la Johnson and Steel Motor C°. *Ie.* 25 *Juillet*, 310.

— à accumulateurs. *Gc.* 16 *Juillet*, 174.

— à courants alternatifs. *EM. Août*, 811.

— Patin. *EE.* 20 *Juillet*, 188.

— à caniveau souterrain. *Elé.* 6 *Août*, 81.

— à prise de courant par archet. *Elé.* 13 *Août*, 97.

— Voitures d'été Jackson et Sharp. *E.* 5 *Août*, 173.

— Résistance électrique des rails. *E.* 12 *Août*, 215.

— *à vapeur.* Explosion d'une chaudière. *E.* 12 *Août*, 217.

Vélocipédie. Bicyclette. Généralités (Bourlet). *Gc.* 23 *Juillet*, 104, 200. 13 *Août*, 233.

— Équilibre d'un bandage pneumatique (Lecornu). *CR.* 18 *Juillet*, 168.

— Frein Bailey. *RM. Juillet*, 106.

CHIMIE ET PHYSIQUE

Air liquide procédé Tripler. *Gc.* 13 *Août*, 236.

Argon, Hélium et Krypton. Leur place dans la série des éléments (Crookes). *American Journal of Sciences, Août*, 189.

Ammoniaque et ses sources (Terne). *Fi. Août*, 127.

Acide azotique, décomposition par la chaleur à des températures peu élevées. (Berthelot). *CR.* 11 *Juillet*, 83.

— borique. Dosage (Vadam). *Pc.* 1er *Août*, 109.

— Phosphorique dosage (Vignon). *CR.* 18 *Juillet*, 191.

— Permanganique. Réduction par le peroxyde de manganèse. *CN.* 12 *Août*, 77.

Alcalis. 34e rapport annuel sur les usines. *Cs.* 30 *Juillet*, 664.

Alcool. Détermination de petites quantités. *CN.* 5 *Août*, 66.

— méthylique recherches et dosage dans l'alcool éthylique. *CR.* 25 *Juillet*, 232.

Aldéhyde formique. Analyse (Smith). *Ms. Août*, 580.

Arsenic. Détermination dans l'antimoine et les métaux (Ducru). *CR.* 25 *Juillet*, 227.

Azotites doubles alcalins des métaux du groupe du platine. Action de la chaleur (Jolly et Leidé). *CR.* 11 *Juillet*, 103.

Amiantes diverses (Kersting). *Cs.* 30 *Juillet*, 659.

Brasserie (Problèmes de la) (Ward) *IoB. Mai*, 334.

— Action de l'oxygène sur la levure de bière (Effront). *CR.* 8 *Août*, 326.

— Carbohydrates de Malt (Tallens). *IoB. Juin*, 438.

— Fabrication de la bierre brillante (Duncan). *Id.* 477.

— Divers. *Cs.* 30 *Juillet*, 680.

Briques de schiste Ri. 23 *Juillet*, 294.

Bleu de tungstène provenant de la réduction de tungstates au feu de cuisson de la porcelaine (Granger). *CR.* 11 *Juillet*, 106.

Cobalt (Formule d'oxydation des sels de) en liqueur alcaline (Job). *CR.* 11 *Juillet*, 100.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Cires d'abeilles de Tunisie (Bertainchand et Marcelle). *Ms. Août*, 533.

Caoutchouc (Sources de) (Morris) *SA.* 5 *Août*, 761, 773.

— du Brésil. *Cs.* 31 *Juillet*, 676.

Carbure de tungstène. Préparation (Williams). *CN.* 22 *Juillet*, 38.

Céramique. La pierre de verre (Henrivaux). *Rs.* 13 *Août*, 206.

Chaleur rayonnée par le platine aux très hautes températures (Petavel). *RSL.* 12 *Juillet*, 403.

Chicorée. Fabrication, altération (Ruffin). *SIN.* N° 102, p. 25.

Chimie des infiniment petits (Grimaux). *Rs.* 6 *Août*, 163.

Chlorophylle, spectre d'absorption (Schunek). *RSL.* 12 *Juillet*, 389.

Cires végétales. *Rt.* 10 *Août*, 341.

Chaux et ciments. Théorie des chaux hydrauliques (Zulkowski et Loster). *Cs.* 30 *Juillet*, 668.

Diastase. Préparation, nature et estimation (Sykes et Hussey) *IoB. Juin*, 527.

Distillation sous pression réduite. Régulateur Auger. *ScP.* 5 *Août*, 531.

Égouts. Four destructeur Horsfall. *E.* 12 *Août*, 200.

Eau oxygénée. Fabrication (Rosenblum). *Cs.* 30 *Juillet*, 691.

Éthers carboniques mixtes des séries grasse et aromatique (Cazeneuve et Morel). *ScP.* 5 *Août*, 694.

Émaux des appareils culinaires (Barthe). *Pc.* 1er *Août*, 105.

— divers. *Cs.* 30 *Juillet* 688.

Essences et parfums de violette extraites de l'essence de lemon géas (Ziegler). *ScP.* 20 *Juillet*, 621.

— de géraniol, de citronnelle et de mélisse (Flateau et Labbé). *Id.* 633, 637.

— de caparapi (Tapia). *Id.* 638.

— Célones à odeur de violette (Tiemann). *ScP.* 20 *Juillet*, 623.

Éthers carboniques mixtes. Préparation (Cazeneuve et Morel). *Pc.* 15 *Juillet*, 55.

Farines. Action du son frais sur les vieilles farines. *Pc.* 15 *Juillet*, 49.

— Examen microscopique (Collin). *Pc.* 1er *Août*, 97.

Gaz (Perméabilité du platine pour les). *Ri.* 16 *Juillet*, 282.

Gaz d'éclairage. Gazogènes américains. *Dp.* 23 *Juillet*, 56.

— Rendement lumineux des oxydes rares. *EE.* 30 *Juillet*, 219.

— Calcul d'une cloche de gazomètre. *Rt.* 10 *Août*, 354.

— *Acétylène*. l' (Stubbs). *E.* 15, 22 *Juillet*, 88, 123.

— — Industrie du carbure de calcium. *E.* 15 *Juillet*, 83.

— — générateur Scarth. *E. Juillet*, 95. Lux. *Ci, Juillet*, 327.

— — Becs Létang, Serpollet, Marbec. *Ln.* 6 *Août*, 157.

Graisses et huiles. Divers. *Cs.* 30 *Juillet*, 772. Estimation par l'iode. Procédé Hubl. *Cs.* 30 *Juillet*, 698.

Glycérine (Dosage de la) (Kichardon et Jaffé). *Ms. Août*, 577.

Kérosène. Point d'inflammation. *E.* 29 *Juillet*, 111.

Laboratoire. Appareils divers. *Cs.* 30 *Juillet*, 693.

— Essais d'or de Nickel *Id.* 695.

— Dosage volumétrique de l'acide sulfurique combiné (Marboutin et Molinié). *ScP.* 5 *Août*, 713.

— Dosage de la potasse (Wavelet). *SIN.* n° 102, p. 81. — du fer et de l'alumine dans les phosphates (Grandel), *Id.* 35.

— Pompe de Jervis. *Cn.* 12 *août*, 73.

— pyromètre et composimètre de gaz (Kersten). *Ru. Juillet*, 44.

— Analyse des charbons. Rapport du comité. *CN.* 12 *Août*, 75.

Loi périodique et les composés organiques (Locke). *CN.* 12 *Août*, 74.

Molybdène. Dosage par l'iode (Gooch et Norton). *American Journal of Science. Août.* 168.

Morphine. Dérivés bromés (Causse). *ScP.* 5 *Août*, 707.

Optique. Sensations lumineuses. Origine et mécanisme (Charpentier). *Rgds.* 15 *Juillet*, 530.

— Théorie électro-magnétique de Maxwell (Extension de la). Edser. *RSL.* 12 *Juillet*, 375.

— Relations entre les énergies lumineuses et chimique (Berthelot). *CR.* 18 *Juillet*, 143.

— *Rayons X. EE.* 16 *Juillet*, 130.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Optique. *Rayons X. Ln.* 16 *Juillet*, 106, 13 *Août* 161.

— — *CR.* 18, 25 *Juillet*, 173, 175, 206, 223.

Oxyde de carbone, dosage de petites quantités dans l'air (Nicloux). *ACP. Août*, 565.

Phosphates monocalciques. Décomposition par l'eau à 100° (Viard). *CR.* 18 *Juillet*, 178.

Phosphore rouge. Action du sodammonium en excès (Hugot). *CN. Juillet*, 39.

Pétrole. Briquettes en Allemagne. *Cs.* 30 *Juillet*, 651.

Phosphoglycérates organiques (Adrien et Trillat). *ScP.* 5 *Août*, 684.

Plomb. Sels mixtes et halogénés (Thomas). *ScP.* 20 *Juillet*, 598.

Purine (Dérivés de la) (Blaise). *Actualité chimique. Juin*, 173.

Résines et vernis. Dérivés. *Cs.* 30 *Juillet*, 675. Absorption de l'oxygène en séchant. (*Ibid.*).

Roches silicatées (Analyse des) (Hildebrand). *CN.* 22, 31 *Juillet*, 43, 55; 5, 12 *Août*, 63, 79.

Séléniure d'ammonium. *CN.* 29 *Juillet*, 51.

Sucrerie. Divers. *Cs.* 30 *Juillet*, 680.

— Amides et licithines de la canne à sucre (Shorey). *Ms. Août*, 595.

— Modification de la méthode Clerget applicable aux mélasses et aux derniers jus (Ling et Baker). *Ms. Août*, 599.

— Détermination de l'humidité dans le sucre interverti (Thorpe et Jeffers). *Ibid.* 600.

Soie artificielle. État actuel de la fabrication en France (Ménigans). *Rgds.* 30 *Juillet*, 569.

Sulfure de magnésium cristallisé (Mourlot). *CR.* 18 *Juillet*, 180.

— de strontium phosphorescent (Composition des (R. Mourello). *CR.* 21 *Juillet*. 229.

Tannerie. Divers. *Cs.* 30 *Juillet*, 678.

Teinturerie. Divers. *Cs.* 30 *Juillet*, 655, 660.

— Irichromatines. *Mc.* 1er *Août*, 289.

— Acide lactique dans le mordançage de la laine (Dreher). *Mc.* 1er *Août*, 303.

— Teinture et blanchiment, progrès en 1897 (Buntrock). *Mc.* 1er *Août*, 292.

— — (Grassmann). *Id.*, 542.

— Théorie de la teinture. *Cs.* 30 *Juillet*, 660.

Teinturerie. Nouvelles couleurs, *Mc.* 1er *Août*, 301.

Thermométrie. Recherches récentes (Chree). *N.* 28 *Juillet*, 304.

Urines (Détermination de l'acidité des) (Lepierre). *ScP.* 20 *Juillet*, 655.

Vins naturellement salés, dosage des cendres (Bonjean). *ScP.* 5 *Août*. 719.

Vinaigres (Analyse des). Caractéristique du vinaigre de cidre (Smith). *Ms. Août*, 584.

Ytria. Terres ytriques des monazites (Urbain). *CR. Juillet*, 107.

— — (Boudouard). *ScP.* 20 *Juillet*, 609.

Zirconium (Oxyde de) (Venable et Belden). *CN.* 29 *Juillet*, 52.

COMMERCE ET ÉCONOMIE POLITIQUE

Banque de Berlin. *Ef.* 6 *Août*, 181.

Boissons, problème économique aux États-Unis. *DoL. Juillet*, 509.

Chemins de fer. Décroissance de la garantie d'intérêt. *Ef.* 23 *Juillet*, 103.

— d'intérêt local et tramways en France. *Ef.* 6 *Août*, 177.

Chine. Bases scientifiques de la question chinoise (Machat). *Rgds.* 15 *Juillet*, 517.

Caisse d'épargne française en 1896. *SL. Juillet*, 48.

Cacao. Production et consommation. *Ef.* 12 *Août*, 213.

Coton (Filature du) au Mexique. *E.* 15 *Juillet*, 83.

Alcools. Droits et consommation par habitants en France en 1897. *SL. Juillet*, 64. — en Allemagne. *Ibid.* 96.

Crédit agricole Associations au Canada. *USR. Juillet*, 340.

Enseignement professionnel à Paris. *Ef.* 30 *Juillet*, 143.

États-Unis. Mouvement économique et social. *Ef.* 23 *Juillet*, 105.

Espagne. Situation financière. *Ef.* 13 *Août*, 209.

Exemples financiers et juridiques de l'État moderne. *Ef.* 16 *Juillet*, 69.

France. Vente des immeubles de l'État. *Ef.* 23 *Juillet*, 107.

— Législation et jurisprudence sociale en —. *Musée social*, n° 23 (A).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Salaires et durées du travail dans l'industrie française. Ri. 30 *Juillet*, 310.

Sucres (Conférence internationale sur le régime des). *B. M. A. Juillet*, 527.

Syndicats professionnels. Loi belge. *Ef.* 13 *Août*, 211.

— mutuels et assurances des employés de chemins de fer aux États-Unis. *DoL. Juillet*, 552.

CONSTRUCTIONS ET TRAVAUX PUBLICS

Béton Coignet (Constructions en). *Le Ciment. Juillet*, 97.

Ciment armé. Calcul des poutres, planchers, etc. *Ac. Juillet*, 141, *août*, 166.

— (Balcons en). *Le Ciment, Juillet*, 106.

Constructions démontables ou légères. Gm. Juillet, 39.

Égouts de Chicago. — de Norwich. E'. 22 *Juillet.* (Suppl.)

Enveloppes incombustibles pour la protection des colonnes. *Rt.* 25 *Juillet*, 319.

Incendie. Protection en Europe (Sachs). *E.* 29 *Juillet*, 130.

Maison à 30 *étages* de Park Row. *E.* 29 *Juillet*, 139, 12 *Août*, 200.

Pont de Lossnitz. E'. 22 *Juillet.* (Supplément.)

Reprise en sous-œuvre de St-Mary Church, à Woolnoth. *E.* 29 *Juillet*, 138.

ÉLECTRICITÉ

Accumulateurs. Sulfatation des négatives (Juman). *EE.* 23 *Juillet*, 133.

— Fermeture Hopkin Akester. *EE.* 30 *Juillet*, 191.

— Fulmen. *Elé.* 13 *Août*, 100.

Bobines d'induction. Rôle du condensateur. *Ie.* 25 *Juillet*, 314.

Conducteurs en aluminium (Hunt). *E'.* 22 *Juillet*, 58.

Conductibilité des dissolutions salines. Goldsmith et Reychler. *ScP.* 5 *Août*, 675.

Décharges à haute tension. Expériences. *Elé.* 16 *Juillet*, 40.

Diagrammes types des appareils électriques. Elé. 16 *Juillet.* 37.

Distributions d'électricité en Europe. EE. 30 *Juillet*, 192.

Dynamos. Westinghouse. Stanley. *E.* 22 *Juillet*, 127.

— Les Parshall et Hobart. *E.* 29 *Juillet*, 129; 12 *Août*, 210.

— à quatre pôles Hall. *E'.* 22 *Juillet*, 82.

— hypercompounds, couplage en parallèle. *Elé.* 6 *Août*, 86.

— Alternateurs Blathy, De Laval, Fairbanks, Bradley, Walker. *EE.* 30 *Juillet*, 180.

— Régulateur Bowen. *E.* 22 *Juillet*, 127.

— — automatique par 3e balai Savers. *Ie.* 10 *Août*, 331.

— Frein portatif pour essai. *Elé.* 30 *Juillet*, 68.

Éclairage. Prix de revient, nécessité de l'abaisser. *Ef.* 30 *Juillet*, 149.

— Régulateur de tension Thunderbolt. *Elé.* 30 *Juillet*, 65.

— de Fousserel. *Elé* 23 *Juillet*, 51.

— de l'École de St-Cyr. *Gm. Juillet*, 17.

— *Arc.* Lampes Bardon. *E.* 15 *Juillet*, 95.

— — Force électromotrice de l'arc entre électrodes d'aluminium (Von Lang). *EE.* 30 *Juillet*, 209.

— — Rhéostat de démarrage. *EE.* 6 *Août*, 239.

Écrans magnétiques (Maurain). *EE.* 6-13 *Août*, 221-280.

Électro-chimie. Divers. *Cs.* 30 *Juillet*, 672. *Dp.* 13 août, 113.

— (Société allemande d'). Travaux. (Muller). *EE.* 16 *Juillet*, 93.

— purification des bains électrolytiques dans les affineries de cuivre américaines (Ulke). *EE.* 16 *Juillet*, 116.

— Intensité la plus économique dans un atelier électrolytique (Vogel). *EE.* 17 *Juillet*, 116.

— Galvanisation électrique. *Pm. Août*, 126.

— Affinage de l'or (Wohlwill). *EE.* 22 *Juillet*, 148.

— Electrolyse des solutions de zinc à Broken Hill. *Elé.* 13 *Août*, 103.

— Soude, procédé Hargreaves-Bird. *E.* 22 *Juillet*, 115. *Ie.* 10 *Août*, 331.

— Application du four électrique dans l'industrie du fer. *Gc.* 30 *Juillet*, 205.

— Évaluation de l'affinité par les phénomènes de dissociation électriques (Hollard). *EE.* 13 *Août*, 285.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Mesures de la puissance des courants polyphasés (Blondel). *Ie.* 25 *Juillet*, 305, différence de phase entre courants sinusoïdaux (Rossi). *EE.* 30 *Juillet*, 206.
— Compteurs Bow, Packard, Hockham, Steinmetz. Batoult Oxley. *EE.* 16 *Juillet*, 90. Gillepsie, *id.* 23 *Juillet*, 139.
— Potentiomètre. *NCS. Elé.* 6 *Août*, 88.
Résistance électrique au contact de deux disques d'un même métal (Branly). *CR.* 25 *Juillet*, 219.
Stations centrales. (Évolution des) (Insull.) *E.* 22 *Juillet*, 125, 5 *Août*, 187.
— des Alpes françaises. *EE.* 30 *Juillet*, 213.
— à Walenlacke. *E.* 5 *Août*, 180.
— à Anthony Falls. *E'.* 12 *Août*, 169.
Télégraphes. Télégraphes imprimants. Divers. *Dp.* 16 *Juillet*, 35, 4 *Août*, 95.
— Sans fils. *Elé.* 23 *Juillet*, 53. — et collision en mer (Branly). *CR.* 18 *Juillet*, 171.
Transformateurs. Berry. *E.* 15 *Juillet*, 95. du Creusot. *E.* 22 *Juillet*, 106; Shuckert, Still et Cowan, Thomson Houston, Berry, Hobart (Guilbert). *EE.* 6 *Août*, 230.
— Détermination de rendement. *EE.* 23 *Juillet*, 144, 6 *Août*, 246.
— rotatifs. *Ie.* 10 *Août*, 329.
— Calcul de la dispersion magnétique (Kapp). *Ie.* 10 *Août*, 339.
Vent électrique, pouvoir des pointes (Lehmann) *EE.* 22 *Juillet*, 165.

HYDRAULIQUE

Abaques pour calculs hydrauliques. E. 15 *Juillet*, 65.
— Alimentation des eaux artésiennes de l'Oued Rir et du bas Sahara algérien (Rolland). *IC, Mai*, 784.
Ascenseurs du canal de la Marne à la Saône. Ac. Juillet, 122. *Août*, 146.
Barrage en acier dans l'Arizona. *E'.* 12 *Août*, 156.
Pompes des docks de Glasgow *E'.* 15, 22 *Juillet*, 52-78. — d'Auria, de Laval. *RM. Juillet*, 107.
— de réaction. Godot. *Bam. Août*, 772.
— des eaux d'Ipswich. *E'.* 15 *Juillet*, 65.
— Régulateur Mason. *RM. Juillet*, 107.
— à action directe (Masse). *RM. Juillet*, 21.
Prise d'eau pour incendies. Ellington. *E.* 29 *Juillet*, 153.
Puissance d'une chute d'eau, diagramme de calcul. *Gc.* 16 *Juillet*, 175.

MARINE, NAVIGATION

Ascenseurs du canal de la Marne à la Saône. *Ac. Juillet*, 122. *Août*, 146.
Congrès de navigation de Bruxelles. E'. 29 *Juillet*, 101; 5, 12 *Août*, 125-146. *E.* 12 *Août*, 209.
Constructions navales. Sous le règne de Victoria. *E'.* 15 *Juillet*, 54; 12 *Août*, 149.
Décaleur d'hélices Young. *E'.* 15 *Juillet*, 65.
Distillateur Du Temple et Brillié. *RM. Juillet*, 111.
Docks de Penarth. *E.* 15 *Juillet*, 71. — de Glasgow. *E'.* 22 *Juillet*, 78.
Dynamomètre Baily pour mesurer la force des vagues. *E.* 12 *Août*, 216.
Gouvernails. Divers. *Dp.* 30 *Juillet*, 60; 6 *Août*, 81.
Graisseur d'arbre d'hélice. Twin. *RM. Juillet*, 113.
Jetées sur la côte du Pacifique, EM. Août, 727.
Machines marines. Arbres d'hélices. *E'.* 29 *Juillet*, 112.
— Machines de la *Joyeuse. E'.* 6 *Août*, 127 de l'*Amphitrite. E'.* 12 *Août*, 152.
— à haute pression. *E'.* 6 *Août*, 134.
— construites par le Creusot. *E.* 12 *Août*, 195.
Marines de guerre modernes. *EM. Août*, 711.
— argentine. Croiseur *Général-St-Martin. E.* 15 *Juillet*, 74.
— Allemagne. *Rmc. Juin*, 590.
— anglaise. *Rmc. Juin*, 580. *E.* 20 *Juillet*, 145; 5 *Août*, 177.
— Russe. *E'.* 29 *Juillet*, 102.
— Défense des côtes. *Rmc. Juin*, 493.
— État-Unis. *Rmc. Juin*, 556-595 et Espagne (Chasseloup-Laubat). *IC. Mai*, 817.
— Destruction du Maine. *E.* 29 *Juillet*, 151.
— cuirassées Anglaises, Allemandes et Françaises. *Rmc. Juin*, 545.
— Vitesse du navire de guerre. *Rmc. Juin*, 563.
— Tubes lance-torpilles du travers. *Rmc. Juin*, 572.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Naufrage de la Bourgogne. *E.* 15 *Juillet*, 81. *E'.* 15 *Juillet*, 61.
Paquebot Duc-de-Cornouailles. *E'.* 29 *Juillet*, 116.
Phares. Lentilles Barbier et Bénard. *E.* 22 *Juillet*, 128.
Ports de Calais et Boulogne. *E'.* 22 *Juillet*. (Supp.).
Yachts à grande vitesse (Les). *EM. Août*, 786.

MÉCANIQUE GÉNÉRALE

Air comprimé (Presse à). *RM. Juillet*, 113.
— Compresseur Sergeant. *Id.*
— Tubes pneumatiques Batcheller. *Fi. Août*, 11.
Câbles Felten et Guillame. *RM. Juillet*, 114.
Chaudières. Diverses. *Dp.* 30 *Juillet*, 68.
— (Erreurs sur les). *E'.* 12 *Août*, 157.
— verticale Dean. *RM. Juillet*, 97.
— (Soin des). *E.* 15 *Juillet*, 84.
— (Purification des eaux pour) (Archbutt). *E.* 5 *Juillet*, 186.
— Surchauffe (Emploi de la). *Ru. Juin*, 376.
— à tubes d'eau Babcox-Wilcox. *E.* 12 *Août*, 213.
— horizontales (Montage des) Worlson. *E.* 29 *Juillet*, 135.
— Explosions par avaries aux rivures. *Gc.* 16 *Juillet* 169.
— Foyers ondulés. *C'.* 22 *Juillet* 84.
— — à pétrole Sargent. *RM. Juillet*, 98.
— Grille à eau John. *RM. Juillet*, 98.
— Alimentateur Johnson et Murphy. *RM. Juillet*, 97.
— Dégraisseur Mac Dougall. *RM. Juillet*, 98.
— Résistance des rivures. *VDI.* 6 *Août*, 881.
— Reducing valve Longton. *RM. Juillet*, 99.
— Soupape de vidange Mac Intosh. *RM. Juillet*, 98.
— Surchauffe (Emploi de la). *RM. Juillet*, 104.
— Tuyauteries. *EM. Août*, 740.
Calculer (Machines à). Diverses. *Dp.* 16 *Juillet*.
— Contrôleurs. Divers. *Id.* 23 *Juillet*, 46.
Courroies. Tendeurs Simon. *Bam. Août*, 786.
Drague hydraulique Bates. *RM. Juillet*, 107.
Éjecteur à vapeur Granger. *E.* 22 *Juillet*, 121.
Engrenages elliptiques coniques Favets. *E.* 22 *Juillet*, 121.
Froid. Machines à acide carbonique. *Rt.* 25 *Juillet*, 313. Air liquide, appareil Taimler. *Fi. Août*, 153.
Graissage. Essais des huiles et graisses. *E'.* 15, 22 *Juillet*, 50, 77.
Indicateurs. Divers. *Ri.* 6 *Août*, 313. Rosenkranz. *Dp.* 13 août, 112.
Levage. Grue à foin. *Ap.* 21 *Juillet*, 98.
— Grue pour les travaux de l'Exposition de 1900. *Ri.* 23 *Juillet*, 294.
— Transporteurs Temperley. *RM. Juillet*, 92.
Machines-Outils. Électriques. *Ie.* 10 *Août*, 333.
— Affûteuse pour scies. Schmaltz. *Ri.* 13 *Août*, 321.
— Fraiseuse Grégory. *E.* 15 *Juillet*, 77. Pratt-Whitney. *Ri.* 16 *Juillet*, 281. Niles. *E*, 5 *Août*, 169.
— Ateliers du Midland Ry. *E.* 22 *Juin*, 97.
— Aléseurs coniques Bement-Mills. *RM. Juillet*, 108.
— Calibres. Divers. *Dp.* 16 *Juillet*, 28.
— Centreur Herbert. *E'.* 22 *Juillet*, 93. Cisaille-découpeuse Pfouts. *RM. Juillet*, 108.
— Forgeage (Codron). *Bam. Juillet*, 497. *Août*, 635.
— Clef Billings. *RM. Juillet*, 108.
— Frappeur à air comprimé Parfitt. *RM. Juillet*, 109. Dresseur pour soupapes Dixler. *RM. Juillet*, 110.
— Limes (Taille des). *SuE. Août*, 701.
— Machines à mouler. *Pm. Juillet*, 98. — A tailler les pignons hélicoïdaux Lanchester. *RM. Juillet*, 110. Les roues. Diverses. *Dp.* 6, 13 *Août*, 84, 101.
— Perceuse pour rails Moore. *RM. Juillet*, 109. Poinçonneuse électrique. *VDI.* 6 *Août*, 884.
— Presse à perforer Bliss. *Ri.* 30 *Juillet*, 301. Scies à métaux électriques. *E'.* 12 *Août*, 153.
— Raboteuse Detrich-Harvey. *RM. Juillet*, 106.
— Tubes à recouvrement. Fabrication (Vinsonneau). *RM. Juillet*, 60.
— Tour à roues Spencer. *E.* 22 *Juillet*, 100.
— — au gabarit. *RM. Juillet*, 108; à cuivre Britannia C°. *E.* 5 *Août*, 185.
— — à fileter Miley. *E'.* 22 *Juillet*, 83.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Machines-Outils. Vis (machines à), Davenport. *RM. Juillet*, 88.
— *à bois.* Mortaiseuse double Fay. *E.* 29 *Juillet*, 141.
— Scie Hinkley. *RM. Juillet*, 110.
Meunerie. Moulin de l'Imperial Flour Mill. *Gc.* 23 *Juillet*, 185.
Moteurs à vapeur. Étude de la compression Guédon. *Bam. Juillet*, 590.
— (Essais des) (Barrus). *E'.* 22 *Juillet*, 116.
— — (Donkin). *E'.* 22 *Juillet*, 92.
— Condensation et influence des parois (Donkin). *RM. Juillet*, 5.
— rotatif Henry. *La.* 4 *Août*, 488.
— Tiges de piston. Influence du carbone. *E'.* 22 *Juillet*, 94.
— Régulateur Edison. *RM. Juillet*, 114.
— Purgeur Beare. *RM. Juillet*, 116.
— Turbine et chaudière de Laval. *E'.* 12 *Août*, 147.
— Théorie du moteur thermique (Banki). *VDI.* 13 *Août*, 893.
— **à gaz** de hauts fourneaux. *Gc.* 23, 30 *Juillet*, 181, 197.
— — Letombe. *RM. Juillet*, 87.
— — Calloch, Pétréano, Timar, Westinghouse, Simms, Johnson, Jones, Dawson. *RM. Juillet*, 117-119.
— — **à pétrole.** Ballard et Goode, Nagel et Hermann, Norya, Hornsby. *RM. Juillet*, 120.
— — Campbell de 22 chevaux. *E'.* 5 *Août*, 135.
Pesage. Enregistreur Roche. *Bam. Juillet*, 612.
Presse à coton Anderson. RM. Juillet, 94.
Résistance des matériaux. Théorie de l'élasticité (Kirsh). *VDI.* 16 *Juillet*, 797.
— (Essais des) pour le matériel des chemins de fer. *E'.* 22 *Juillet*, 75; 5, 12 *Août*, 132, 145.
— Résistance des bois à la traction et à la compression. *Eam.* 16 *Juillet*, 63.
Tuyauterie. Joint Price. *RM. Juillet*, 115.
— Lunkenheimer. *VDI.* 13 *Août*, 913.

MÉTALLURGIE

Alliages. Microstructure des alliages de coussinets (Clamer) *Fi. Août*, 138.
— Microstructure et résistance électrique (Shaw). *N.* 11 *Août*, 357.
Aluminium (Soudure). *Ri.* 16 *Juillet*, 284.
— Séparation par l'acide chlorhydrique (Havens) *CN.* 29 *Juillet*, 53.
— Emploi comme agent réducteur pour la production du chrome (Goldsmith et Vautin). *Cs.* 30 *Juillet*, 649.
— Fabrication à Milton (Ristori). *E.* 29 *Juillet.*
Cuivre. Sélecteur Paul David. *AM. Juin*, 621.
Dynamitières souterraines. Conditions d'établissement. Expériences de Blanzy. *Am. Juin*, 644.
Fer et acier. Ateliers du Creusot. *E.* 15, 22, 29 *Juillet*, 5 *Août*, 67, 106, 136, 163.
— Forges américaines. *SuE.* 1er *Août*, 709.
— Forgeage (procédés de). Codron. *Bam. Août*, 635.
— Forges de Trignac. *Ru. Juin*, 311.
— Hauts fourneaux. Descente dans les. *SuE.* 15 *Août*, 754.
— Industrie sibérurgique dans la Russie du Sud. *SuE.* 15 *Août*, 761.
— Procédé Bessemer (Thermochimie du) (Hartley). *SA.* 15, 22 *Juillet*, 721, 733.
— Micrométallurgie des aciers (Ledebur). *SuE.* 15 *Juillet.* 649.
— Appareil pour le dosage volumétrique du carbone dans les fers (Rouff). *Im. XI, IV*, 883.
— Machines soufflantes de la Lilleshall Co. *E'.* 6 *Août*, 138.
Four *Lang. Eam.* 6 *Août*, 157.
Or. Cyanuration Cowper Cowles. *Eam.* 6 *Août*, 160.

MINES

Alpes. Explorations minières (Bordeaux). *Ru. Juillet*, 1.
Chili. Gisement (Minéraux du). *AM. Juin*, 676.
Coke (Chimie du) (Simmersbach). *Ru. Juin*, 350.
Cuivre. Mine de Tamarak, Lac supérieur. *Eam.* 9 *Juillet*, 35.
Électricité. Emploi dans les houillères de Westphalie. *Elé.* 30 *Juillet*, 69; 6 *Août*, 91.
— Pompe électrique à la fosse Lambrecht. *Gc.* 30 *Juillet*, 203.
Fer chromé. Gisements du Canada. *Am. Mai*, 617.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Grisou. Inflammation par l'électricité. *Ru. Juillet*, 63, 93.

Houillères. Sondages dans le nord de la France (Gosselet). *CR.* 18 *Juillet*, 162.

— Préparation mécanique aux houillères Saint-Éloy (Morgues). *Im. XI, IV*, 745.

— Exploitation et installations des mines de Commentry (Martinet). *Id.* 763.

Machine d'extraction (Modérateurs des) (Godeaux). *Ru. Juin* 340.

— *d'épuisement* hydraulique de Gneissau. Rendement. *Ru. Juillet*, 106.

Or. En Guyane française (Levat). *AM. Mai*, 569.

Or. Au Kloudyke (route du). *Eam.* 16 *Juillet*, 65.

— Au Colorado. Chloruration à la Cie Delano. *E.* 22 *Juillet*, 103.

— Au Transwaal. Princes Estate. *Eam.* 16 *Juillet*, 69.

— En Guinée. *Eam.* 23 *Juillet*, 97.

— Dans l'Inde. *EM. Août*, 797.

— Au Nicaragua. *Eam.* 9 *Juillet*, 125.

Sondages. Divers. *Dp.* 16 *Juillet*, 21.

Salines. En Chine. *E'.* 12 *Août*, 146.

Ventilateurs (Équilibre des) (Godeaux). *Ru. Juin*, 347.

Wagonnets. Essieux des mines d'Anoconda. *Eam.* 6 *Août*, 161.

Le Gérant : Gustave Richard.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

97e ANNÉE. Cinquième Série, Tome III. SEPTEMBRE 1898

BULLETIN

DE

LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT

POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

CONSTRUCTIONS

LE TIBRE, par M. Ronna, *Membre du Conseil.*

I. — Hydrographie et Hydrologie.

Cours. — Le Tibre prend sa source sur le versant méridional de l'Apennin, entre les monts Luna et Alvernia, et plus exactement au mont Pomero (1 167 m. alt.), dans la commune de Verghereto, province de Florence (1). Selon d'autres hydrographes, ses sources sont situées au pied du mont Falterona, près de Borgo San Sepolcro (2); ou encore, sur le versant occidental du grand Apennin, entre les monts Coronaro et Fumajolo delle Balze, dans la province de Arezzo, à 18 kil. au nord de Pieve San Stefano (3).

Quoi qu'il en soit du lieu précis de son origine (4), le fleuve, sur son parcours total de 393 kil., présente cinq directions différentes :

1° Du S.-E., au S., sur 120 kil. environ, de Pieve San Stefano jusqu'en face des collines de Pérouse;

2° S., sur 50 kil. jusqu'à Pian San Martino, près de Todi;

3° S.-O., sur 25 kil. jusqu'au confluent de son affluent la Paglia, en deçà d'Orvieto;

(1) Nobili Vitelleschi, *Relazione. Atti della giunta per la Inchiesta agraria*, 1884.

(2) De Tournon, *Études statistiques sur Rome*, II, 198.

(3) Leoni e Maganzini, *Cenni monogr. Fiumi, V*, 177, et D'Ambrosio, *Cenni monogr. Navigazione interna, VI*, 1878.

(4) Les sources de l'Arno sont situées sur le revers méridional du mont Falterona (1 356 m. alt.); mais celles du Tibre, dirigées plus au S., en sont éloignées de 35 kil. Voir les cartes hydrographiques (fig. 1 à 4) représentant les sources du Tibre et de l'Arno, ainsi que le cours du Tibre supérieur, moyen et inférieur.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

4° Du S.-E., au S., en inclinant vers le S. vrai, sur 110 kil. en aval de Civitella San Paolo;

5° Finalement S.-E., jusqu'au point de bifurcation, *Capo due Rami*, des deux bras qui se rendent à la mer Méditerranée; le bras d'Ostie ou *Fiumara*, et le bras de *Fiumicino*.

En quittant Pieve San Stefano, le Tibre baigne successivement Borgo San Sepolcro, où il abandonne la province de Arezzo pour entrer dans l'Ombrie, puis Città di Castello et Fratta. Après Pérouse qu'il laisse sur les hauteurs, à 6 kil. sur sa droite (1), il atteint Todi, pour prendre à gauche Ottigliano, Passo Corese, où il pénètre dans la province de Rome qu'il a déjà touchée à Castiglione in

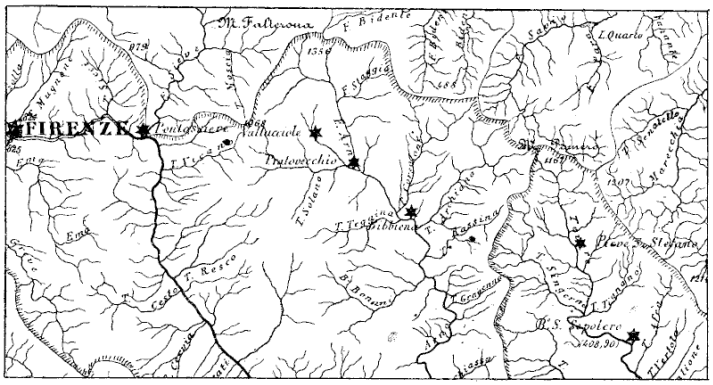


Fig. 1. — Sources du Tibre et de l'Arno. (Carte hydrographique n° 1.)

Teverina et Orte. Arrivé à Magliano, il est traversé par le pont Felice, sur la route qui mène de Rome à Cività Castellana.

A partir du pont Felice, le Tibre coule solitaire dans la campagne, sans que l'on rencontre aucun lieu habité sur ses bords jusqu'à Rome, qu'il traverse en décrivant trois courbes en S jusqu'à la plaine de San Paolo, pour reprendre son plein cours vers la mer. En aval de Rome, pas plus qu'en amont, aucun centre de population n'est visible, même de loin; c'est la même solitude. Un seul misérable village, celui d'Ostie, bâti près des ruines de l'ancienne et florissante cité romaine, s'élève sur le bras naturel, autrefois navigable, du fleuve, à quelques kilomètres du littoral.

Bassin général. — Le bassin général du Tibre, évalué par Venturoli à 16 720 kil. car., n'occupe, d'après les calculs plus récents de l'inspecteur général Possenti, que 15 807 kil. car., en négligeant le petit bassin du lac de Trasi-

(1) Le Tibre n'entre dans la vallée qui lui est propre, dite *Teverina*, que près de Targiano, en aval de Ponte San Giovanni.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mène, dont l'émissaire ne déverse pas directement ses eaux dans le fleuve. Jadis, le bassin était accru d'une partie de celui de la Chiana (1 173 kil. car.) dont le cours, après plusieurs siècles de travaux d'assainissement dans la vallée, a rétrogradé sur 63 kil. pour écouler ses eaux dans l'Arno.

L'axe principal est dirigé du N.-N.-E. au S.-O.-S, tandis que les axes des bassins des affluents sont orientés dans toutes les directions, sauf N.-E. et S.-O. Comme les deux tiers de ces affluents sont soumis à l'action des vents du sud, la fonte des neiges se produisant simultanément, donne lieu à des crues hiver-

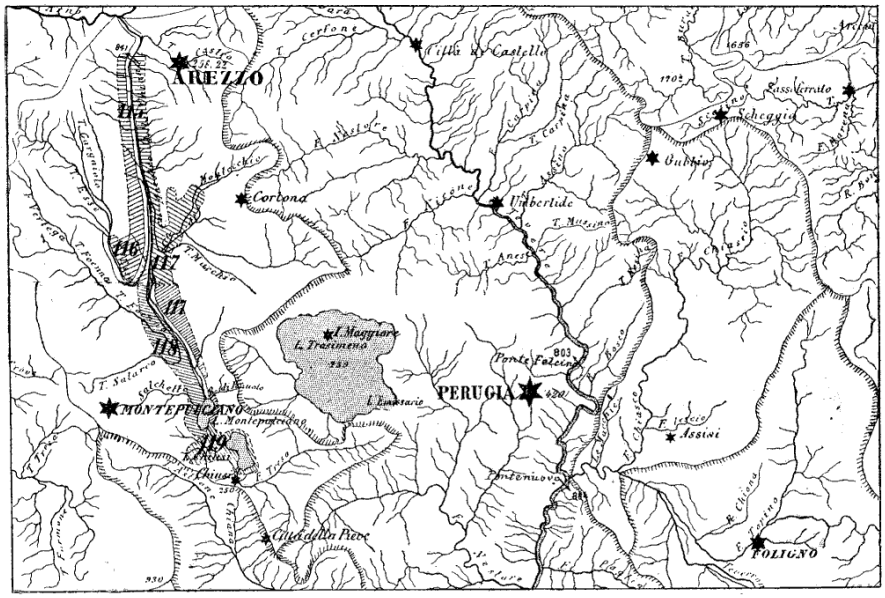


Fig. 2. — Cours du haut Tibre et de ses affluents. (Carte hydrographique n° 2.)

nales fréquentes. Le déboisement, les défoncements et l'extension des cultures ont sans doute concouru à modifier les conditions actuelles du bassin par rapport à son état primitif, mais le rôle des affluents est resté le même (1).

Ces affluents sont très nombreux; parmi les plus considérables, il y a lieu de citer, sur la rive droite, la Paglia, qui reçoit la Chiana romaine, et sur la rive gauche, le Chiascio, qui reçoit le Topino; la Nera avec le Velino, le Salto et le Turano; la Vezza; la Treja; la Farfa et l'Anio, dont les eaux se déchargent dans le chenal du Tibre, d'une largeur variant entre quelques centaines de mètres et 1 kilomètre, mais qui se réduit à l'amont à 90 m. en moyenne, pendant l'étiage, entre des berges peu inclinées (2).

(1) *Cenni monogr. Fiumi, V, loc. cit.*, 185.
(2) A. Betocchi, *Del fiume Tevere* (*Monogr. della città di Roma*, 1878).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Bassin de Rome. — Le bassin de Rome, proprement dit, est circonscrit, sur le versant de droite, par les monts Radicofani, Amiata, les cratères volcaniques des monts Gradoli à Montefiascone, les monts Ciminiens à l'O. du lac de Vico et les monts Sabatins à l'E. du lac Bracciano, entre l'Arrone et le Rio Galera. Sur le versant de gauche, il est limité par les cimes des monts Simbruini, Ernici, Prenestini, Tiburtini et Laziali (1).

Des trois groupes de montagnes qui ferment le bassin, un seul appartient à la formation apennine et se développe en face de la mer. Il est partagé par l'Anio

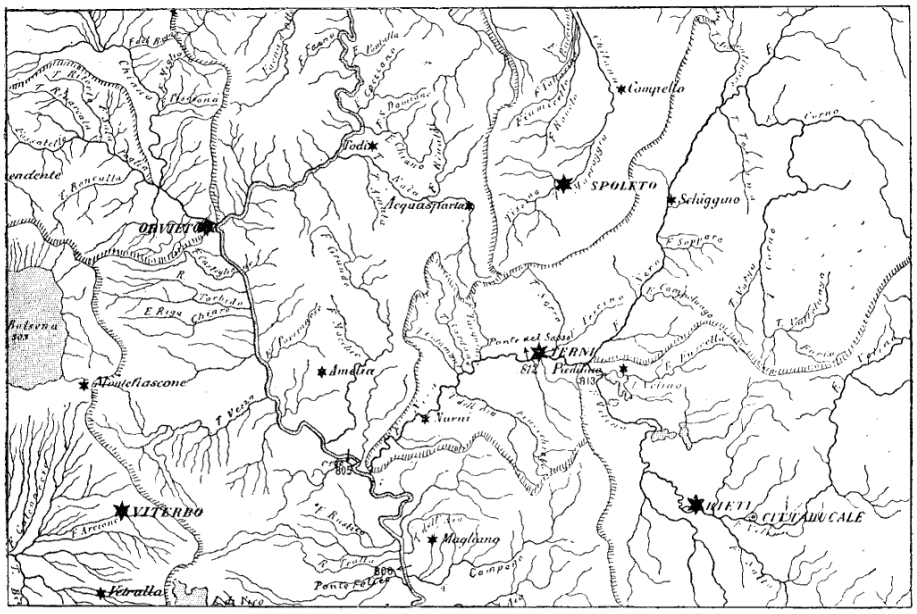


Fig. 3. — Cours du Tibre moyen et de ses affluents. (Carte hydrographique n° 3.)

en deux parties, dont l'une à droite du fleuve (monts Lucains, ou Gennaro) a comme plus haute altitude 1 269 m., et l'autre à gauche (monts Prenestins), a son point culminant à 1 218 m. Les roches qui composent ces monts sont stratifiées, mais plus ou moins inclinées ou disloquées par l'action volcanique. Elles appartiennent, dans les monts Lucains, à la formation jurassique, et dans les monts Prenestins, à la formation crétacée, plus récente, qui prédomine dans la Campagne de Rome.

Au N.-O. du bassin se dresse le grand cône volcanique Sabatin, entre l'extrémité des Apennins et la mer. Un grand nombre de chaînons avec des

(1) Nobili Vitelleschi, *loc. cit.*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

cratères éteints, transformés en petits lacs, se relient au Sabatin, dont les eaux sur les versants E. et S. coulent dans le Tibre.

Enfin, au S.-E., un autre grand cône volcanique émerge entre les monts Prénestins et la mer, comme pour barrer la vallée du Latium; ce sont les monts Laziali, dont les eaux se répartissent entre le Tibre, l'Anio et la mer.

Les travaux des géologues Brocchi, Mantovani et Ponzi (1) sur la constitution géologique de la vallée du Tibre, dans le bassin de Rome, n'ont pas peu contribué à faire connaître plus exactement le régime du fleuve.

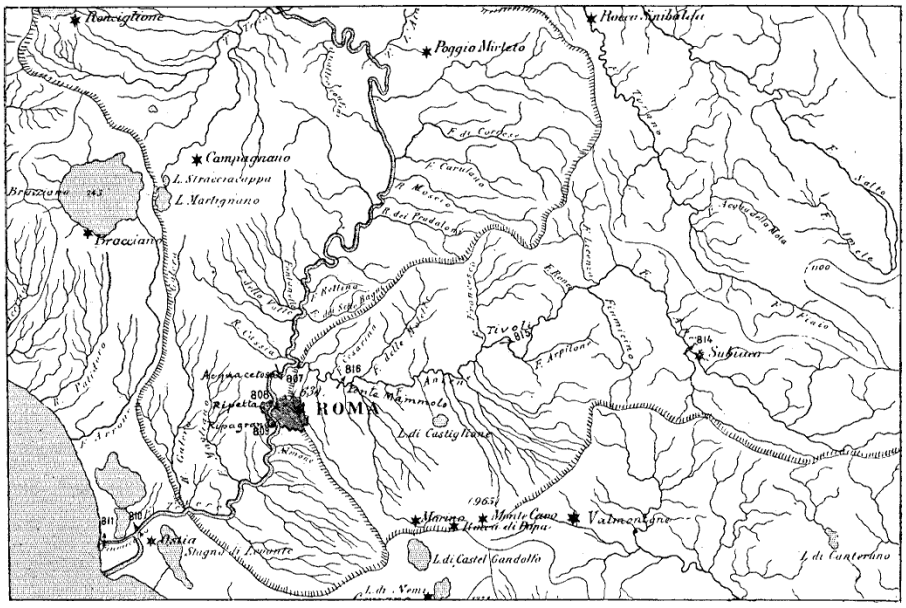


Fig. 4. — Cours du bas Tibre et de ses affluents. (Carte hydrographique n° 4).

Depuis le point où il pénètre sur le territoire de Rome par le défilé qui isole le Soracte, la véritable clé du bassin, la vallée est peu profonde, mais souvent très large, et creusée entièrement dans le terrain tertiaire préexistant, ou bien dans les tufs des monts Sabatins. Cette vallée d'érosion a été néanmoins fracturée, car sur la rive droite de la faille apparaissent les strates du pliocène que l'on ne retrouve plus sur la rive gauche qu'à une certaine profondeur.

Une section de la chaîne pliocénique, sur la rive droite du Tibre, est représen-

(1) G. Ponzi, *Carta geologica del bacino di Roma*, 1875. — *Costituzione geol. del suolo romano*, 1878.

P. Mantovani, *Descrizione geol. della campagna romana*, 1871.

Brocchi, *Dello stato fisico del suolo di Roma*, 1820.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tée figure 5, tandis que la faille, qui a contribué à la formation du lit, est montrée (fig. 6) par une coupe de la vallée entre Acquacetosa et Tor di Quinto, près de Rome.

Aussi bien pour le Tibre que pour l'Anio, son affluent, qui partagent le bassin,

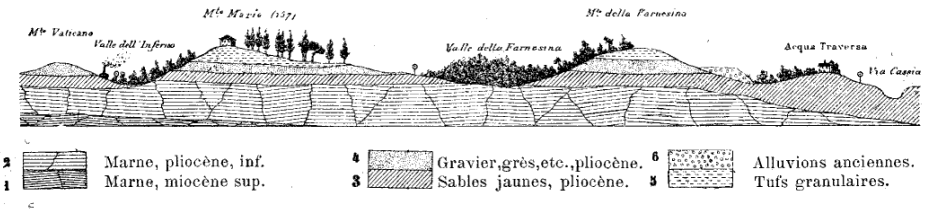


Fig. 5. — Coupe géologique de la chaîne pliocénique sur la rive droite du Tibre (Bassin de Rome).

sous forme de Y, en trois parties, les eaux se meuvent dans un immense lit quaternaire avec une vitesse décroissante, en raison de la cote ou de l'inclinaison des terrains, jusqu'à la mer (1).

Les sédiments quaternaires de sables et graviers siliceux et calcaires, avec cailloux roulés de tuf et autres roches volcaniques, se distinguent par leur

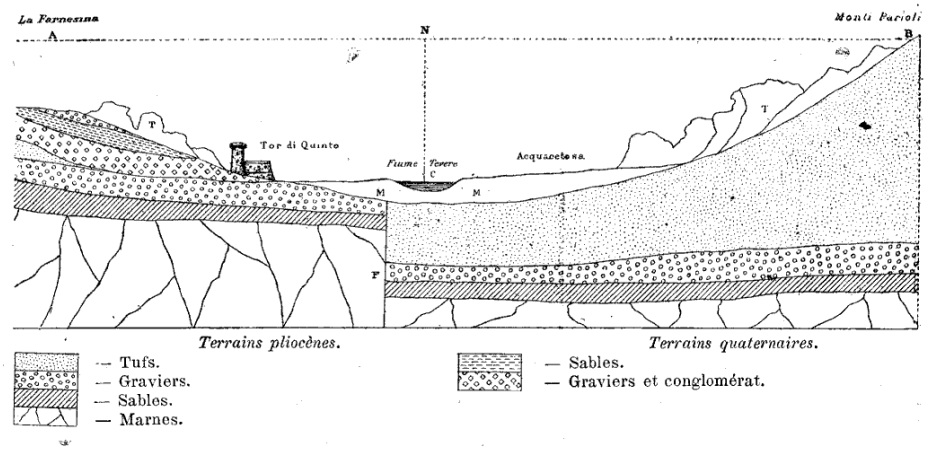


Fig. 6. — Coupe géologique transversale de la vallée du Tibre (Bassin de Rome).

étendue. A la cote de 40 m. au-dessus du fond actuel de la vallée, ils sont développés sur 2 kil. de largeur; ce qui démontre l'ampleur du bassin quaternaire par rapport à celui où le fleuve roule maintenant des graviers, des sables très fins et des argiles ténues dont il encombre son delta, de même que les terrains qu'il submerge.

(1) G. Ponzi, *Carta geol., loc. cit.*, 70.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les dépôts d'origine diluvienne constituant le travertin, sur des épaisseurs de 7 à 8 m., apparaissent surtout dans la vallée de l'Anio, au plateau de San Cosimato, et jusque sous les murs de Rome, aux monts Parioli (1).

Les limites des eaux diluviennes et alluviennes, ainsi que la coupe géologique du bassin de Rome, ont été indiquées dans une carte publiée dans une précédente monographie (2).

Outre les nombreux cours d'eau, sans compter l'Anio, qui sillonnent le bassin, quelques lacs occupent encore les cimes et les versants des monts Sabatins, ceux de Vico, Martignano et Monterosi. D'autres ont été desséchés : le lac Baccano, drainé par ordre d'Alexandre VII, vers la moitié du XVII^e^ siècle; le lac Stracciacappe (*Papinianus lacus*), et le lac Castiglione, que le prince Fr. Borghese fit épuiser au commencement du siècle par l'ingénieur architecte Canina.

Profil général. — Par ordre de Clément XII, les hydrauliciens J. Bottari et E. Manfredi furent chargés de relever le profil du Tibre, depuis Ponte Nuovo, en aval de Pérouse, jusqu'au confluent de la Nera (1732), et plus tard, par ordre de Benoît XIV (1744), les ingénieurs bolonais Chiesa et Gambarini complétèrent le travail, en dressant les profils du confluent de la Nera jusqu'à Malpasso, et de Malpasso, en amont du confluent de l'Anio, jusqu'à la mer, par les deux bras de Fiumara et de Fiumicino (3).

Le profil général résulte de la pente du lit, de celle des eaux à l'étiage et en crue, et des niveaux respectifs des terrains à l'amont et à l'aval, ainsi que des rives, des routes et chemins accédant au fleuve. Dans Rome même, les rues et les égouts, le seuil des immeubles riverains, les cotes des grandes inondations inscrites sur divers points de la ville, ont servi de repères pour le nivellement par rapport à la mer. En même temps, de nombreuses sections transversales ont été tracées pour des points déterminés, indiquant, dans le profil du fleuve, sa largeur et sa profondeur.

Une commission du Ministère des Travaux publics, nommée en 1871, a fait procéder à une revision de l'ancien profil, depuis les Sassi di San Giuliano, en amont du pont Milvio, jusqu'à la mer, par les soins des ingénieurs Betocchi, Canevari et Partini; le nouveau travail a été publié dans l'Atlas annexé au Rapport général de la commission (4).

Finalement, après un dernier nivellement exécuté par les ingénieurs du génie civil, sur un parcours de 160 kil., de Orte jusqu'à la mer, un profil définitif a été

(1) P. Mantovani, *loc. cit.*

(2) Ronna, *les Égouts de Rome* (*Bulletin* d'octobre 1897).

(3) Benoît XIV ordonna, en outre, les archives du château Saint-Ange recueillant les éléments des trois profils, qu'il fût dressé une carte topographique du cours du fleuve, depuis Pérouse jusqu'à la mer. Cette carte devait être reproduite sur une des parois des galeries du Vatican, et tenue à la disposition des hydrauliciens.

(4) *Atti della commissione instituita 1° Gennaio*, 1871. Roma, 1872.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

publié en 1878. Le diagramme représenté (fig. 7) résume ce profil, où les hauteurs des berges et du fond du fleuve sont cotées par rapport au niveau d'étiage relevé le 27 septembre 1876, et aux niveaux des crues de décembre 1870 et 1875, la dernière n'ayant pas causé d'inondation (1).

Portée. — C'est au savant ingénieur Venturoli que l'on doit la connaissance du régime hydraulique du Tibre, grâce aux observations, qu'il publia régulière-

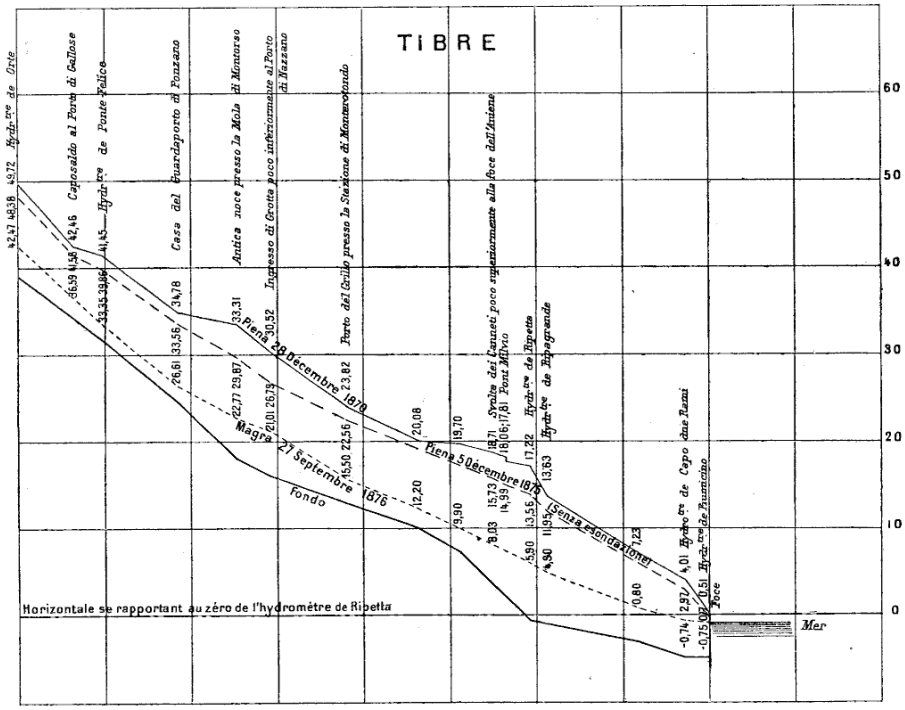


Fig. 7. — Profil du Tibre depuis Orte jusqu'à la mer.

ment, du premier hydromètre installé en 1821 par les soins de l'ingénieur Linotte, à Ripetta.

Les observations quotidiennes consignées par Venturoli dans ses mémoires à l'Académie de Bologne (2), depuis le 1er janvier 1822 jusqu'au 31 décembre 1844, c'est-à-dire pendant vingt-trois années consécutives, ont permis de se rendre compte des conditions normales et exceptionnelles du régime fluvial.

L'hydromètre de Ripetta était à peine placé que le professeur Bonaventura

(1) Baccarini, *Relazione generale, Cenni monogr. sui singoli servizi del Min. dei lavori pubblici.* I. Roma, 1878.

(2) Venturoli, *Novi Comm. Accad. Inst. Bononiensis;* II, 1826; IV, 1840; VII, 1844; VIII, 1847.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Benetti, assisté des élèves ingénieurs de l'École pontificale, procédait à la détermination exacte de la portée du Tibre, correspondant à la cote $6^m,20$ de l'hydromètre (19 juin 1821). De cette opération minutieusement décrite (1), il ressort que la portée, à ce niveau, était de 244 445 m. cub., conforme en tous points au résultat qu'eût donné la formule de Eytelwein.

Venturoli mit à profit cette concordance remarquable pour calculer la table des portées du fleuve, correspondant aux niveaux croissants, de décimètre en décimètre, depuis $5^m,40$ jusqu'à $13^m,70$ de l'échelle à Ripetta, c'est-à-dire entre les points extrêmes relevés de 1822 à 1830. En poursuivant ces calculs, basés sur une section donnée pour une pente constante, jusqu'au 31 décembre 1841, il concluait que dans le cours de chaque année, ou de plusieurs années consécutives, les différences des portées se compensent, par suite des accroissements et des réductions de niveau dans les diverses heures de la journée, et conséquemment, que le niveau observé à midi représente la portée quotidienne, moyenne et constante, par seconde.

D'après cela, la portée moyenne annuelle, comparée à la hauteur moyenne des pluies reçues dans le bassin entier, donne la formule fondamentale du régime du Tibre.

A la mort de Venturoli (1846), les observations furent reprises, de 1845 à 1849, par l'ingénieur G. Cavalieri San Bertolo (2), et après lui, par l'ingénieur A. Betocchi, qui, outre les éphémérides annuelles présentées depuis 1850 à l'Académie des *Lincei*, a donné la statistique complète des cinquante années (1822 à 1872) (3).

Régime hydraulique. — De l'ensemble des recherches de Venturoli, il résulte que le régime du Tibre est celui d'un fleuve *hivernal*, dont Lombardini, pour un bassin de 16 725 kil. car., a établi le module et les conditions de débit comme il suit (4) :

Débit unitaire :

	Mèt. cub.
Moyen, ou module	292
En grande crue	1,713
A l'étiage maximum absolu	160
— — moyen	185

Rapport au module :

	Mèt. cub.
D'une grande crue	5,86
De l'étiage maximum annuel	0,633

(1) B. Benetti, *Ricerche geom. ed idrom. fatte nella scuola degli ingegneri pontifici*. Milano, 1822.

(2) S. Bertolo, *Effemeridi del Tevere* (1848-49). *Ann. di scienze mat. e fisiche*. Roma, 1850.

(3) Al. Betocchi, *Effemeridi e statistica del fiume Tevere. Atti R. Accad. dei Lincei*, I, série 3, 1877.

(4) Lombardini, *Guida allo studio dell' Idraulica*, 200.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Épaisseur :

	M.
De la couche d'eau sur le bassin entier, équivalant au débit annuel	0,551

Débit unitaire par 100 kilomètres carrés :

	Mèt. cub.
De l'étiage maximum absolu	0,957
— — annuel	1,108
D'une grande crue	10,250

La portée moyenne, ou module, calculée de 292 m. cub. par Lombardini, avait été évaluée par Venturoli à 267 m. cub. Plus tard, Possenti l'a estimée de 283 m. cub.

Par rapport à l'hydromètre régulateur de Ripetta, cette portée moyenne représente comme étiage, $6^m,64$; tandis que l'étiage ordinaire est inférieur de $0^m,94$, et le plus bas étiage, comme en 1834 et 1835, a été noté à $5^m,30$ au-dessus du zéro hydrométrique.

Dans les crues ordinaires, le niveau moyen de $6^m,64$ monte rapidement jusqu'à 13 et 14 m. dans Rome, et à 8 et 10 m. en amont de la ville, mais dans les crues extraordinaires, il s'élève au-dessus de 17 m. et atteint 19 m., en causant aux quartiers dont l'altitude moyenne varie entre 13 et 15 m., des dommages énormes.

Comme conséquence de son débit moyen régulier, qui se maintient abondant au plus fort de l'été, contrairement à ce qui a lieu pour des cours d'eau de plus grande portée, et donne un caractère exceptionnel de pérennité au Tibre, les moindres crues sont rapides et sensibles.

De la comparaison de la portée avec la hauteur des pluies, il ressort ce fait anormal, que dans les années de grande sécheresse, le débit surpasse des huit dixièmes celui des pluies, tandis que dans les années pluvieuses, il ne représente pas la moitié du volume des eaux météoriques.

Venturoli cherchait à expliquer cette anomalie d'après l'état de saturation du sol, d'où une différence marquée dans l'évaporation. Or, dans les saisons pluvieuses, l'évaporation est minime, et dans les saisons sèches, les pluies qui pénètrent à peine dans le sol s'évaporent par l'action capillaire. Lombardini ayant observé qu'aux périodes d'étiage le plus bas, la portée du fleuve ne descend pas au-dessous de 160 mètres cubes, correspondant à $0^m,60$ de son module, alors que pour le Pô, par exemple, le rapport n'est que de $0^m,20$, a trouvé une explication moins contestable, en attribuant aux eaux du bassin un caractère en partie lacustre, et en partie torrentiel. Les eaux lacustres sont alimentées par des réservoirs souterrains dont le débit représente probablement les trois quarts du volume total (1).

Outre le phénomène de pérennité qui résulte de l'oscillation de 1 mètre

(1) Lombardini, *loc. cit.*, 66.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

environ entre l'étiage ordinaire et l'étiage moyen à peu près constant, le Tibre, en régime normal, varie sa portée avec une lenteur extrême, comme si les eaux s'écoulaient réellement, en trop-plein, de réservoirs souterrains, sans relation apparente avec les eaux atmosphériques (1).

La statistique des cinquante années d'observations, publiée par l'ingénieur Betocchi, indique comme hauteur minima $5^m,34$, et comme hauteur maxima $17^m,01$, soit un écart moyen de $11^m,67$ (2).

Ainsi, le régime du Tibre, qui est d'ordinaire celui d'un fleuve tranquille et constant, dont les eaux se maintiennent longtemps entre des limites peu variables à l'état normal, est susceptible de devenir torrentiel, quand des crues soudaines, bien que de courte durée, atteignent les cotes les plus élevées.

Comme répartition suivant les saisons, le tableau ci-après montre qu'il n'y a pas eu de crues au-dessus de 12 mètres, pendant cinquante-cinq ans, dans les mois de juin, juillet, août et septembre ; qu'en mai, la crue a monté une fois à la cote de 12 mètres, et une fois à $12^m,50$. En septembre, la cote a surpassé huit fois 12 mètres, mais en demeurant inférieure à $13^m,50$. D'une manière générale, jusqu'à 14 mètres, les eaux en crue restant contenues dans le chenal, ne submergent que les points bas, sans courant torrentiel, et cela en novembre, décembre, janvier et février ; c'est ce qui caractérise le régime hivernal.

Crues mensuelles du Tibre (1822 à 1877).

MOIS.	CRUES MENSUELLES maxima.			NOMBRE DE CRUES ÉGALES OU SUPÉRIEURES dans chaque mois à									NOMBRE total des crues supérieures à 12 mèt. de 1822 à 1877.
	Jour.	Année.	Niveau au-dessus de 0.	12^m.	$12^m,5$.	13^m.	$13^m,5$.	14^m.	$14^m,5$.	15^m.	16^m.	17^m.	
Janvier. . .	20	1863	14,92	3	2	5	3	»	1	»	»	»	14
Février. . .	7	1843	15,10	2	3	3	2	1	1	1	»	»	13
Mars. . . .	28	1855	14,40	6	4	1	4	1	»	»	»	»	16
Avril . . .	15	1849	12,65	2	1	»	»	»	»	»	»	»	3
Mai. . . .	10	1856	12,61	1	1	»	»	»	»	»	»	»	2
Juin. . . .	4	1844	11,88	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Juillet. . .	27	1874	8,60	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Août. . . .	7	1868	11,92	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Septembre.	19	1859	11,85	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Octobre. . .	1	1873	13,98	1	1	2	4	»	»	»	»	»	8
Novembre .	9	1845	14,45	4	3	3	1	3	»	»	»	»	14
Décembre .	28	1870	17,22	6	7	4	3	2	»	»	1	1	24

(1) L'influence des eaux souterraines, dans Rome même, par rapport aux crues, a été signalée dans la monographie des *Égouts de Rome* (*Bulletin* d'octobre 1897).

(2) Al. Betocchi, *loc. cit.*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Dans les cinq périodes décennales (1822 à 1871), le niveau moyen des eaux a varié seulement entre $6^m,385$ et $7^m,005$; il a été effectivement de $6^m,672$, légèrement supérieur à l'étiage.

Comme cet état correspond au débit trouvé par Benetti, et calculé par Venturoli, il est certain que les portées établies par ce dernier dans l'état normal, ou moyen, sont exactes. Elles ne deviennent discutables que pour les eaux en crue. La table Venturoli s'arrêtait à la hauteur maxima de $13^m,70$, relevée pendant la longue période de ses observations (1); mais cette hauteur a été dépassée plusieurs fois, jusqu'à atteindre $17^m,04$ le 28 décembre 1870, et $17^m,22$ dans la nuit du 28 au 29 décembre suivant.

L'ingénieur F. Mora a complété, en 1873, la table des portées, d'après les mêmes formules que Venturoli, jusqu'à la cote $19^m,55$ qu'atteignit la crue la plus extraordinaire, celle du 24 décembre 1598 (2).

D'après le nivellement du Tibre, exécuté contradictoirement en 1871 par ordre de la commission des Travaux publics, et les observations recueillies depuis sur le niveau moyen de la Méditerranée, près de l'embouchure de Fiumicino, le plan correspondant au niveau moyen de la mer, qui détermine le profil, passe à $0^m,971$ au-dessous du zéro de l'hydromètre de Ripetta. Cette quantité, d'ailleurs, est susceptible de nouvelles rectifications sur base du calcul des courbes de marée et du nivellement général du territoire (3).

Ainsi, non seulement les cotes des tables Venturoli et Mora ont dû être corrigées, mais la section étant d'une largeur plus considérable dans le chenal d'inondation que dans celui du fleuve moyen, ces tables ne sont plus applicables pour fixer exactement le débit des crues extraordinaires.

Tandis que les ingénieurs Possenti et Mora, employant les règles de Venturoli pour évaluer la grande crue de 1870, trouvent 1 894 mètres cubes, et en ajoutant 300 mètres cubes, qui représente le volume des eaux hors du lit, obtiennent comme débit total 2194 mètres cubes, les ingénieurs Vescovali et Nazzani, se fondant sur les formules d'interpolation, d'après des expériences particulières, constatent un débit de 3 000 à 3 058 mètres cubes; l'ingénieur Canevari, d'après d'autres expériences personnelles, arrive à un débit de 3128 mètres cubes, et l'ingénieur Baccarini, en vertu des formules hydrométriques usuelles, à un volume total de 4 576 mètres cubes.

Les professeurs Brioschi (4) et Turazza (5), par la discussion de ces résultats

(1) Venturoli, *Æstimatio aquæ Tiberis per alveum Romam prætergressæ ab anno 1822 ad totum annum 1829. Novi Comm. Accad. Bononiensis*, 1835.

(2) Fr. Mora, *Di un canale di derivazione dal Tevere.* Roma, 1873.

(3) *Atti della Commis. instituita 1° gennaio 1871*, 178.

(4) Fr. Brioschi, *Le Inondazioni del Tevere in Roma.* Firenze, 1876.

(5) D. Turazza, *La Sistemazione del Tevere, R. Accad. dei Lincei*, 1876.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

disparates, compris entre 2194 et 4576 mètres cubes, ont conclu, sur base des coefficients d'expérience des ingénieurs Canevari et Vescovali, à une portée de 3100 mètres cubes pour la crue exceptionnelle de 1870.

Vitesse. — Comme vitesse à la surface, l'ingénieur Vescovali a déduit de ses expériences sur une section du fleuve en crue :

	Hydromètre Ripetta.	Vitesse par seconde.
13 décembre 1872.	12,90	2,67
14 — —	11,69	2,31
15 — —	9,08	1,88
17 — —	8,08	1,63

L'ingénieur Canevari a déterminé de son côté, à $2^m,675$ la vitesse moyenne du courant pendant la crue de 1870, et l'inspecteur Baccarini, à $4^m,14$, d'après les formules de Bazin (1).

Quant à la vitesse moyenne générale du courant, les jaugeages exécutés près de l'*Albero bello*, sur le Tibre, par l'ingénieur en chef Zucchelli, pour des portées variant de 162 à 1583 mètres cubes, ont permis de l'établir entre $0^m,821$ et 1867 mètres.

Le tableau suivant reproduit les données des évaluations Zucchelli (2).

TIBRE.				
SURFACE de la section liquide.	PORTÉE.	VITESSE MOYENNE générale.	VITESSE DU FILON.	RAPPORT entre les vitesses.
198,10	162,60	0,821	1,111	0,739
207,01	174,33	0,842	1,176	0,715
274,52	276,21	1,006	1,371	0,733
310,15	336,27	1,085	1,390	0,780
350,87	405,60	1,156	1,494	0,773
412,84	518,77	1,256	1,538	0,816
630,36	1021,58	1,621	2,222	0,729
848,04	1583,34	1,867	2,326	0,803

Service hydrométrique. — Pour observer les crues, des hydromètres ont été placés depuis 1870 :

(1) *Cenni monogr. Fiumi, loc. cit.*, 184.
(2) G. Zoppi, *L'Aniene, Carta idrografica d'Italia*, 1891, 14.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Dans la province de Pérouse, sur la rive droite, à *Ponte Felcino,* et sur la rive gauche, à *Ponte Nuovo ;* leur zéro correspond au lit moyen du fleuve ; l'heure d'observation quotidienne est midi.

Dans la province de Rome, sur la rive droite :

A *Orte,* au niveau du profil dressé en septembre 1896 par le génie civil : la cote du zéro de l'hydromètre est 42^{m},468, soit 41^{m},497 par rapport au zéro de Ripetta, et la distance jusqu'à l'embouchure, 160 041 mètres ;

A *Ponte Felice ;* le zéro est à la cote 33^{m},436, soit 32^{m},465 par rapport à celui de Ripetta, et la distance de l'embouchure est de 140 694 mètres ;

A *Acquacetosa,* sur la rive gauche ; cote du zéro, 8^{m},458, soit, par rapport à Ripetta 7^{m},747 ; distance 47 020 mètres ;

A *Ripagrande,* rive droite ; cote du zéro, 5^{m},703, soit, par rapport à Ripetta, 4^{m},732 ; distance, 37 577 mètres ;

A *Capo-due-Rami ;* cote du zéro, 0^{m},08, soit 0,891 au-dessous de celui de Ripetta ; distance, 5 456 mètres ;

A *Fiumicino* ; cote du zéro, 0^{m},111, ou 1,082 au-dessous du zéro de Ripetta ; distance, 938 mètres.

Sur tous ces hydromètres, sauf à Capo-due-Rami où elles se font irrégulièrement, et à Fiumicino, où elles ont lieu deux fois par jour, à marée basse et à marée haute, les observations quotidiennes se font à midi.

Deux autres hydromètres, jugés indispensables pour compléter les indications de celui d'Orte, ont été placés, depuis 1880, en amont de l'embouchure de la Nera, l'un à *Corese ;* zéro à 18^{m},31 au-dessus de celui de Ripetta ; distance 95 548 mètres de l'embouchure ; trois observations journalières : à 6 heures du matin, à midi, et à 6 heures après midi ; et l'autre à *Stimigliano ;* zéro à 27^{m},368 au-dessus de celui de Ripetta ; distance, 125 670 mètres ; une seule observation à midi.

Les cartes hydrographiques (fig. 1 à 4) indiquent l'emplacement des hydromètres par des flèches dirigées sur la rive droite, ou sur la rive gauche du Tibre, de même que des udomètres, par des étoiles, avec les cotes au-dessus du niveau de la mer.

Delta. — En se rapprochant de la mer, le Tibre s'infléchit un peu vers l'O., puis, après avoir reçu les eaux du Rio Galera, il s'arrête entre les monts de Saint-Paul et les collines des Pisciarelli, tandis que son lit avançant à un niveau plus bas, s'étend au large pour constituer le delta triangulaire qui empiète de plus en plus sur la mer, en raison des atterrissements continus. Du point où s'arrête brusquement le chenal alluvial, à *Capo-due-rami*, qui fut l'embouchure primitive, partent deux cordons, l'un dirigé vers Palo, et l'autre vers le cap d'Anzio, en même temps que les deux bras du fleuve, l'un naturel, à gauche, dit de *Fiumana* ou *Fiume morto ;* l'autre artificiel, dit de *Fiumicino,* creusé

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

autrefois pour dériver un tiers du débit, sur le côté ouest du grand triangle (1).

Lorsqu'en l'an 633 avant notre ère, Ancus Marcius, quatrième roi de Rome, fonda la ville d'Ostie (porte du Tibre) à l'extrémité du fleuve, précisément dans l'angle que sa rive gauche formait avec la mer, l'embouchure se trouvait déjà reportée à 7400 mètres en avant du point primitif, c'est-à-dire du seuil qui borne le plateau de la campagne de Rome d'où l'on descend sur le delta. On a pensé que ce seuil résultait d'oscillations sismiques qui fendirent le sol le long du littoral, en déprimant le côté extérieur et relevant le côté intérieur. Les déchirures des strates de tuf volcanique qui forment les monts adjacents attestent la nature de ce soulèvement (2), contemporain des éruptions sous-marines des volcans ciminiens, pendant l'époque glaciaire.

Le courant du Tibre, en diminuant progressivement après cette période d'alluvion, devint impuissant à résister aux vagues de la mer dirigées contre l'embouchure; les matières charriées finirent par se déposer, en barrant la sortie des eaux douces, et à s'accumuler pour constituer le delta qui s'avance en pointe dans la mer. Le dépôt constitué uniformément par un mélange de sables du fleuve et de la mer, de cailloux roulés et de débris organiques, n'a pas cessé de suivre depuis Ancus Marcius une marche progressive qu'il est facile de retracer d'après les tours élevées par les papes, à différentes époques, pour la défense de l'entrée du fleuve.

Jusqu'à Ancus Marcius, l'avancement du delta, par rapport à l'embouchure

(1) Dans son *Periegesis*, Denys, le géographe, dit que le Tibre a une seule embouchure; mais Ovide en mentionne deux :

« Ostia contigerat, qua se Tiberinus in altum
Dividit et campo liberiore natat. »
(*Fast.*, IV, 291.)

« Fluminis ad flexum veniunt; Tiberina priores
Ostia dixerunt, unde sinister abit. »
(*Fast.*, IV, 329.)

Procope confirme l'existence des deux bras du fleuve dans ces vers :

« Tum demum ad naves gradior qua fronte bicorni
Dividuus Tiberis dexteriora secat. »
(I, 169.)

Dans la description de l'embouchure du Tibre qu'a laissée Virgile :

« ...Hunc inter fluvio Tiberinus amœno
Vorticibus rapidis et multa flavus arena
In mare prorumpit. »
(*Œneid.*, VII, 29.)

« on retrouve bien les tourbillons, le sable qui jaunit le fleuve, mais on ne peut plus parler de cours gracieux; on ne voit aux embouchures qu'une plaine sans arbres, comme sans habitants; une plage stérile, sans la forêt du temps d'Énée, avant que le voisinage d'Ostie y eût fait naître une végétation qui s'en est allée avec Ostie ». (Ampère, *Hist. de Rome*, I, 193.)

(2) G. Ponzi, *Il delta del Tevere*, *loc. cit.*, 38.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

naturelle qui existait avant la dislocation du plateau du littoral, mesuré sur la carte que dressa l'ingénieur Canevari en vue de l'assainissement de l'*Agro Romano*, est de 7 900 mètres jusqu'au point A (fig. 8).

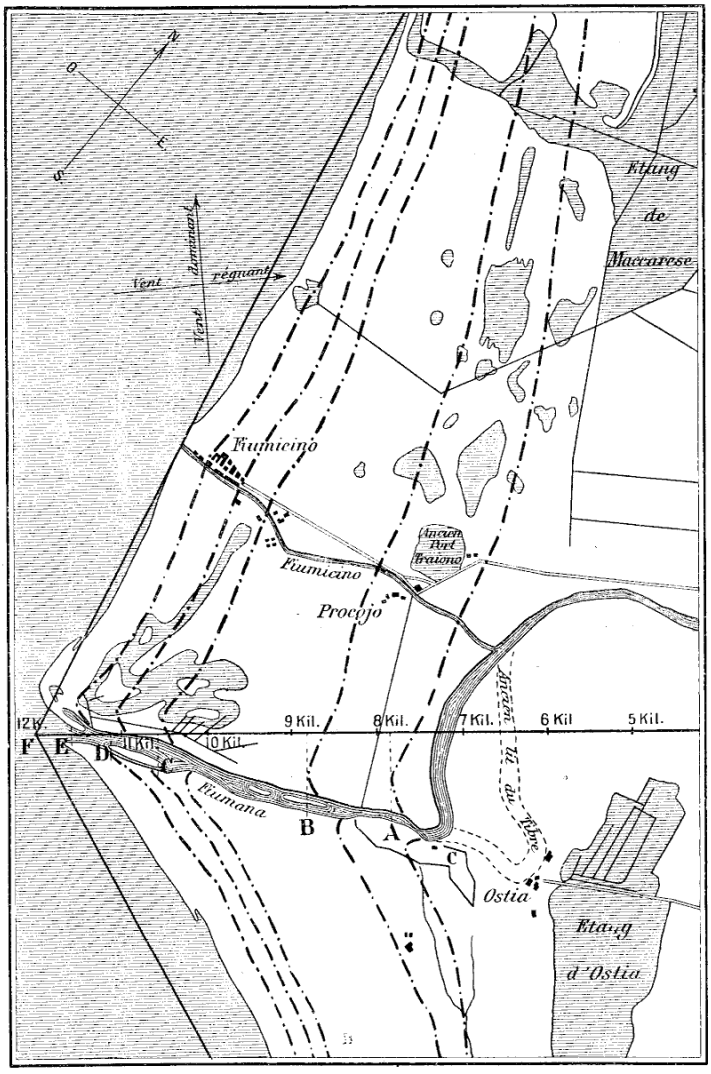


Fig. 8. — Delta du Tibre. (Carte hydrographique, n° 5.)

Depuis Ancus Marcius (633 av. J.-C.) jusqu'à Trajan (port de Claude), pendant 743 années, la progression, à raison de 1m,28 annuellement, a été de 950 mètres (B. fig. 8).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

De Trajan (110 ap. J.-C.) jusqu'à Pie V (1), pendant 1 459 années, l'avancement a été de 1 750 mètres, à raison de 1^{m},20 par an (C. fig. 8).

De Pie V (1569) jusqu'à Alexandre VII (2), en 93 années, le delta a progressé de 550 mètres, soit de 5^{m},90 par an (D. fig. 8).

D'Alexandre VII (1662) jusqu'à Clément XIV (3), en 111 années, l'avancement a mesuré 450 mètres, soit 4^{m},05 par an (E. fig. 8).

Enfin, de Clément XIV (1773) jusqu'à la fin de 1874, en 101 années, l'embouchure a avancé de 400 mètres, soit de 3^{m},96 par an (F. fig. 8).

On peut contester l'exactitude rigoureuse de la mesure pendant la première période géologique, mais depuis Ancus Marcius, pendant les 2507 années écoulées jusqu'en 1874, les progrès de l'embouchure du fleuve et de la plage sont parfaitement indiqués et confirmés par les nivellements de la carte (4).

En admettant que le soulèvement volcanique de la plage ait été associé à l'ensablement, comme l'affirment certains géologues, on doit reconnaître avec le professeur Ponzi, que le double phénomène a été bien faible depuis la fondation d'Ostie jusqu'à Trajan, et de Trajan jusqu'à Pie V : il ne se serait accentué que de Pie V à Alexandre VII, pour diminuer jusque vers le pontificat de Clément XIV et se maintenir jusqu'à nos jours (5).

Il semble dès lors difficile d'accepter que l'œuvre d'une époque qui remonte à l'abaissement du niveau des eaux alluviennes ait été accomplie dans les conditions actuelles, suivant l'ingénieur Costa (6), pendant une période de 4962 années, à raison d'un avancement de 2^{m},412 par année, en se basant uniquement sur les progrès de la troisième zone du delta, et sans tenir compte des mesures, exécutées jusqu'alors, toutes disparates qu'elles sont (7).

(1) Une plus ancienne tour que celle de Pie V, construite par Nicolas V, sur la rive droite de l'embouchure, en 1450, à 150 mètres environ des ouvrages du port de Trajan, ne donne pas un repère suffisamment exact, quant à sa situation sur la plage d'alors. Au contraire, la tour Saint-Michel, bâtie en 1569 par Pie V, sur la rive gauche, porte, d'après son inscription même, l'emplacement *in littore maris*.

(2) La tour Alexandrine, érigée en 1662 par Alexandre VII, sur la rive droite, a été plus tard convertie en douane.

(3) La tour Clémentine a été érigée à la limite du littoral, comme l'indique l'inscription : « *In ipso ripæ supercilio* ».

(4) La figure 8 représente le sommet seulement du triangle isocèle que forme le delta moderne, tel qu'il a été extrait de la carte hydrographique et topographique dressée par l'ingénieur Canevari, et réduite par le professeur Ponzi à l'échelle de 1 sur 60 000. Les mesures en kilomètres sont reportées sur la ligne qui part de l'embouchure géologique pour atteindre le sommet du triangle.

(5) G. Ponzi, *Il delta del Tevere*, *loc. cit.*, 61.

(6) F. Costa, *Difesa del progetto di ripristinazione del porto di fiume nel canale d'Ostia*, 1868, 26.

(7) Les ingénieurs Chiesa et Gambarini, dans leur mémoire adressé à Benoît XIV (*Delle cagioni e dei rimedi delle inondazioni del Tevere*, 1746), évaluent le coefficient d'avancement

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pendant l'occupation de Rome, en 1849, les ingénieurs militaires français constatèrent sur la plage, à Palo, un soulèvement moderne ralenti et en mesurèrent la quantité.

Le delta du Tibre accuse en effet ce soulèvement, car le fond de la grande vallée alluvienne aurait dû se continuer dans la mer, tandis qu'actuellement le niveau du chenal, du Tibre à Ponte Galera, est supérieur de $6^m,50$ à celui de la mer. En ajoutant ainsi $6^m,50$ aux 30 mètres d'exhaussement causés par les dépôts fluviaux, on obtient un soulèvement total de $36^m,50$; mais rien ne peut guider avec la moindre certitude dans l'appréciation du temps pendant lequel il s'est opéré (1).

1. — LES AFFLUENTS DU TIBRE

Comme tous les fleuves de premier rang, le Tibre reçoit sur son parcours de très nombreux affluents, parmi lesquels on remarque des rivières pérennes et des ruisseaux qui, à certaines époques, grossissent en torrents et déversent dans le fleuve des volumes d'eau considérables. L'énumération la plus complète des cours d'eau tributaires du Tibre, a été consignée dans le mémoire que publia Beni, à la suite de la crue exceptionnelle de 1598 (2). Pour la seule province de Rome, le rapport de Nobili Vitelleschi distingue plus d'une soixantaine d'affluents (3).

De tous les tributaires directs, au nombre de 62, il y a lieu de considérer seulement, après le *Nestore* (*alto* et *basso*), la *Paglia* qui reçoit les eaux de la *Chiana Romana*, et la *Treja*, sur la rive droite du Tibre ; le *Chiascio* ou *Chiaggio*, accru du *Topino ;* la *Nera*, qui reçoit les eaux du *Velino*, et l'*Anio*, sur la rive gauche.

Une même observation caractérise le cours de tous ces affluents, c'est que, contrairement à la loi générale applicable aux autres fleuves, ils ont pour la plupart une direction contraire à celle du thalweg principal. En raison toutefois de la faible élévation des montagnes qui séparent les divers bassins, la chute des

du delta à $8^m,88$ par an. Rasi estimait que d'Ostie ancienne à la tour de Boacciano, érigée par Martin V en 1420, pendant 2053 années, le coefficient avait été de $0^m,499$ par an ; de la tour de Boacciano à celle de Saint-Michel en 149 années, il eût atteint $15^m,17$ par an ; et de la tour Saint-Michel à la mer, en 1827, pendant 258 années, $6^m,74$ par an (*Sul Tevere e sua navigazione.* Roma, 1827). Canina, à l'appui de sa carte monumentale de la campagne de Rome, admet que le Tibre se prolonge en mer de $3^m,812$ par an. Le Père Secchi réduit cet avancement à 3 mètres. L'ingénieur du Tibre, Cavalieri San Bertolo, de la mesure faite entre la tour Saint-Michel et la mer, en 1850, déduit un avancement de $0^m,915$ par an. Enfin, l'ingénieur Costa, après avoir calculé depuis Ostie jusqu'à la mer, en 1864, un coefficient de 189 mètres par an, signale un arrêt, puis un retrait, qui, de 1850 à 1864, en 14 années, équivaudrait à 26 mètres.

(1) G. Ponzi, *loc. cit.*, 56.

(2) Beni, *Discorsi sopra l'inondazione del Tevere alla S. di N. S. Clemente VIII*, 1599.

(3) Nobili Vitelleschi, *Relazione, loc. cit.*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pluies est presque simultanée dans toutes les vallées, sous l'action du même rhombe de vents qui amènent la pluie, et les distances jusqu'à Rome s'égalisant, les affluents débordent presque en même temps pour augmenter la portée maxima du fleuve (1).

Si la portée du Tibre en crue donne lieu à des évaluations contradictoires, celle des principaux affluents est encore beaucoup moins certaine, sauf pour l'Anio, étudié récemment avec le plus grand soin par l'ingénieur G. Zoppi.

D'après l'ingénieur Betocchi, les portées les moins discutables seraient les suivantes, par ordre décroissant (2) :

	Mèt. cub.		Mèt. cub.
Topino	174,20	*Salto*	104,00
Anio	170,00	*Paglia*	101,60
Chiaggio	150,00	*Nera* (à l'étiage)	100,00
Velino	139,00	*Chiana*	30,00
Turano	124,00	*Aja*	6,70
Nestore	114,00		

Depuis 1870, des hydromètres ont été établis pour étudier séparément le régime de l'Anio, du Velino et de la Nera.

Pour l'Anio, trois hydromètres sont installés :

A *Subiaco*, rive droite; cote 349,31 au-dessus du niveau de la mer; trois observations par jour;

A *Tivoli*, sous le mont Catillo; distance, 45 000 mètres du confluent du Tibre; même nombre d'observations;

A *Ponte Mammolo* cote $0^{m},80$ au-dessus du zéro de Ripetta; distance du confluent 10 800 mètres; observation quotidienne à midi.

Pour le Velino, l'hydromètre est situé sur la rive droite, à *Piedilugo*; cote $365^{m},57$ au-dessus du niveau de la mer; distance de l'embouchure dans la Nera 3 000 mètres ; observations quotidiennes à midi et, pendant les crues, deux fois par jour.

Pour la Nera, l'hydromètre de *Ponte del Sasso*, rive droite, est à l'altitude de $113^{m},85$, et à la distance de 32 000 mètres du confluent avec le Tibre; les observations ne s'y font qu'en temps de crue.

Paglia et Chiana. — La Paglia offre un intérêt spécial à cause des graves difficultés soulevées depuis le moyen âge, entre les gouvernements des papes et de la Toscane, pour l'écoulement des eaux de la Chiana.

La Paglia elle-même prend sa source aux monts Radicofani, sur le versant S. du mont volcanique San Paolo a Celle, se dirige au S.-E. jusqu'à Proceno, puis à l'E. jusqu'aux environs d'Orvieto, où elle reçoit les eaux de la Chiana, et

(1) *Cenni monogr. Fiumi, loc. cit.*, 185.
(2) A. Betocchi, *Del fiume Tevere, loc. cit.*, 242.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

rejoint le Tibre, près de Torre di Monte, après un parcours total de 68 kil.

Au temps de l'Empire, la Chiana (*Clanis* des Romains) coulant des hauteurs d'Arezzo, traversait l'Étrurie et l'Ombrie pour déboucher dans le Tibre après un parcours de 109 kil. Jusqu'au XIV^e^ siècle, la vallée de Chiana, s'étendait depuis le défilé de Chiani jusqu'aux bas-fonds de Chiusi (fig. 2), dans la direction N.-S., et n'avait d'autre débouché que vers le midi.

Cette vallée, par suite de son niveau et des atterrissements irréguliers causés par les petits affluents de la Chiana, s'était couverte de marécages; son insalubrité était telle, au moyen âge, que les populations couraient les plus grands dangers. Dante a consacré par des images saisissantes l'état de désolation de la contrée (1).

Fazio degli Uberti dit des habitants de la Chiana qu'ils sont livides, émaciés par l'air et par la Chiana, puis deviennent hydropiques et gonflés (2).

L'hydraulicien Mengotti décrit la situation en ces termes : « La Chiana, refoulée par les habitants en élevant digues sur digues et barrages contre barrages, était devenue un cours d'eau désordonné, sans foyer, sans patrie, qui épanchait çà et là ses eaux aussitôt stagnantes, et transformait une contrée jadis si florissante en un marais infect, dont les exhalaisons étaient proverbiales pour désigner ce qu'il y a de plus pestilentiel au monde (3). »

Par ses crues aussi subites que violentes, la Chiana exposait alternativement Florence et Rome aux plus graves désastres.

Les communes de la vallée de Chiana avaient affeagé au pape Clément VII leurs territoires pour obtenir qu'il fît dessécher les marais. Les premières opérations de desséchement, entamées de 1520 à 1533, suspendues à la mort du pontife, ne furent reprises qu'en 1551, d'après les nivellements de Viviani, mais sans que les travaux d'endiguement et de canalisation parvinssent à calmer l'anxiété des Florentins pour les crues de la Chiana et de l'Arno. C'est seulement après des conférences internationales, tenues dans la seconde moitié du

(1) « Qual dolor fora, se degli spedali
Di val di Chiana tra'l luglio e'l settembre,
E di Maremma e di Sardigna i mali
— Fossero in una fossa tutti insembre. »
(*Div. Com. Dell' Inferno*, Canto XXIX.)

« Il y aurait autant de douleurs, si les maux que renferment les hôpitaux de val di Chiana entre juillet et septembre, et ceux de la Maremme et de la Sardaigne, étaient entassés tous ensemble dans la même fosse. » (Fiorentino, *la Divine Comédie*, 100.)

(2) « Quivi son volti lividi e confusi
Perchè l'aere e la Chiana gli nemica
Sicchè si fanno idropici e rinfusi ».
(*Dittamondo*, lib. 3.)

(3) Mengotti, *Saggio sulle acque correnti*, I, 10.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

XVII[e] siècle, que le point de partage définitif des eaux de la Chiana, sans lequel les entreprises de desséchement seraient restées sans résultat, fut décidé d'un commun accord.

Grâce aux efforts du gouvernement éclairé de la Toscane (1), les colmatages s'étendant de Arezzo à Pili, et dans la plaine de la Cardetta jusqu'à Chiusi, (1690 à 1740), la vallée fut assainie et en partie repeuplée.

Il restait toutefois pour le gouvernement pontifical à savoir si ces travaux d'assainissement pouvaient avoir une influence sur les crues du Tibre et les inondations dans Rome. Benoît XIV chargea l'ingénieur Gambarini, en 1743, de s'enquérir de la situation, et celui-ci concluait non seulement à un effet nul, au cas même où une grosse crue de la Chiana coïnciderait avec celle du Tibre, mais négatif, comme relèvement de niveau, en cas de crue ordinaire.

« En continuant à attribuer aux eaux de la Chiana la cause des inondations du Tibre, écrivait Gambarini, sans se laisser persuader par la raison et l'expérience, on oppose une prétention déraisonnable, basée sur une erreur, à une vérité palpable, afin seulement d'entretenir une panique que l'inspection d'une carte suffit pour dissiper, quand on compare la faible étendue du territoire assaini et celle de l'immense bassin que draine le Tibre (2). »

En 1780 finalement, à la suite d'une conférence tenue à Città della Pieve, entre les délégués du grand-duc Léopold I[er] et du pape Pie VI, les longues et stériles discussions qui avaient duré depuis des siècles prirent fin. Une digue transversale, au milieu de la vallée, dans la plaine de Chiusi, fixa d'une manière invariable le point de partage des eaux déversées vers l'Arno et vers le Tibre (3).

Actuellement, la Chiana romaine part de Chiusi, à 56 kilomètres de son origine primitive, et se dirige du S. au S.-E. pour rejoindre la Paglia, après un parcours de 53 kilomètres, pendant que la Chiana toscane, dont la pente a été modifiée du S. au N. par les travaux d'assainissement, entraîne la plus grande masse des eaux de la vallée, dans l'Arno, par l'ancien chenal du torrent Castro qu'elle s'est approprié.

Chiascio et Topino. — Le Chiascio descend du mont Ansciano, au N. de Gubbio, sur le territoire de Città di Castello, et traverse par un cours tortueux le territoire d'Assise dans la direction S., pour tourner finalement à l'O., après avoir reçu le Topino, près de Torgiano, à 5 kilomètres et demi de son embouchure. Son parcours total est de 86 kilomètres.

Le Topino, issu des montagnes au N.-O. de Nocera, côtoie jusqu'à Foligno l'ancienne voie Flaminienne. Après Foligno, il tourne au S.-O., puis au N.-O,

(1) Ce gouvernement avait eu successivement recours aux savants, Galilée, Torricelli, Cassini, Viviani, etc., pour formuler les principes et discuter les projets d'assainissement.

(2) Gambarini, *Relazione dei lavori fatti per la bonificazione delle Chiana* (*Nuova Raccolta*· Bologna, 1828), X, 260.

(3) Nadault de Buffon, *Hydraulique agric. Colmatage*, 112.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pour déboucher dans le Chiascio, ayant parcouru 61 kilomètres (1).

Nera et Velino. — La Nera (*Nar* des Romains) est l'affluent le plus important du Tibre, puisque son bassin représente plus du quart de la surface de la vallée tibérine. C'est sous l'action des crues de la Nera principalement que la portée du fleuve acquiert son plus grand volume.

Elle prend sa source dans les monts Sibyllins, entre le pic Bova et le pic Pattino, à 1 850 mètres d'altitude (prov. de Macerate).

Depuis Visso, jusqu'aux chutes que forme le Velino par sa dérivation dans la Nera, la direction est S.-O. par Cerrito, Montefranco, Arrone et Casal di Lago. Après avoir reçu les eaux du Velino, elle passe à l'O. par Terni, et de nouveau au S.-O., en s'engageant dans le défilé très tortueux des montagnes. Elle débouche au S.-E. de Orte, dans le Tibre, après un parcours total de 126 kilomètres.

D'une grande pérennité, la Nera a un débit, à l'étiage, de 100 mètres cubes et en hautes eaux, de 2 800 mètres cubes. La vitesse moyenne du courant est de $2^{m},10$ par seconde. Dans une crue, celle de 1872, le niveau des hautes eaux dépassa celui de l'étiage de $2^{m},4$ (2).

Avant que le Tibre reçoive les eaux de la Nera dont le bassin est presque entièrement perméable, la proportion d'eau pluviale écoulée est plus considérable, en raison même de l'imperméabilité des terrains qu'il draine. Ainsi, au confluent de la Nera, le Tibre a une portée maxima de 34 mètres cubes à l'étiage, tandis que la Nera lui déverse environ 100 mètres cubes, correspondant à un bassin, en amont de Terni, de 3 644 kilomètres carrés.

La perméabilité des terrains du bassin de la Nera est la cause de la variation très lente du niveau, même dans la saison des pluies. Au contraire, le haut Tibre conserve un étiage faible pendant très peu de semaines de l'année (3).

Velino. — Le Velino, principal affluent de la Nera, prend sa source à l'altitude de 1 600 m., au mont de la Speluca, à Capo d'Acqua, dans la province de Aquila. Sur un parcours total de 90 kil., sa direction depuis Città Reale varie du S.-O. au S. jusqu'à la plaine de San Vittorino; puis à l'E., après avoir traversé le défilé Santa Margherita, jusqu'à Rieti, dans une contrée admirable; et enfin au S.-O., vers Terni, où il se précipite à pic dans la Nera, en formant les merveilleuses cascades connues sous le nom *delle Marmore* (4).

(1) *Cenni monogr. Fiumi; loc. cit.*, 182.

(2) *Cenni monogr. Fiumi; loc. cit.*, 192.

(3) G. Zoppi, *Carta idrogr. d'Italia. Aniene*, 44.

(4) Sur une hauteur totale de 250 m., d'après les mesures de l'ingénieur Ricardi, de Terni, le Velino forme trois chutes, la première de 27 m.; la seconde perpendiculaire, de 150 m., et la troisième, jusqu'à la Nera, de 73 m. La fabrique d'armes et le grand établissement sidérurgique, forges et aciéries, de l'État, de même que les autres usines de Terni, n'utilisent qu'en partie l'immense force motrice développée par ces chutes.

Aussi bien, par leurs dimensions, leurs stalactites, leur bouillonnement féerique, que par la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Jadis, le Velino, commme l'indique l'étymologie *velia* (marais), n'avait pas de débouché direct, et formait un vaste lac dans la plaine de Rieti. Alimenté par deux cours d'eau, le Salto et le Turano, et des sources très abondantes sur la rive droite, il jouissait d'une remarquable pérennité; mais de novembre jusqu'en avril, des crues démesurées le faisaient sortir de son lit et submergeaient le territoire, où elles demeuraient à l'état stagnant sur de grandes étendues.

Un canal creusé par ordre et aux frais de Curius Deatatus, en l'an 698 de la fondation de Rome, permit d'assurer l'écoulement des eaux de trop-plein et d'assécher en partie le territoire pendant plus de quatorze siècles, jusqu'à ce qu'il se fût obstrué par les dépôts calcaires. Les habitants de Rieti, menacés de voir se perpétuer la submersion et l'insalubrité de leurs campagnes qu'ils ne pouvaient plus cultiver, obtinrent de creuser un canal, dit *Cava Reatina* ou *Gregoriana* (1406-1409), sous le pontificat de Grégoire XII, et comme les gens de Terni vinrent à souffrir des inondations de la Nera, causées en aval par l'émissaire de Grégoire, ils s'adressèrent à Braccio da Moutone, alors seigneur de Pérouse (1416), pour faire percer à leur tour une nouvelle dérivation. Malgré cela, les démêlés continuèrent entre les citoyens de Rieti et de Terni, et s'envenimèrent à tel point que le pape Paul III, un siècle plus tard (1546), dut faire ouvrir un troisième canal, *Cava Paolina*, mais avec aussi peu de succès.

Les architectes renommés, Sangallo et Jean Fontana, furent alors appelés à porter remède à la situation. Le dernier décida, sous le pontificat de Clément VIII (1594), de rouvrir le canal romain, mais en le faisant déboucher perpendiculairement à la Nera, au lieu de conduire l'extrémité obliquement, comme elle était autrefois. L'effet de cette variante fut déplorable; la Nera étant déjà trop resserrée à l'endroit de la chute, les débordements recommencèrent en aval (1). Ce fut seulement en 1785, sous Pie VI, que l'embouchure de l'émissaire fut rétablie obliquement, en même temps qu'un bassin de décantation et un pont-écluse furent installés à l'entrée d'amont du Velino.

Plus récemment, d'importants travaux ont été rendus nécessaires, indépendamment du canal, pour régulariser le régime du cours d'eau. Jusqu'en 1836, en effet, passé le défilé de Santa Margherita, son lit était au même niveau que les terres de la plaine San Vittorino. Bien qu'il fût contenu par des digues, celles-ci furent emportées par les grosses crues de 1836, et la submersion des terres dura jusqu'à ce qu'en 1839, un plan général d'assainissement fut mis à exécution, consistant à établir deux autres dérivations rectilignes, l'une dite *Lagno della Peschiera* pour les eaux de sources du mont *della Pendenza*, et l'autre dite *Lagnuolo*, pour drainer les sources de la rive droite. Les trois émissaires rectilignes, y com-

beauté du site, les *Marmore* offrent un spectacle sans égal, on peut dire, en Europe. Elles ont inspiré à lord Byron quelques stances des plus poétiques dans son *Childe Harold* (LXIX à LXXIII).

(1) Murray, *Central Italy*, 1861, 412.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pris l'ancien lit du Velino, aboutissent dans le chenal primitif, au défilé de la Torre.

Malgré les digues, les fortes crues de l'amont menacent toujours le territoire de Rieti. Au mois de septembre 1877, la digue de la rive droite fut ouverte sur plus de 40 m., sous une hauteur d'eau de $2^{m},50$ supérieure à l'étiage, et la submersion s'étendit à 150 hectares.

Pour une portée d'étiage de 48 m. cub., d'après les jaugeages de l'ingénieur Dupré, la portée moyenne du Velino serait de 60 m. cub., et la portée maxima, de 1260 m. cub. La vitesse moyenne, calculée par l'ingénieur Dal Buono, serait de $0^{m},60$ par seconde (1).

L'hydromètre situé à 3 kil. en amont des chutes *delle Marmore*, près du vieux port du lac Piedilugo, à l'altitude de $365^{m},57$, indique un niveau d'étiage du Velino, de $3^{m},28$; pour les crues ordinaires, de $4^{m},50$; et pour les crues exceptionnelles (8 décembre 1872), de $6^{m},20$ (2).

Anio. — L'Anio a une importance considérable pour Rome, non seulement en considération des sources de son bassin qui approvisionnent la capitale d'eaux potables les plus pures et les plus abondantes, mais encore de la force motrice qu'il est susceptible de fournir en vue du développement industriel de la capitale, et de la chute qui permettrait d'irriguer une vaste étendue de l'*Agro romano*.

Il prend sa source au versant S.-E. du mont Tarino (1959 m.), qui appartient aux derniers chaînons de l'Apennin central où se fait le partage des eaux, entre le Liri coulant à l'E., le Fiojo au N., en dehors du bassin du Tibre, et lui.

Comme pour le Simbrivio, un de ses affluents, qui descend également du mont Tarino au versant S.-O., la direction de l'Anio est d'abord Sud. Encaissé dans le défilé des monts Tiburtins et Lucains, il change cette direction au S.-O., puis à l'E. jusque passé Trevi, et au N.-O. Au delà de Subiaco, il décrit une courbe pour prendre la direction à l'O., et au S.-O. vers Tivoli, où il contourne le mont Catillo, dernier contrefort du Gennaro (fig. 4). A Tivoli, il se précipite en cascades, de 100 mètres de hauteur, dans le plateau de la campagne de Rome, qu'il traverse en serpentant vers l'O. jusqu'au confluent du Tibre, à la cote de 17 mètres, après un parcours total de 118 kilomètres.

Au-dessus de Tivoli, les pentes des vallées supérieures de l'Anio sont très prononcées ; les terrains perméables, sur 683 kilomètres carrés du bassin supérieur, en occupent 474.

En amont de Subiaco, le sol est presque partout boisé, et comme les bois revêtent des roches très perméables, telles que le calcaire crétacé, la croûte

(1) *Cenni monogr. Fiumi. V, loc. cit.*, 292.
(2) *Cenni monogr. Quadro idrogr. illustr., loc. cit.*, 330.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

moins pénétrable pour les petites pluies estivales sert à ralentir la fonte des neiges, en favorisant l'infiltration.

La quantité de pluie qui tombe dans le bassin, d'après les observations recueillies pendant neuf années à Vallepietra (823 m.), est de $1^m,718$; elle alimente en plein calcaire crétacé des sources copieuses. A Subiaco (386 m.) elle est de $0^m,896$, et à Tivoli (265 m.) de $0^m,968$.

Les trois hydromètres de Subiaco, Tivoli et Ponte Mammolo n'étant utilisés que pour le service des crues, c'est par des jaugeages directs seulement que l'ingénieur Zoppi a pu déterminer la portée de l'Anio.

Aussi bien l'Anio supérieur, que son affluent le Simbrivio, tous deux également pérennes, reçoivent à un niveau peu différent les eaux souterraines des montagnes qui les circonscrivent. Avant Subiaco, leur jaugeage collectif indique comme débit moyen, de 9 à 10 mètres cubes, et en été, de 3 à 4 mètres cubes par seconde. Le régime très régulier n'est troublé que par les pluies sur les surfaces boisées, qui donnent lieu à des crues lentes à croître, et aussi à décroître.

De Subiaco jusqu'à Agosta, l'Anio coule dans des graviers imperméables, et son étiage, à défaut de sources, ne varie guère; c'est seulement à partir d'Agosta, dans le calcaire perméable qui s'étend sur plus de 4 kilomètres et renferme les nombreuses sources de l'*Acqua Marcia* (1), que la portée d'étiage maxima augmente, jusqu'à atteindre, à Roviano, de 12 à 15 mètres cubes à la seconde. Passé Roviano, près de Tivoli, une série de roches perméables laissent couler leurs eaux de source par suite de la différence des niveaux, les unes, en aval des cascades (*Acqua Accoria*), et les autres, dans la campagne de Rome (*Acqua Albule* et *Acqua Felice*).

L'Anio inférieur, qui de Tivoli à Rome porte le nom de *Teverone*, reçoit les eaux souterraines des terrains volcaniques et augmente son débit d'étiage jusqu'à 21 mètres cubes à Ponte Mammolo, tandis que la portée maxima atteint 25 mètres cubes (2).

Crues. — Si les crues de l'Anio supérieur sont très limitées jusqu'à Subiaco, en raison de la perméabilité des terrains boisés et de l'abondance des sources, il n'en est pas de même en aval de Subiaco, jusqu'à Agosta, où le bassin correspondant comprend 92 kilomètres carrés de terrains imperméables. En aval d'Agosta, à Roviano, la vallée alluvienne est toute cultivée; le fleuve déborde

(1) Ronna, *Les Eaux de Rome* (*Bulletin* d'août 1897).

(2) La vitesse moyenne n'a été trouvée qu'une seule fois égale à 0,83 de la vitesse fournie par la verticale de la veine; elle a été le plus souvent de 0,70 dans les nombreux jaugeages exécutés par l'ingénieur Zoppi. De même, les rapports entre la vitesse moyenne et la vitesse maxima, qui ont varié entre 0,60 et 0,75, sont encore moins élevés que pour le Tibre. (Zoppi, *Aniene, loc. cit.*, 41.)

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pendant les crues, mais le lit étant à un niveau plus élevé que celui de la campagne, les canaux d'écoulement qui dérivent les eaux jusqu'à Castel Madama donnent lieu à des crues subites dont les effets ont été désastreux d'ancienne date, à Tivoli même.

Pour ne citer que les crues du siècle actuel : en 1808, les eaux atteignirent un niveau si élevé que le pont de Tivoli s'écroula, et toute la berge de la rive gauche, avec les maisons qui l'occupaient, s'effondra. En 1809 et 1810, de nouvelles crues causèrent la chute de grosses masses de rocher (*tartaro*) qui bloquèrent le chenal et la grotte de Neptune. En 1811, les dommages furent si graves qu'il fallut pourvoir d'urgence à la construction d'une muraille de soutènement pour épauler la rive sur laquelle Tivoli est bâtie. A peine les travaux confiés à l'ingénieur Vici étaient-ils achevés, que la force du courant entraînant, à l'entrée de la grotte de Neptune, un roc immense, le lit sur lequel reposait la muraille se creusa, en laissant un vide de plus de 800 mètres.

En 1813, le gouvernement pontifical ordonna le déblai du lit, en même temps que la reprise sous œuvre du mur, mais cette dernière opération ne fut pas commencée. Une période de calme, qui dura jusqu'en 1827, fit penser qu'elle ne serait pas nécessaire. Cette année pourtant, une crue d'une violence inouïe enleva la muraille ancienne, ouvrit un large déversoir aux eaux, à travers la rive gauche, abattant la berge et les maisons, tandis qu'elle engloutissait dix-sept maisons de la rive droite, une partie du palais Boschi, le temple dédié à Sainte-Lucie et la route.

Dès lors, fut ordonnée la construction, sur un devis de 80 000 écus, d'une digue (*chiusa*) pour prévenir de nouveaux désartres ; mais cette digue ne parvint pas à calmer l'anxiété des habitants, et le pape Pie VIII, cédant à leurs instances, chargea une commission, en 1831, d'étudier un projet complet pour mettre Tivoli à l'abri des inondations.

Le projet de la commission concluait à l'ouverture d'un nouveau lit en souterrain, à travers le mont Catillo, sur 294 mètres de longueur, et de deux galeries (*cunicoli*) de 10 mètres de largeur à l'entrée, à section rectangulaire, sur 2 mètres de hauteur au-dessus du radier, avec voûte ogivale. Les eaux animées par une pente de 2 p. 100 dans ces galeries, devaient déboucher au delà de la grotte des Sirènes, sous l'image (*icone*) du Sauveur.

Le pape Grégoire XVI, par chirographe du 9 juin 1832, ordonna que l'entreprise, malgré les grandes difficultés qu'elle présentait pour l'époque, fût exécutée, en mettant les cinq dixièmes de la dépense totale à la charge de toutes les communes, deux dixièmes à la charge de la commune de Tivoli, et trois dixièmes au compte du Trésor. Elle devait comprendre, en outre, la construction d'un pont au-dessus de la digue, pour relier Tivoli à la voie Valeria qui longe la rive droite du fleuve et dessert les villes du Latium (fig. 9).

L'architecte hydraulicien Clément Folchi fut chargé des travaux. Com-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mencés le 6 juillet 1832, ils furent inaugurés, après achèvement en trois ans, le 7 octobre 1835. Ils avaient coûté 176 018 écus.

Tivoli n'a plus eu à souffrir de l'Anio depuis le creusement de l'émissaire grégorien (*traforo Gregoriano*).

Dans une grande crue du 15 novembre 1878, le niveau des eaux atteignit $5^m,20$ au-dessus du zéro de l'hydromètre placé à l'entrée des galeries, soit $2^m,10$

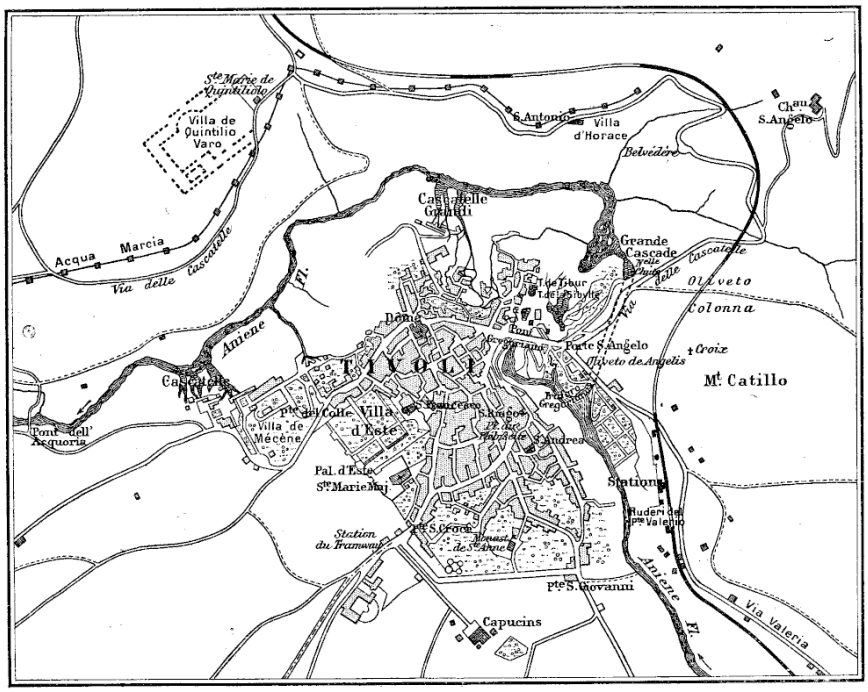


Fig. 9. — Carte de Tivoli et des environs; galerie et pont Grégorius.

de plus que celui des crues ordinaires. Or, le jour précédent, 14 novembre, le niveau n'était qu'à 4 mètres, et le lendemain 16, il était descendu à $2^m,80$.

Si les crues subites de Tivoli sont dues à l'Anio supérieur dont le bassin couvre 683 kilomètres carrés, pour un parcours de 70 kilomètres, et notamment aux eaux des terrains semi-perméables de Cineto jusqu'à Castel Madama, qui coulent dans un lit à forte pente, celles de l'Anio inférieur, ou Teverone, ne sont pas moins soudaines, en raison du grand bassin de 667 kilomètres carrés, comprenant un huitième seulement de terrains imperméables, mais cultivés presque entièrement en prairies qui feutrent la surface et laissent s'écouler rapidement les eaux météoriques.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

A l'altitude de 1m,65 du zéro de l'hydromètre de Ponte Mammolo, la cote d'étiage du Teverone, en 1890, était de 12m,90, et celle des crues ordinaires, de 13m,50. Le niveau de la crue exceptionnelle du 15 novembre 1878 avait atteint 18m,32 (1).

Force motrice. — La différence de niveau entre l'Anio à Tivoli et le Tibre à Rome, a donné lieu de penser que, sur un faible parcours de 30 kilomètres, la force motrice de plus de 20,000 chevaux dynamiques produite par la chute, pourrait être utilisée, non seulement à Tivoli, en vue des industries qui y sont installées, mais en partie à Rome, dans le même but, et surtout pour l'irrigation du haut plateau borné par les monts Tiburtini et Laziali.

En outre, en amont de Tivoli, les fortes pentes de l'Anio, à régime constant, auraient permis d'augmenter cette force d'au moins 10000 chevaux, à l'aide d'une dérivation pratiquée à Cineto.

Dès 1872, la commune de Rome sollicita la concession, tant pour irrigations que pour force motrice, de 12 mètres cubes sur les 24 mètres cubes que l'on considérait alors comme le débit total de l'Anio, à la cote de 207 mètres.

Sur les 12 mètres cubes demandés, 3 mètres cubes pour les besoins industriels furent effectivement concédés à la commune, mais à la condition que moitié de la force motrice en résultant reviendrait au gouvernement, qui ferait au besoin des concessions particulières.

Le canal de dérivation n'ayant pas été exécuté aussitôt, et de nouveaux jaugeages ayant ramené depuis, à 12 mètres cubes, la portée normale de l'Anio, la municipalité de Tivoli a protesté légalement et défendu énergiquement ses droits quant à la propriété du débit total, indispensable à sa propre industrie et au service public.

De ce litige résulte la difficulté, pour la ville de Rome, après quinze années d'inertie, d'obtenir en amont de l'Anio, même 1 mètre cube et demi de force motrice; elle ne peut plus désormais compter que sur celle fournie par le Teverone, qui, pour une portée double de celle de l'Anio supérieur, à des hauteurs hydrométriques variant, à Ponte Mammolo, entre 12m,50 et 14 mètres, a été évaluée à environ 2 000 chevaux.

2. — RÉGIME DES CRUES DU TIBRE

Comme suite aux études hydrologiques du bassin du Tibre, instituées par Venturoli, l'ingénieur Lombardini (2) a cherché, d'après le tableau suivant, à

(1) Zoppi, *loc. cit.*, 132.
(2) Lombardini, *Sulla statistica dei fiumi. R. Inst. Lombardo*, 1846.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

le répartir en bassins secondaires, afin de déterminer la distance maxima des sources, et la distance moyenne de chaque bassin par rapport à Rome.

BASSINS SECONDAIRES DU TIBRE.	SURFACES EN KIL. CARRÉS.			DISTANCES DE ROME.	
	des bassins secondaires.	de la partie plane.	de la partie inondable.	maxima des sources.	moyennes des bassins.
	kil. carrés	kil. carrés.	kil. carrés.	kil.	kil.
1. Anio	1426	»	»	114	66
2. Tibre inférieur entre Rome et la Nera	2391	97	97	»	64
3. Nera et Velino	4430	80	70	241,5	»
4. Tibre moyen entre la Nera et le Chiascio	2216	98	98	»	166
5. Paglia et Chiana romaine	1332	»	»	200	170
6. Chiascio et Topino	1988	264	50	280	»
7. Tibre supérieur entre le Chiascio et Città di Castello	2212	85	74	»	252
8. Tibre depuis les sources jusque Città di Castello	706	102	42	331	310
Surface totale du bassin du Tibre	16721	»	»	»	»
— de la partie plane du bassin	»	726	»	»	»
— inondable	»	»	431	»	»

Il ressort de ce tableau que la distance moyenne des bassins de l'Anio et du bas Tibre, en aval de la Nera, représentant un quart environ du bassin entier comme superficie, est de 64 à 66 kilomètres : ce qui explique comment, par leurs affluents, ils peuvent commencer à mettre le fleuve en crue.

Les autres bassins, de la Nera, du Tibre moyen et de la Paglia, équivalant à la moitié environ du bassin entier, et situés à une distance moyenne de 180 kilomètres de Rome, y arrivent à peu près en même temps.

Enfin, le Chiascio, qui reçoit le Topino, et le haut Tibre, dont les bassins comprennent environ le dernier quart du bassin entier, à la distance moyenne de 250 kilomètres, se suivent de près pour porter la crue à son maximum.

Sur une superficie totale de bassins secondaires, égale à 16 721 kilomètres carrés, et offrant 726 kilomètres carrés de surface plane, la partie submersible serait de 431 kilomètres carrés.

D'après un travail plus récent de l'ingénieur Bocci, dans la seule province de Rome, les terres submersibles par le Tibre, en amont de Orte, couvrent une surface de 1 770 hectares; de Orte à Montorso, 2 720 hectares; de Montorso

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

à Rome, 6 890 hectares; et de Rome à la mer, 9 620 hectares; en tout, 21 000 hectares (1).

L'inspecteur général Possenti, pour déterminer l'action des bassins secondaires sur les crues maxima du Tibre, les a groupés autrement que Lombardini, suivant le trajet de leurs crues respectives jusqu'à Rome, mais de façon que les parcours moyens des crues de chaque groupe de bassins fussent au contraire sensiblement différents, comme il ressort du tableau ci-après.

GROUPES AVEC LEURS BASSINS RESPECTIFS.	SUPERFICIE des groupes.	PARCOURS MOYENS des crues de chaque groupe.	DIFFÉRENCES des parcours moyens entre les groupes.	DIFFÉRENCE MAXIMA entre les parcours de chaque groupe et ceux des bassins qu'il comprend.
	kil. carrés	kil.	kil.	kil.
1. Anio; comprenant le Tibre de Rome à la Treja et l'Anio.	2 872	63	70	7,30
2. Nera basse; comprenant le Tibre de la Treja jusqu'à la Paglia et la Nera basse.	2 178	133		5,86
3. Nera haute; comprenant la Paglia, le Tibre de la Paglia jusqu'au Chiascio, la Chiana, la Nera haute, le Velino, le Turano, le Corno, le Nestore et le Salto. .	6 373	214	81	42,44
4. Chiascio; comprenant le Tibre du Chiascio jusqu'à la Carpina, le Topino et le Chiascio.	2 331	268	54	28,53
5. Haut Tibre, de la Carpina jusqu'aux sources.	1 470	325	57	»
TOTAL.	15 224	»	»	»

II. — Le Tibre dans l'antiquité.

L'histoire du Tibre est inséparable de celle de Rome, aussi bien de la Rome antique, dont il préside à l'origine et suit le développement jusqu'à la chute de la puissance impériale, que de la Rome papale, finalement victorieuse au moyen âge, puis maîtresse du monde chrétien.

Maints poètes, avec Virgile et Horace, ont glorifié le fleuve aux eaux jaunes (*flavus Tiberis*), et les historiens l'ont plus d'une fois mentionné, tant pour les épisodes héroïques ou tragiques dont il fut le théâtre, que pour ses débordements nombreux et si souvent terribles.

(1) D. Bocci, *Studi per conseguire le bonifiche della prov. di Roma*, 1882.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Il s'appela d'abord *Albula*, puis *Tybris*, du nom de l'un des rois de la descendance d'Énée, célébré par Virgile pour sa taille et sa férocité (1). Selon une autre version, Tiberinus Sylvius, fils de l'un des rois d'Albe, s'étant noyé dans les eaux du fleuve, fut honoré comme dieu du Tibre, qui lui dut son nom. Les Tibériades étaient les nymphes censées demeurer sur ses bords (2).

Le dieu fleuve était personnifié, chez les Romains, sous les traits d'un vieillard couronné de roseaux, tenant d'un bras, une corne d'abondance, de l'autre, un gouvernail, et ayant à ses côtés une louve qui allaite deux petits enfants (fig. 10).

Virgile, dans l'*Énéide*, chante non seulement la divinité du fleuve, mais

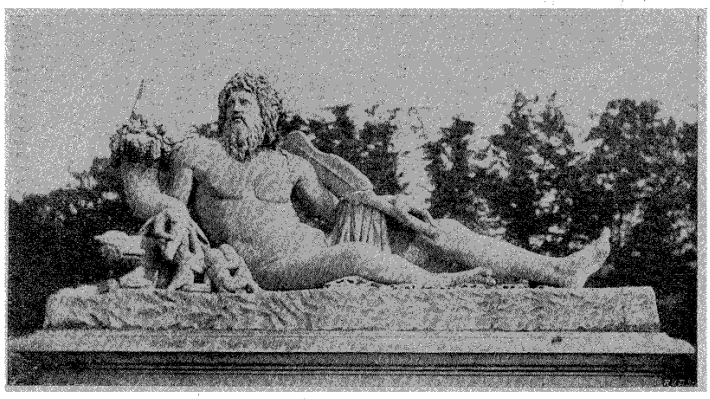


Fig 10. — Le fleuve Tibre; statue par Van Clève.

aussi ses nombreux méandres, l'abondance des eaux, la violence du courant, l'aspect des rives boisées et des campagnes fertiles qu'il traversait.

Lorsque Énée, échappé à la ruine de Troie et débarqué sur les côtes du Latium, remonte le Tibre avec son fils Ascagne, les dieux pénates et le palladium de Troie, il s'étend sur le gazon de la rive pour prendre enfin quelque repos. Alors :

« Il crut voir sortir des eaux, au milieu des peupliers, le dieu même du fleuve sous l'aspect d'un vieillard. Ses épaules étaient couvertes d'un lin fin, d'une cou-

(1) « Tum reges, asperque immani corpore Tibris
A quo post Itali fluvium cognomine Tibrim
Diximus, amisit verum vetus Albula nomen. »
(*Eneid.*, VIII, 329.)

« Des rois (qui soumirent le pays de Saturne) l'un d'eux fut Tibris, géant féroce et agreste, dont le nom fut donné depuis par toute l'Italie à ce fleuve autrefois connu sous celui d'Albula. » (*Trad. de René Binet.*)

(2) *Dict. des Mythologies*, 1823.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

leur azurée, et sa chevelure était ombragée d'une couronne de roseaux... (1).

« Je suis le Tibre, dit-il, ce fleuve chéri du ciel, dont tu vois les eaux abondantes « presser ces rives et pompeusement traverser de fertiles campagnes... (2).

« Ralentissant la violence du courant, et ramenant en arrière ses eaux plus enflées que de coutume, le Tibre les tint suspendues et rendit leur surface unie comme celle d'un étang, d'un marais paisible, afin que la rame ne trouvât point de résistance... (3).

« Les vaisseaux d'Énée glissent légèrement sur les flots... Les rameurs fendent l'onde

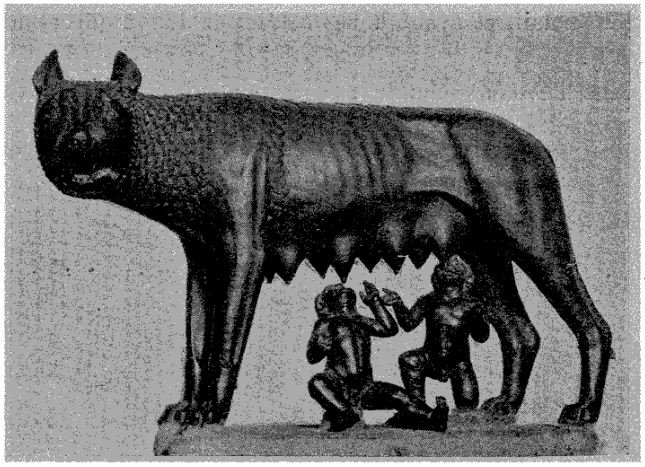


Fig. 11. — La Louve d'airain, au palais sénatorial du Capitole.

sans relâche et la nuit et le jour. Ils remontent les longs détours du Tibre, à l'ombre des forêts dont ils coupent les images verdoyantes au fond des eaux tranquilles... (4). »

(1) « Huic Deus ipse loci fluvio Tiberinus amæno
Populeas inter senior se attollere frondeis
Visus, cum tenuit glauco velabat amictu
Carbasus, et crineis umbrosa tegebat arundo. »
(*Œncid.*, VIII, 31-34.)

(2) « Persolves, ego sum, pleno quem flumine cernis
Stringentem ripa, et pinguia culta secantem
Cœruleus Tybris, cœlo gratissimus amnis... »
(VIII, 63-65.)

(3) « Tybris ea fluvium, quam longa est nocte tumentem
Leniit, et tacita refluens ita substitit unda
Mitis ut in morem stagni placidæque paludis
Sterneret æquor aquis, remo ut luctamen abesset. »
(VIII, 86-89.)

(4) « Labitur uncta vadis abies.....
Olli remigio noctemque diemque fatigant
Et longos superant flexus variis que teguntur
Arboribus, viridesque secant placido æquore silvas. »
(VIII, 91, 94-96.)

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Fondation de Rome. — La louve, associée au Tibre, partageait avec lui les honneurs divins (fig. 11) : c'est qu'elle avait eu, comme lui, une grande part dans les origines de Rome. La légende raconte que Sylvia, fille de Numitor, dépossédée du trône d'Albe-la-Longue par son frère cadet Amulius, avait été placée par l'usurpateur parmi les vestales.

« Or, un jour, Sylvia était allée puiser à la source du bois sacré l'eau nécessaire au temple; Mars lui apparut, et promit à la vierge effrayée de divins enfants. Devenue mère (1), Sylvia fut condamnée à mort selon la rigueur des lois du culte de Vesta, et ses deux fils jumeaux furent exposés sur le Tibre.

« Le fleuve était alors débordé : le berceau fut doucement porté par les eaux jusqu'au mont Palatin, où il s'arrêta au pied d'un figuier sauvage (2). Le dieu Mars n'abandonna pas les deux enfants. Une louve, attirée par leurs cris, les nourrit de son lait (3). Plus tard, un épervier leur apporta des aliments plus forts, tandis que des oiseaux consacrés aux augures planaient au-dessus de leur berceau pour les défendre. Frappé de ces prodiges, Faustulus, berger des troupeaux du roi, prit les deux enfants et les donna à sa femme Acca Laurentia, qui les nomma Remus et Romulus (4). »

C'est ce premier fait de l'histoire romaine que Rubens a consacré dans une admirable toile (fig. 12), où sont groupés le Tibre, la louve, les deux jumeaux, l'épervier, le berger et sa femme.

Virgile consacre à la louve du Tibre des vers inoubliables, au sujet du bouclier que le dieu Vulcain offrit à Énée (5) :

« On y voyait, dans l'antre de Mars, une louve récemment déchargée de ses petits, couchée sur la verdure, et deux enfants attachés à ses mamelles, jouant et suçant d'un

(1) « Hic jam tercentum totos requabit annos
Gente sub Hectorea; donec regina sacerdos
Marte gravis geminam parta dabit Ilia prolem. »
(*Œneid.*, I, 272-274.)

« C'est là (à Albe) que le trône (des descendants d'Énée) demeurera pendant trois cents ans, toujours rempli par la nation d'Hector, jusqu'à ce que Ilia, prêtresse du sang royal, devenue enceinte du dieu Mars, mette au monde deux enfants jumeaux. » (*Trad. de René Binet.*)

(2) Le *Ficus rumnalis* fut religieusement conservé pendant des siècles. Le Tibre s'appela *Rumon*, le fleuve aux eaux fertilisantes, de *Rumma* ayant le sens de *Mamma*. (Serv. *Œneid.*, VIII, 63.) De là aussi les noms de Rome, de Romulus et de Remus. (Phylargyr, *Ad Virg.Ecl.*, I, 20.).

(3) La louve de travail étrusque (fig. 11), qui figure au musée du palais sénatorial, à Rome, avec ses nourrissons ajustés ou replacés après coup, a été fondue avec les monnaies en airain des amendes criminelles. Elle avait été placée, en l'an 457, au pied du figuier Ruminal.

(4) Duruy, *Hist. des Romains*, I, 85.

(5) « Fecerat et viridi fætam Mavortis in antro
Procubuisse lupam : geminos huic ubera circum
Ludere pendenteis pueros, et lambere matrem
Impavidus : illam tereti cervice reflexam
Mulcere alternos et corpora fingere lingua. »
(*Œneid.*, VIII, 630.)

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

air intrépide le lait de cette étrange mère, tandis qu'allongeant la tête de ce côté, elle les caressait tour à tour, et semblait former leurs membres avec sa langue. (1) »

Les deux fils de Sylvia grandirent en force et en courage. Après avoir tiré vengeance d'Amulius et replacé Numitor sur le trône d'Énée, ils obtinrent du roi, en récompense, tout le pays qui s'étend du Tibre à la route d'Albe jusqu'au sixième mille. L'augure sabellien du vol des oiseaux s'étant prononcé en faveur de Romulus, quand il s'agit de bâtir une nouvelle cité au mont Palatin, Remus fut sacrifié par son frère pour avoir franchi d'un saut, par dérision, le

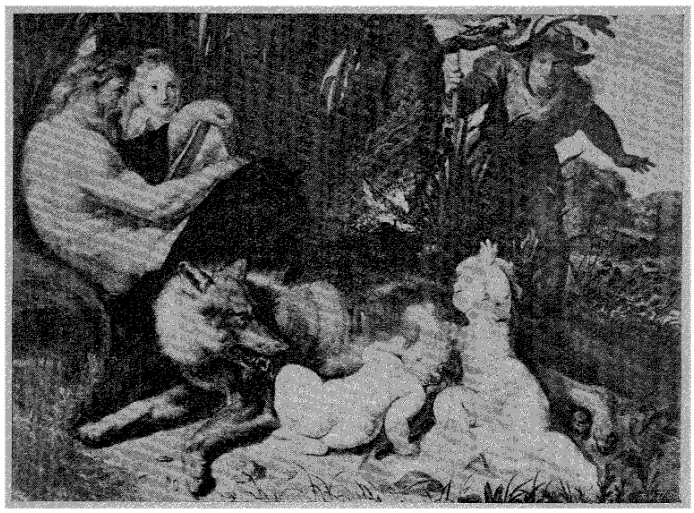


Fig. 12. — Le Tibre, la louve, Remus et Romulus; tableau de Rubens (galerie du Capitole).

sillon qui représentait le circuit de l'enceinte, tracée selon les rites étrusques (2).

Que Rome, dont Romulus demeura seul fondateur, fût ou non la fille et l'héritière de Troie (3), il est avéré qu'il y avait déjà là une vieille cité latine, la

(1) *Traduction de René Binet*, I, 15.

(2) « Inde lupæ fulvo nutricio tegmine lætus
Romulus excipiet gentem et Mavortia condet
Mœnia, Romanosque suo de nomine dicet. »
(*Æneid.*, VIII, 275-277.)

« Sorti de cette origine et paré de la dépouille de la louve dont il a sucé le lait, Romulus, à son tour, règne sur la nation, bâtit la ville consacrée au dieu de la guerre et donne son nom aux Romains. »

(3) « S'il est un peuple à qui l'on doive permettre de consacrer ses origines en les faisant remonter aux dieux, écrit Tite-Live, au commencement de son histoire, c'est bien le peuple romain... » Il est probable toutefois que, bien avant la fondation de Rome, le lieu qui fut

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ville du Tibre, ou *Ruma*, ayant les mœurs et les lois du Latium et de la Sabine, que Romulus, latin lui-même, n'aurait fait qu'adopter (1).

Sous les rois, le Tibre ne cessa pas de jouer un rôle décisif dans les guerres des Romains contre les peuples voisins, Céniniens, Antemnates, Fidénates, et surtout contre les Latins, jusqu'au jour où Ancus ayant détruit quatre villes de ces derniers, accrut le territoire en enclavant les bouches du Tibre, y fonda le port d'Ostie sur la mer, et attribua au domaine royal les salines et les forêts du littoral. Ce fut le même roi qui construisit le premier pont en bois sur le fleuve (*Pons Sublicius*) et en défendit les approches, du côté de l'Étrurie, par une forteresse sur le Janicule. Tarquin l'Ancien défit à son tour les Latins et les Sabins dans des guerres heureuses, qui lui valurent les terres comprises entre le Tibre, l'Anio son affluent, et la Sabine des montagnes. Dans l'enceinte murée que le roi Servius Tullius fit bâtir, en réunissant à la ville le Viminal, l'Esquilin et le Quirinal, le Tibre était contenu par des quais, dont on a retrouvé les restes, comme ceux de la *Cloaca Maxima*, construite par son prédécesseur.

Lorsque Lucius Tarquin, dit le Superbe, arma le roi étrusque Porsenna contre le peuple romain qui l'avait chassé, et que le siège de Rome était pressé par de grandes forces, ce fut Horatius Coclès qui affronta lui seul et arrêta l'armée ennemie, à la tête du pont Sublicius, jusqu'à ce qu'on eût détruit le pont derrière lui; après quoi, il s'élança dans le Tibre et gagna la rive à la nage. Clélie, qui avait été donnée en otage au roi étrusque, brisant ses fers, s'échappait du camp et traversait également le Tibre à la nage. Virgile ne manque pas de rapporter ces actions héroïques de l'histoire traditionnelle des rois (2).

Pendant les guerres que le gouvernement républicain eut à soutenir contre les Volsques, les Eques et les Véiens, le Tibre et ses affluents, dans le voisinage de Rome, deviennent souvent le lieu de combat. Après le désastre de Fabius, sur les bords de la Cremera (3), les Véiens avancent jusqu'au Tibre et menacent le Janicule (482).

Un siècle plus tard (390), le Tibre engloutit une partie des fuyards de l'aile

plus tard le *forum romain* était un marché, peu éloigné des bords du fleuve, où les habitants des pays environnants venaient faire leur trafic. « Rome est donc une ville qui se créa peu à peu et se développa près d'un *forum*, où se déroula un grand nombre de légendes de sa première histoire. » (Thédenat, *le Forum romain*, 2.)

(1) Duruy, *loc. cit.*

(2)
« Illum indignanti similem, similemque minanti
Aspiceres; pontem auderet quia vollere Cocles,
Et fluvium vinculis innaret Clœlia ruptis. »
(*Æneid.*, VIII, 646.)

« On voyait ce roi Toscan, l'air indigné et menaçant, furieux de ce que Coclès osait rompre un pont devant lui; de ce que Clélie, brisant ses fers, passait hardiment le Tibre à la nage. » (*Trad. de René Binet.*)

(3) *Fosso di Valchetta* actuel, qui coule du N. au S.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

gauche de l'armée romaine qui reste frappée d'épouvante devant les Senons, en marche sur la ville, près de l'Allia (1). Les Gaulois occupent Rome et assiègent pendant de longs mois la citadelle du mont Capitole. Un jeune plébéien, Cominius, passant le Tibre à la nage, évitant les sentinelles ennemies, finit par gravir les parois escarpées du mont jusqu'à la citadelle où était réfugiée l'aile droite de l'armée, et en rapporta par le même chemin périlleux, à Véies, la nomination, comme dictateur, de Camille qui mit les envahisseurs en fuite.

Aussi bien sous la République que sous l'Empire, c'est au forum que se déroulèrent la plupart des drames qui accompagnèrent les émeutes, les révoltes et les exécutions, et c'est au Tibre, peu éloigné, que furent confiés les cadavres des victimes. Prisonniers de guerre, esclaves ou proscrits, factieux ou partisans sénateurs ou ministres, immolés par haine de la plèbe ou par des sicaires, tous ont trouvé une même sépulture, celle du fleuve. « Les corps nus des suppliciés sont d'abord exposés aux insultes de la foule sur les marches des gémonies, puis avec des crocs, le bourreau les traîne, à travers le forum, jusqu'au Tibre (2). »

Les empereurs eux-mêmes n'échappent pas à cette ignominie. Vitellius, plus tard Commode, Héliogabale, sont ainsi outragés après leur mort.

Le Tibre engloutit bien d'autres dépouilles que celles des victimes de la politique et de la vengeance populaire. « Chaque invasion, chaque discorde intestine a gorgé son limon conservateur : les chrétiens y ont jeté les simulacres des faux dieux apportés de la Grèce et de l'Asie; les empereurs y ont noyé les images divinisées de leurs prédécesseurs ; avant eux, Sylla, Marius, y avaient plongé, à chaque retour de fortune, les souvenirs glorieux du vaincu... Que de chefs-d'œuvre on retrouverait au fond du fleuve; car les Vandales, en Vandales qu'ils étaient, y ont tout précipité... Dans le lit du fleuve, on déchiffrerait par couches, en guise de feuillets, les chroniques de la barbarie romaine, traduites en un langage divin (3).

Inondations. — Les inondations du Tibre furent de tout temps le fléau de Rome, mais surtout dans les périodes plus reculées, quand le niveau des quartiers riverains était plus bas (4).

La première de toutes, léguée par la légende, est celle qui permit au berceau portant les deux jumeaux, futurs fondateurs de Rome, d'aborder au pied du mont Capitole; mais la première authentique, mentionnée dans l'histoire de Tite-Live,

(1) Le champ de bataille était situé sur la rive droite du Tibre, en face de l'embouchure de la rivière *Allia*, que l'on croit être le *Fosso della Bettina* actuel.

(2) H. Thédenat, *loc. cit.*, 22.

(3) Fr. Wey, *Rome*, etc., 341.

(4) « Tiberis, antea Tybris appellatus, nusquam magis aquis, quam in ipsa urbe stagnantibus. » (Plin., *Hist. Nat.*, I, 19.)

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

remonte à l'an 340 de la fondation, pendant le siège de Véies, une des douze lucumonies étrusques qui menaçaient la puissance de la république et la ville elle-même. C'est elle qui mit fin à l'armistice de plusieurs mois de durée, conclu entre les Véiens et les Romains (1). La suivante eut lieu en 390, sous les consuls C. Genucius et E. Mamercus (2).

Après la bataille de Cannes, deux inondations se succédèrent dans la même année, 538 (3), et quatorze ans plus tard, en 552, l'armée victorieuse à Zama, conduite à Rome par Scipion l'Africain, trouvait, dès son entrée, un débordement terrible dont Tite-Live signale l'étendue (4).

Des trois inondations mémorables qui se suivent dans les années 559, 560 et 563, pendant les guerres d'Asie, et que Tite-Live mentionne (5), la plus grave est sans contredit celle de 560, qui renversa deux ponts de Rome et nombre d'édifices, principalement près de la porte Flumentana (6).

Le VI^e^ siècle de la fondation de Rome compterait encore d'autres inondations, d'après les ingénieurs Leoni, Maganzini et Canevari (7), mais dont l'authenticité paraît contestable. Elles se réfèrent aux années 512 selon Orosius (8), 536 suivant Alveri (9), 540, 548, 557, 558, 565, 592 suivant Eutrope (10).

Au septième siècle de Rome, deux inondations seulement sont rapportées par les historiens. La première qui eut lieu en 651, ou plus probablement en 645, après le consulat de Pompée et Cassius, a été décrite par Dion Cassius de Nicée, et aurait surpassé toutes les autres comme dommages causés à la ville, aux bes-

(1) « ...Ni Vejens bellum religio principum distulisset, quorum agros Tiberis super ripas effusus maxime ruinis villarum vastavit. » (T.-Liv., IV, 19.)

(2) « ...Cum medios forte ludos circus Tiberi superfuso irrigatus impedisset. » (T.-Liv., VII, 3.)

(3) « Aquæ magnæ bis eo anno fuerunt. Tiberisque agros inundavit cum magna strage tectorum pecorumque et hominum pernicie. » (T.-Liv., XXIV, 9.)

(4) « ... Ita abundavit Tiberis ut ludi Apollinares circo inundato extra portam Collinam (aujourd'hui Salara) ad ædem Erucinæ Veneris parati sint. » (T.-Liv., XXX, 38.)

(5) Inondation de l'an 559. « Aquæ ingentes eo anno fuerunt, et Tiberis loca plana urbis inundavit, circa portam Flumentanam etiam collapsa quædam ruinis sunt. » (T.-Liv., XXXV, 9.)

Inondation de l'an 560. « Tiberis infestiore quam priore impetu illatus urbi duo pontis, ædificia multa, maxime circa portam Flumentanam, evertit. » (T.-Liv., XXXV, 21.)

Inondation de l'an 563. « Aquæ ingentes eo anno fuerunt, Tiberis duodeciens campum Martium planaque urbis inundavit. » (T.-Liv., XXXVIII, 28.)

(6) D'après Gomesio (*De prodigiosis Tyberis inundationibus*, 1831), les deux ponts détruits seraient le pont Sublicius et le pont Triomphal, ou du Vatican.

(7) *Cronologia delle inondazioni del Tevere. Cenni monogr. Fiumi, V; allegato XIX*, 302; et *Atti della Commissione 1871, allegato G, nota n° 4*, 1872.

(8) Orosius, *lib.* IV, écrivit l'histoire de Rome en sept livres, en l'an 420 de notre ère.

(9) Sous le consulat de Q. Fabius Maximus et M. Marcellus, d'après Alveri Gasparre. (*Roma in ogni Stato*, 1664.)

(10) Eutrope; son histoire de Rome qui s'arrête à l'an 1119, fut écrite sur commande de l'empereur Valens.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tiaux et aux habitants (1). La seconde, survenue en l'an 700, se trouve indiquée dans une lettre de Cicéron à son frère Marcus Quintus (2).

Au siècle suivant, l'inondation de 732, rappelée dans les vers d'Horace (3), a donné lieu à plusieurs commentaires sur la signification de *litore Etrusco*, où les uns ont voulu voir l'action des vents soufflant de la côte Méditerranéenne sur les eaux débordant du Tibre, et les autres, la rive droite du fleuve qui bornait jadis l'Étrurie. Virgile emploie indistinctement *riva* et *litus* pour désigner cette rive (4). Quoi qu'il en soit, c'est à cette inondation que l'on attribue l'avènement d'Auguste comme dictateur et censeur à vie (5).

Sous le règne d'Auguste, deux inondations sont rapportées par Dion Cassius, en 741 et 758 de la fondation de Rome; la seconde, accompagnée de tremblements de terre, tint la ville sous eau pendant sept jours (6). Tibère régnant, en l'an 15 de notre ère (7), Tacite décrit une nouvelle inondation dont les causes sont attribuées par les habitants de Rome aux crues de la Chiana, affluent du Tibre, et à l'écoulement des eaux du lac Velinus (8).

En l'an 69 de notre ère, une inondation considérable arrête dans Rome l'empereur Othon, qui se préparait à marcher avec l'armée contre les Vitelliens. Suétone, Plutarque et Tacite donnent chacun des détails sur ce débordement mémorable (9). Puis viennent deux inondations, l'une des années 69 à 79 du

(1) « Aquarum impetus per multos dies ruentium eversæ domus, summersa armenta omnia, homines quicumque ad altiora non confugerunt loca, enecati omnes. » (Dion Cassius, *Historia Romana*, XXX.)

(2) « Romæ et maxime Appia ad Martis mira alluvies. Crassipedis ambulatio ablata, horti, tabernæque plurimæ; magna vis aquæ usque ad Piscinam publicam. » (Ciceronis, *Epist. ad Quintum fratrem*, III, 7.)

(3) Ronna, *les Égouts de Rome*. (*Bull. Soc. Encouragement*, octobre 1897.)

(4) *Virg. Œneid.*, III, 390, et VIII, 83.

(5) « Les comices pour l'an 23 nommèrent consuls Marcellus Eferminus et Arruntius. Mais comme si la nature eût été complice de la politique d'Auguste, dès qu'ils furent entrés en charge, le Tibre déborda, la peste désola l'Italie et la disette épouvanta la ville... Le peuple s'ameuta contre le Sénat qui permettait à Octave de déserter son poste et d'abandonner la république. Les sénateurs, enfermés dans la curie, furent menacés d'y être brûlés vifs, s'ils ne le nommaient dictateur et censeur à vie. » (Duruy, *Hist. des Romains*, III, 38.)

(6) L'empereur Auguste fit non seulement curer et creuser le lit du fleuve, et prolonger les murs de quai, mais il défendit, dans les constructions urbaines, l'emploi des briques crues qui se délayaient dans l'eau, et causaient des ruines nombreuses dans les inondations. (A. Léger, *loc. cit.*, 343.)

(7) Mommsen ayant fixé en l'an 754 de Rome, l'année de la naissance du Christ, les dates des inondations, pour notre ère, ont été calculées d'après Mommsen.

(8) « Eodem anno continuis imbribus auctus Tiberis per plana urbis stagnaverat; relabentem secuta est ædificiorum et hominum strages. » (Taciti, *Annal.*, I, 76.)

(9) « Otho, primo egressu inundationibus Tiberis retardatus, ad vicesimam etiam lapidem ruina ædificiorum præclusam viam offendit. » (Suetoni, *De vita Cæsarum*, VII, 8).

« Id quod Tiberi accidit pro fædo ostento habuit vulgus. Sed nunquam in tantum excreverat, neque tantam ediderat stragem vel ruinam attulerat effusus et inundans magnam

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

règne de Vespasien, et l'autre de 96 à 98 du règne de Nerva, que cite Eutrope.

L'inondation de l'an 105, décrite par Pline le Jeune (1), sous le règne de Trajan, motiva la dérivation importante du fleuve en aval, ordonnée par l'empereur, pour empêcher les débordements dans la ville.

En l'année 119, sous l'empereur Adrien Ier et le pontificat d'Alexandre Ier ou de Sixte Ier, l'inondation laissa après elle, comme en l'an 69, la famine et plus tard la peste. Dion Cassius, Eusèbe, et Spartien, dans son histoire d'Adrien, signalent les ravages qui furent encore surpassés, en 139, 141 et 151 par les débordements dont Jules Capitolin (*Vie de l'empereur Antonin le Pieux*), et Platina (*Vie du pape saint Pierre Télesfore*) ont donné les détails.

De 160 à 168, sous les empereurs Marc-Aurèle et L. Vérus, une énorme crue causa de sérieux dommages que mentionne également Jules Capitolin. En 223, pendant le règne d'Alexandre Sévère, les dévastations sont telles que l'Empereur ordonne de creuser le lit du fleuve.

Les dernières inondations enregistrées par Alveri (2) ont lieu sous les empereurs Galien (268) et Constantin (315) (3).

Les mentions plus que sommaires des historiens ne permettent pas de juger, même approximativement, à quelles cotes s'élevèrent les grandes crues. Il est toutefois possible, en se basant sur les observations altimétriques récentes des diverses chaussées antiques (4), de concevoir l'étendue des surfaces submer-

partem urbis, maxime in loco frumentario, ut magna fames per multos dies urbem obsederit. (Plutarque.)

« Sed præcipuus et cum præsenti exitio etiam futuri pavor subita inundatione Tiberis, qui immenso auctu, prorupto ponte Sublicio ac strage obstantis molis refusus, non modo adiacentia et plana urbis loca, sed secura ejus modi casuum implevit; rapti e publico plerique, plures in tabernis et cubilibus intercepti. » (Taciti, *Hist.*, I, 86.)

(1) « Hic adsiduæ tempestates et crebra diluvia Tiberis alveum excessit et demissionibus ripis alte superfunditur... Nam pro amne imber adsiduus et dejecti nubibus turbines, prorupta opera quibus pretiosa rura cinguntur, quassata atque etiam decussa monumenta. » (Plinii secundi *Epistol.*, VIII, 17.)

(2) Alveri, *loc. cit.*, I, 129.

(3) Beaucoup d'autres inondations sont citées comme ayant eu lieu pendant les sept siècles écoulés depuis la fondation de Rome, notamment par les anciens auteurs, L. Gomesio (*De prodigiosis Tiberis inundationibus*, 1581); G. Alveri (*Roma in ogni stato*, 1574); J. Castiglione (*Trattato dell' inondazione del Tevere*, 1559); Riccioli (*Cronologia*, III, 3), et G. Moroni (*Dizionario di erudizione*); comme aussi par les écrivains récents, Capogrossi, Cerroti, Canevari, Carcani et Brioschi.

(4) Le pavé de *Via Lata*, près de la place Sciarra, a été retrouvé à une cote inférieure de 10m,23, par rapport au niveau actuel; celui de la chaussée, près de la place San Marco, à 9m,35. Les dalles de la chaussée antique ont été reconnues, près du Panthéon, à la cote de 11m,20; au Portique d'Octavie, à 12m,70; de même qu'à l'ancienne porte Flumentana de l'enceinte de Servius, entre le pont Palatin et le théâtre de Marcellus. Le niveau primitif de l'*Emporium*, sur les bords du fleuve, se trouvait à 8 mètres environ au-dessus du zéro de Ripetta; ainsi de suite des nombreuses constatations rapportées dans les Actes de la Commission de 1871. (R. Canevari, *Atti della Commissione* 1871, 249.)

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

gées, et, d'après cela, d'apprécier les ravages que causaient périodiquement les inondations.

Les ponts. — Outre les causes inhérentes au régime même du Tibre, aux eaux souterraines du bassin dans la ville, et aussi, aux eaux abondantes qui servaient à l'alimentation publique, aux thermes, aux naumachies, au curage des cloaques, etc., les ponts et les travaux qu'exigeait la navigation constituaient un obstacle des plus graves à l'écoulement des crues et rendaient les débordements d'autant plus funestes dans les bas quartiers. Par leur direction souvent contraire au courant, autant que par leur masse, ces ouvrages déterminaient des remous et un gonflement tel des eaux venant de l'amont, qu'elles étaient portées au large jusqu'au pied des monts Capitole, Palatin et Janicule, envahissant le champ de Mars tout entier sur la rive gauche, les champs du Vatican sur la rive droite, et s'infiltrant par les petites vallées jusque bien avant dans les propriétés bâties et les jardins privés.

« Les ponts antiques, comme le fait remarquer de Tournon, sont plus solides qu'élégants, tous construits en plein cintre, avec de très gros matériaux, fort étroits et soutenus par des piles démesurément épaisses pour l'ouverture des arches. Malgré ce mode de construction massive, beaucoup d'entre eux ont été entraînés par les eaux, probablement par suite des vices de fondation, ou à cause de leur disposition défectueuse par rapport aux courants, ainsi qu'on le remarque aux ponts Triomphal et Sublicius qui forment un angle aigu avec le courant du Tibre... (1).

« Le peu d'ouverture des arches, l'épaisseur excessive des piles, l'empâtement des assises inférieures, prouvent que les Romains n'avaient pas perfectionné la construction des ponts autant que d'autres parties de l'art de bâtir. Mais ces monuments excitent notre admiration par le bel appareil des matériaux et par une solidité qu'attestent, pour plusieurs d'entre eux, vingt siècles de résistance aux efforts du temps, des eaux, et souvent à ceux des hommes (2). »

Les ponts, sous la période impériale, furent au nombre de sept (3), c'est-à-dire, en suivant le cours du fleuve, de l'amont à l'aval, les ponts Milvius, Ælius, Triumphalis, Janiculensis, Cestius et Fabricius de l'île Tibérine, Æmilius et Sublicius.

Comme date de fondation, ils se classent dans l'ordre suivant : Sublicius, Æmilius, Milvius, Fabricius et Cestius, Triumphalis, Janiculensis et Ælius.

Pont Sublicius. — Le premier pont qui fut construit sur le Tibre, sous le règne d'Ancus Martius, était en charpente, fondé sur pilotis, d'où lui vint son nom. Il joignait le *Forum Boarium*, et plus tard le cirque Maxime, aux quartiers *Trans Tiberim*.

(1) De Tournon, *loc. cit.*, II, 186.
(2) De Tournon, *loc. cit.*, II, 191.
(3) Dans la *Notitia dignitatum utriusque imperii*, le nombre des ponts indiqués est de huit.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Célèbre par la défense légendaire de Coclès contre Porsenna, le pont Sublicius fut rétabli, après la guerre, en bois assemblé par de simples chevilles en fer, afin de pouvoir être démonté plus facilement et d'éviter le danger d'une attaque à l'improviste. Dès lors, il ne fut plus possible de le réparer sans l'autorisation des pontifes, à la garde desquels son entretien fut confié (1).

Plus tard, une crue du Tibre l'ayant emporté, le pont Sublicius fut reconstruit en pierre par M. Æmilius Lepidus, dernier censeur sous Auguste. Antonin le Pieux le restaura ensuite, après les dommages causés par d'autres inondations, mais il fut définitivement entraîné, l'an 780 de notre ère, sous Adrien Ier, par le courant du fleuve et complètement détruit.

Selon Publius Victor, le pont en pierre d'Æmilius Lepidus était formé de trois grandes arches et trois petites. Une médaille d'Antonin le Pieux, qui aurait réédifié l'ouvrage en marbre, porte le pont comme brisé.

C'est au pont Sublicius que se partageait la navigation du Tibre; celle d'aval comprenait les bâtiments de long cours ou de cabotage, *infernates*, et celle d'amont, employant les barques et bateaux de remonte, *supernates* (2).

Pont Æmilius. — Commencé par L. Lepidus et Marcus Fulvius Nobilior, en l'an 573 de la fondation de Rome, achevé par P. Cornelius Scipio Africanus et L. Mummius Achaicus, tous deux censeurs, en l'an 611, ce pont est le premier qui ait été construit en maçonnerie. Ses piles, en *opus revinctum*, étaient placées obliquement par rapport au courant du Tibre; ce qui devait contribuer à son écroulement ultérieur. Il est représenté sur les médailles de la famille Émilienne, mais il reçut aussi le nom de *Pons Palatinus*, à cause du voisinage du mont Palatin auquel il donnait accès par le *Velabrum*, comme prolongement de la *Via Aurelia*, sur la rive droite. Auguste le fit réparer.

C'est de ce pont que l'empereur Héliogabale fut précipité dans le fleuve, quand les émeutiers, soulevés contre lui par son despotisme et ses appétits de luxe extravagant, se furent emparés de sa personne.

Suivant Baptiste Albert, l'ouvrage offrait la singularité d'un toit soutenu par 42 colonnes de marbre et recouvert de tuiles d'airain (3).

Pont Milvius. — En amont et hors de l'enceinte de Rome, le pont Milvius fut construit en bois, à une époque très reculée, puis rebâti en maçonnerie par le censeur Æmilius Scaurus, du temps de Sylla, vers l'an 110 av. J.-C. Il était formé de sept arches dont quatre grandes et trois petites, d'une longueur totale de 136 mètres entre les culées. Son ouverture de 94m,24 était plus que suf-

(1) *Pontifices*, de *pontes facere*, grands prêtres chargés du service religieux, tant sur l'une que sur l'autre rive du Tibre.

(2) Lanciani, *Sulle vicende edilizie di Roma.* (Monografia della città di Roma, 1878, I, 25.)

(3) De Tournon, *loc. cit.*, II, 189.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

fisante pour mettre les fondations et les piles à l'abri de tous accidents des crues (1).

C'est sur le pont Milvius que les députés des Allobroges, impliqués dans la conjuration de Catilina, furent arrêtés par ordre de Cicéron, dans une embuscade (2). Non loin du pont, le 27 octobre 312 de notre ère, eut lieu la célèbre bataille du Tibre, où Maxence, battu par Constantin, se noya, en voulant traverser le fleuve (3).

Au pont Milvius aboutissaient les grandes voies de l'Italie supérieure, Cassia et Flaminia; plus tard, grâce à la construction du pont Ælius, le trafic important du Nord put en être partiellement détourné. C'est du pont Milvius que parle Tite-Live en racontant la seconde guerre punique.

Ponts Fabricius et Cestius. — L'île Tibérine fut reliée à la rive gauche, dès l'année 733 de la fondation de Rome, par Reius Fabricius, *curator viarum*, inspecteur des chemins, suivant les anciennes inscriptions qui figurent sous les arcades du pont appelé de son nom, et aussi, suivant l'histoire de Dion Cassius.

Il comprend deux arches, l'une de $24^{m},25$, l'autre de $24^{m},50$, offrant $48^{m},75$ d'ouverture pour ce bras du Tibre. Elles sont portées par deux culées et une pile médiane de 10 mètres d'épaisseur aux naissances, qui s'élargit par assises saillantes. La longueur totale est de 76 mètres. Les culées sont élégies par des arceaux de 4 mètres d'ouverture, avec voûtes à deux rouleaux. Dans les tympans, un arceau de 5 mètres de largeur est ouvert au-dessous du couronnement des piles et décoré de pilastres toscans. Les voûtes ont $1^{m},80$ d'épaisseur et sont extradossées parallèlement. Les murs de tête sont surmontés de plinthes et de corniches supportant un bahut à panneaux mouluré.

Les clés portent les inscriptions suivantes (4) : l'une

L. Fabricius. C. F. CVR. Viar.
Faciundum coeravit.

et l'autre :

Idemque probavit.
Q. Lepidus M. F. M. Lollius M. F. Cos. Ex. S. C. probaverunt.

La largeur est de 6 mètres entre les têtes. Comme la chaussée est sensiblement horizontale d'une clé à l'autre, la ligne des corniches et des parapets se trouve

(1) A. Léger, *loc, cit.*, 304. D'après Knight, la plus grande arche avait $23^{m},54$ de largeur et la hauteur de l'ouvrage était de $11^{m},83$ (*American Diction.*, III, 2393).

(2) Sallust., *Bello Catilin.*, XLV.

(3) La victoire de Constantin protégé par la croix et suivi des drapeaux impériaux, en vue du pont Milvius et du fleuve où Maxence, le païen, fut englouti, a été consacrée par une des plus magnifiques peintures murales des Chambres de Raphaël, au Vatican, due au pinceau de Jules Romain.

(4) Murray, *Handbook of Rome;* la date indiquée est A. V. C. 733.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

plus élégamment brisée que par le dos d'âne des ouvrages de construction postérieure (1).

La figure 13 reproduit l'élévation de cet ouvrage qui s'est appelé également *Pons Tarpeius*. Après le pont Ælius, c'est celui qui a le mieux conservé le type d'architecture romaine.

Horace mentionne le pont Fabricius comme celui d'où Damasippe allait se jeter dans le Tibre, avant d'avoir entendu les exhortations de Stertinius (2).

Le pont Fabricius se prolonge jusqu'au Transtévère par le pont Cestius dont le fondateur est ignoré. On l'attribue à Lucius Cestius, qui gouvernait Rome pendant l'absence d'Auguste en Espagne, en l'an 708. Deux longues inscriptions portent qu'il fut restauré, en 367, par les empereurs Valentinien, Valens et Gratien, d'où le nom donné quelquefois de *Pons Gratianus*.

Il était formé de trois arches, une centrale de 23m,65 d'ouverture et une plus

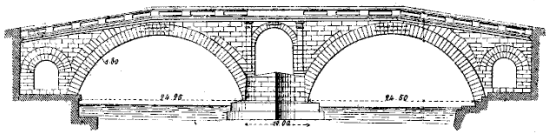


Fig. 13. — Pont Fabricius; île Tibérine.

petite de chaque côté, mesurant 5m,80. Une seule pile médiane était recouverte de travertin. L'ouverture de 35m,25 pour le bras droit de Tibre, ajoutée à celle de 48m,75 du pont Fabricius, assurait une largeur totale de 84 mètres (3), qui permit aux deux ouvrages, moins attaqués par les crues, de se conserver jusque de nos jours (4).

Outre les inscriptions que l'on aperçoit au milieu de l'un des parapets, le témoignage de Symmaque, préfet de la ville, atteste la date de la construction, de même que le nom de Gratien qui lui fut donné. On lit en effet : « *Pontem fe-*

(1) A. Léger, *loc. cit.*, 306.

(2) « ...Unde ego mira
Descripsi docilis præcepta hæc, tempore quo me
Solatus jussit sapientem pascere barbam
Atque a Fabricio non tristem ponte reverti. »
(Hor., *Sat.* II, 3.)

Dans son commentaire de ce passage, Jean Bond écrit : « Pons Fabricius, postea dictus Lapideus, sinistrum brachium Tiberis jungit cum campo Martio. Ex hoc ponte Damasippus se præcipitatum ivit, damni dolore commotus. » (*Q. Hor. Flacci opera cum novo commentario*, etc. Didot, 1855, 189.)

(3) De Tournon n'évalue le débouché des deux ponts réunis qu'à 68m,43.

(4) A. Léger, *loc. cit.*, 307.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

licis nominis Gratiani. » Il y avait eu pourtant en ce même endroit, suivant Nibby, un pont nommé Cestius.

Pont Triumphalis. — Le plus long des ponts de Rome ancienne, attribué à Néron, sans que rien démontre l'exactitude de cette origine, le pont Triomphal, conduisait du champ de Mars à la *Via Triumphalis*, qui passait sur le mont Mario et au cirque de Néron bâti au pied du mont Vatican.

D'après un passage de Prudentius, il semble qu'il était encore debout et entier au commencement du v^e^ siècle. Depuis Victor qui en fait mention sous le nom de *Pons Vaticanus*, il n'en est plus question dans les auteurs anciens (1).

Il ne resta de cet ouvrage, pendant des siècles, que des débris de voûtes et de piliers encombrant le lit du fleuve; ils interrompaient la navigation, créant une chute considérable. Les eaux avaient fini par s'y frayer un passage et un supplément de débouché, dans un coude près de l'hôpital du Saint-Esprit, jusqu'au moment où furent achevés les dragages destinés à régulariser le chenal.

Pont Janiculensis. — Nibby affirme que l'auteur de cet ouvrage qui joignait le théâtre et les portiques de Pompée à la *Via Aurelia* est resté ignoré (2). Les uns l'ont attribué à Marc-Aurèle, qui avait prodigué le marbre dans sa construction : les autres, à Probus, gendre de Septime Sévère, sous le règne de Caracalla et Geta. Quoi qu'il en soit, il fut renversé peu de temps après sa construction par une grande crue.

Appelé *Janiculensis*, sous les empereurs, en raison de sa proximité du mont Janicule, suivant ce que rapporte Victor, il est désigné dans les Actes des martyrs sous le nom de *Pons Antoninus*, à cause sans doute de quelques réparations faites par un des Antonins, sans qu'il s'ensuive que ce fut Antonin le Pieux, comme quelques auteurs l'ont prétendu.

Les ruines du pont Janicule mises à jour par les déblais du chenal, récemment exécutés, consistaient dans les fondations des deux culées, correspondant aux anciennes murailles des berges, à la Farnesina, et des deux piles. Il résulte des fouilles récemment opérées qu'il se composait de trois arches de diverses dimensions; celle de gauche présentait une ouverture de 23^{m},50, celle au centre, de 11^{m},50, et la dernière à droite, de 9^{m},30, soit un débouché total de 44^{m},30. La dimension des piles à la base était de 7 mètres, et l'ouvrage mesurait 43^{m},80 entre les deux culées. Ainsi, du temps des Romains, entre les ponts actuels Saint-Jean des Florentins et Sisto, le fleuve se trouvait déjà très resserré (3).

Pont Ælius. — Construit vers l'an 136 de notre ère par l'empereur Publius

(1) Les écrivains l'ont appelé tardivement Pont Triomphal, dit Nibby, d'après la fausse opinion que ceux qui aspiraient au triomphe devaient toujours faire camper leurs troupes dans la plaine du Vatican et passer par ce pont sur la rive gauche (*loc. cit.*, 328).

(2) Nibby, *loc. cit.*, 309.

(3) *Relazione della Commissione di Vigilanza. Camera dei Deputati*, n° 9, 12 novembre 1888

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ælius Trajan Adrien, pour donner accès du champ de Mars au Mausolée qui porte son nom (1) et aux jardins qu'il avait dotés d'un cirque, et aussi pour dériver une partie du trafic du pont Milvius par la voie Aurelia, cet ouvrage passe pour un des plus remarquables de l'architecture romaine.

Malgré cela, les descriptions qui en ont été faites jusqu'ici par les architectes, d'après Piranesi (2), ont été reconnues plus ou moins fantaisistes et erronées, depuis les travaux de remaniement qu'a nécessités l'endiguement du fleuve.

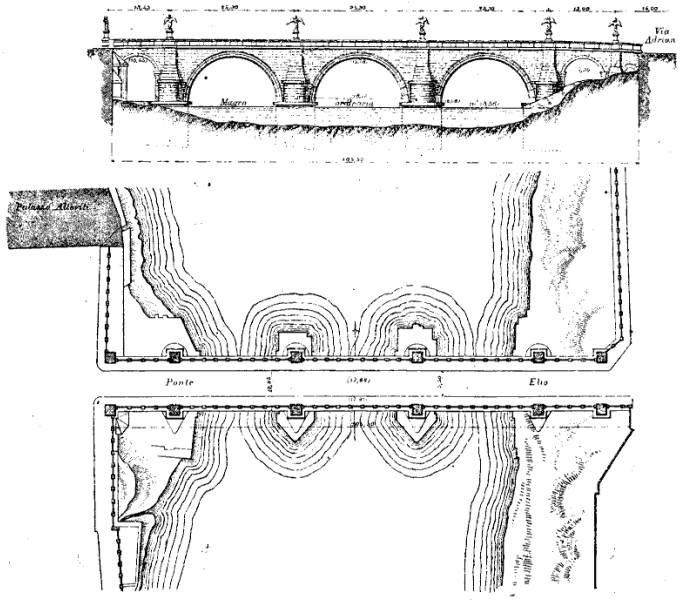


Fig. 14. — Pont Ælius. Élévation et plan; état primitif avant agrandissement.

Des médailles du temps d'Adrien, conservées aux musées du Louvre et de Vienne, représentant le pont avec trois grandes arches d'égales dimensions au centre, et deux plus petites de chaque côté, et une inscription où la dédicace à l'empereur indique qu'il fut érigé en l'an 3 de son règne, ont accrédité l'opinion qu'à l'origine il était composé de cinq arches avec des contreforts qui servaient à soutenir des statues, et de deux arches du côté des rives, enterrées dans les remblais des quais.

« On distingue, en effet, dit Nibby, les cinq arches antiques principales par une corniche qui décore le front de l'archivolte, puisque la sixième arche du

(1) Ce mausolée, le môle d'Adrien, aujourd'hui le château Saint-Ange, était destiné comme lieu de sépulture aux empereurs de la race d'Adrien et à leur famille, les Antonins.

(2) G. B. Piranesi, *le Antichità romane*. Roma, 1756.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

côté du môle a été ouverte postérieurement. Ainsi, sauf la dernière arche, ce pont est tout à fait antique (1). »

Les dernières recherches ont démontré que, contrairement à cette assertion répétée par tous les écrivains, le pont Ælius était originairement formé de huit arches en plein cintre, trois au centre de mêmes dimensions, trois de dimensions décroissantes vers la rive gauche et deux de dimensions également décroissantes vers la rive droite sur laquelle s'élève le mausolée. L'ouvrage n'offrait donc pas un ensemble symétrique, ni régulier, au point de vue architectonique. La figure 14 indique en élévation et en plan l'état du pont Ælius avant son récent agrandissement.

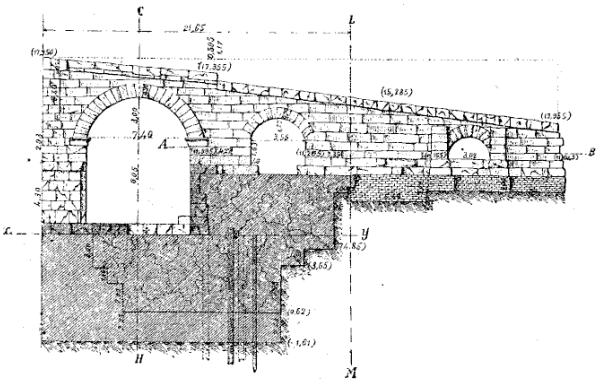


Fig. 15. — Pont Ælius romain : Rampe gauche; élévation et coupe longitudinale.

La largeur du pont entre les têtes est de 10m,25; sa longueur totale de 105m,50; sa hauteur, par rapport à la base des fondations, a été évaluée à 20 et 22 mètres, et par rapport à l'étiage du fleuve, à 15 mètres.

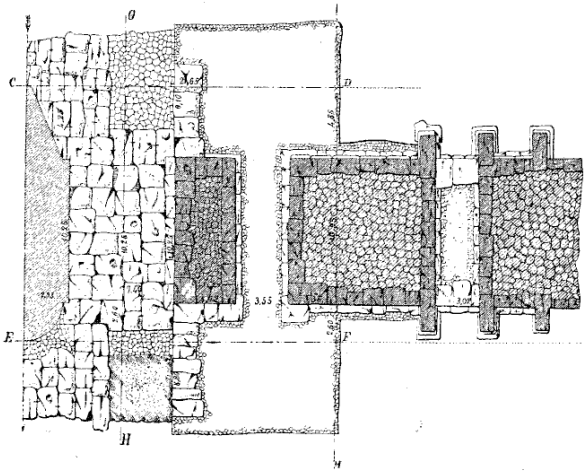


Fig. 16. — Pont Ælius : Rampe gauche; plan suivant AB, fig. 15.

Les quatre piles soutenant les trois arches centrales, de 18 mètres d'ouverture, éloignées de 25 mètres d'axe en axe, ont 6m,56 de largeur et une longueur variable, de 20 à 23 mètres. Exécutées en travertin, elles présentent des assises de 0m,80 de hauteur, crochetées en *opus revinctum*, et se terminent par deux contreforts de 5 mètres de largeur, soutenant et garnissant les tympans. A la partie inférieure, au niveau d'étiage, elles forment, du côté

(1) Nibby, *loc. cit.*, 329.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

amont, un avant-bec triangulaire et du côté aval, un massif carré. Sur les contreforts extérieurs s'élèvent les pilastres portant les statues.

L'axe de la pile de la première petite arche à droite, de 7m,30 d'ouverture, est distant de 13 mètres de la pile principale voisine.

La voûte, de 1m,65 d'épaisseur est fortement cramponnée dans les joints de toutes les arches, extradossée parallèlement, avec une archivolte moulurée (1).

C'est en déblayant les terrains pour établir la rampe d'accès du pont à agrandir que furent mises à jour, sur la rive gauche, deux petites arches en parfait état de conservation.

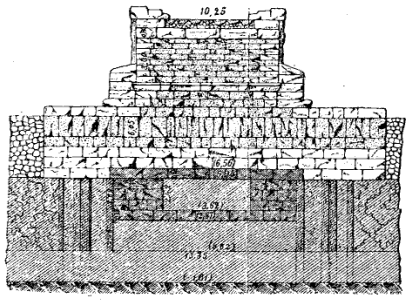


Fig. 17. — Pont Ælius. Rampe gauche; coupe transversale suivant GH, fig. 15 et 16.

Ces deux arches, sous la rampe, servaient à l'écoulement des grosses eaux. L'une mesurait 3m,02 de largeur et 1m,25 de flèche; l'autre, 3m,02 de largeur et 1m,40 de flèche. Leurs fondations reposaient sur un radier de béton, et la maçonnerie était la même, du côté amont que du côté aval.

La rampe romaine, mesurant 26m,40 de longueur et 10m,25 de largeur, était construite entièrement en grands blocs rectangulaires de travertin et couronnée par un parapet, également en travertin, de 0m,74 de hauteur, avec rebords de 0m,30 (fig. 15).

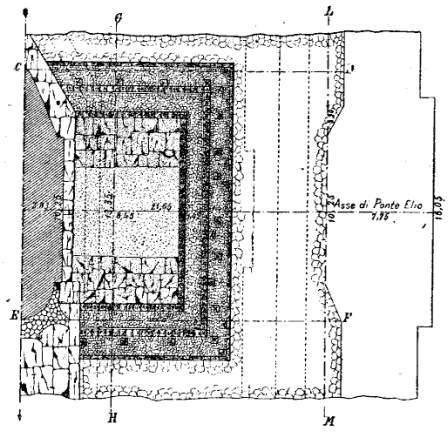


Fig. 18. — Pont Ælius: Rampe gauche; plan suivant *x y*, fig. 15.

Elle était garnie, sur ses faces, de trois contreforts avec pilastres en travertin, dont deux aux côtés de la première arche, et le troisième, près de la berge. Pour une pente de 15 p. 100 la chaussée avait 4m,75 de largeur. Deux marchepieds, en grands blocs de travertin reliés par des pattes en fer, soudées au plomb, mesuraient ensemble 6m,20. La chaussée carrossable était établie en polygones de lave basaltique (2). Les figures 16 à 18 indiquent les détails de la rampe gauche.

Sur la rive droite où le pont se terminait après la petite arche, la rampe

(1) A. Léger, *loc. cit.*, 304.

(2) Aussi bien la rampe que les parapets furent supprimés pendant le pontificat de Nicolas V.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

décrivait une courbe afin de rejoindre la voie parallèle au fleuve. La tête même du pont, à l'extrémité des marche-pieds de cette rampe, était formée par deux petits pilastres rectangulaires de 1m,32 de hauteur, y compris le socle et la corniche (fig. 19). A ces pilastres, qui supportaient probablement des statues, se raccordait de chaque côté un parapet en travertin.

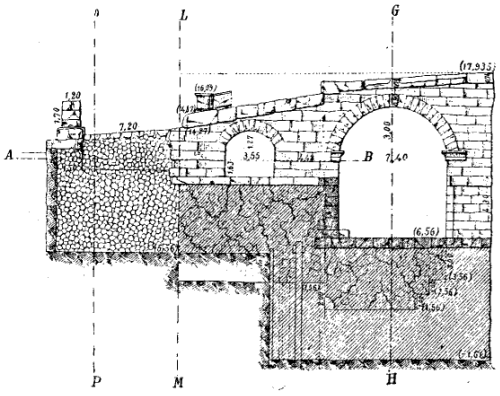


Fig. 19. — Pont Ælius romain: Rampe droite, élévation et coupe longitudinale.

La tête du pont était flanquée d'un mur de quai en talus, pourvu d'une banquette au niveau d'étiage et revêtu de maçonnerie en *opus reticulatum*. A ce mur de quai se rattachait une série de murs parallèles, distants entre eux de 3 mètres, sur lesquels posaient des voûtes (fig. 20 et 21), dirigées vers le soubassement du mausolée, sans doute dans le but de soutenir la poussée, et de solidariser l'ensemble avec le pont.

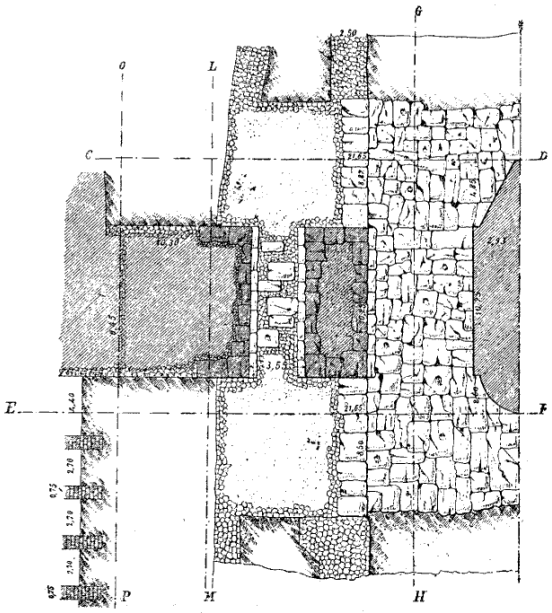


Fig. 20. — Pont Ælius: Rampe droite; plan suivant AB, fig. 19.

La rampe de cette rive se poursuivait par une voie conduisant au mausolée, et reposait sur un noyau de maçonnerie en tuf, de la largeur du pont, avec pavage en polygones basaltiques (fig. 22).

A une distance de 7 mètres de la tête du pont, sur la voie du Mausolée, furent retrouvés les seuils de la porte d'entrée du monument, dont les griffes extérieures étaient en bronze, ornées de paons. Sur ces seuils, quatre pilastres de travertin servaient à ménager un passage principal, au centre, et deux passages latéraux (1).

(1) Borsari, *Atti della R. Accad. dei Lincei*, 1892.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

D'autres travaux intéressants, en vue de reconnaître la solidité des fondations de l'ancien pont Ælius, ont permis de se rendre compte du mode de construction des Romains pour l'établissement des culées.

Les caissons retrouvés de forme rectangulaire sont à trois rangées de boi-

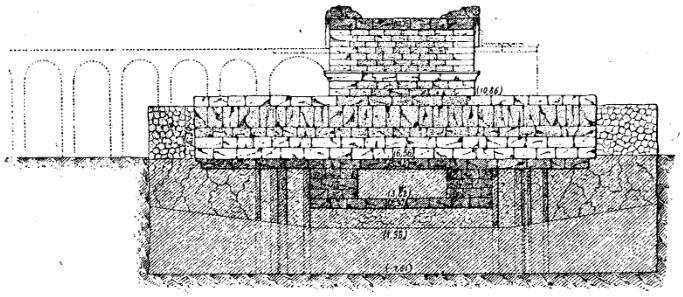


Fig. 21. — Pont Ælius : Rampe droite. Coupe transversale suivant G H (fig. 20).

sage, dont deux à l'intérieur, en bois de chêne sur la rive gauche, et en bois de mélèze sur la rive droite, soigneusement équarris (0,40 × 0,40), sont reliés par des languettes de plomb. La troisième rangée, extérieure, est en poutres de sapin (0,25 × 0,40), exactement rejointes et reliées par des croisillons de même bois.

Une fouille pratiquée jusqu'à 5 mètres de profondeur au-dessous de l'étiage, dans ces caissons, a fait retrouver le mur de fondation construit en blocs de travertin et de pépérin, sur lit de béton et sable. Entre les cadres, le béton a été trouvé jusqu'à 4 mètres de profondeur, et au-dessous, une sorte de mortier provenant du limon du fleuve avec de la chaux hydraulique.

Il s'agissait, en outre, de reconnaître la maçonnerie des culées et des piles, au point de vue de la résistance, en même temps que la cote exacte de la profondeur par rapport au zéro de l'hydromètre de Ripetta, et la présence, de même que la profondeur du radier, s'il en existait un, comme on le prétendait, sous les grandes arches.

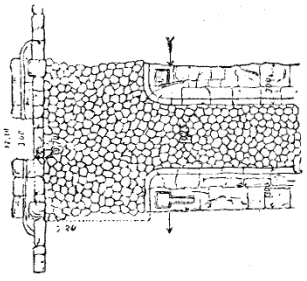


Fig. 22. — Pont Ælius : Rampe droite; plan de la chaussée.

Trois sondages furent exécutés dans ce but : le premier à travers la culée de gauche, correspondant à la petite arche extrême; le second sur le bec en amont de la première pile de droite; et le troisième sur le lit du fleuve, dans l'axe de la première grande arche de droite.

Par le premier de ces sondages, on constata que la maçonnerie était formée

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de couches en blocs de travertin et de tuf, avec fragments de basalte cimentés, et atteignait la profondeur de 5m,65 sous le seuil des arches, situé à 1 mètre au-dessus de l'étiage (fig. 23).

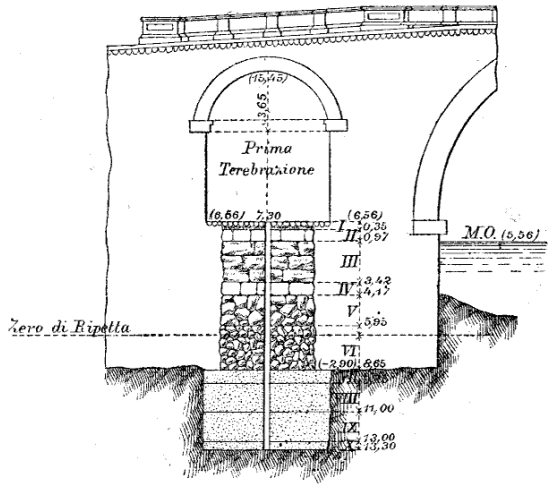


Fig. 23. — Pont Ælius romain : Culée de gauche; coupe du sondage dans les anciennes fondations.

I, Carrés de lave cimentés avec chaux et pouzzolane, II, blocs de travertin; III, blocs de pépérin par couches; IV, blocs de travertin; V, béton avec lave en gros fragments; VI, béton avec lave en petits fragments; VII, sable terreux avec chaux; VIII, sable terreux avec mica blanc; IX et X, sables argileux blanchâtres.

Le deuxième sondage a révélé la formation de la maçonnerie des piles, suivant des assises régulières en blocs de travertin et de tuf, avec conglomérat de basalte, jusqu'à la profondeur de 10m,44 sous l'étiage, c'est-à-dire, de 4m,88 au-dessous du zéro de Ripetta (fig. 24).

Enfin, le troisième sondage, poussé jusqu'à 9m,54 au-dessous du zéro de Ripetta, soit à 15m,10 de profondeur au-dessous de l'étiage, qui est à la cote de + 5m,50 en cet endroit, n'a pas permis de constater la présence d'aucun radier. Ainsi, le pont n'avait pas de radier, et le fond sableux du fleuve, sous les arches, a subi les variations naturelles du courant jusqu'à nos jours (1).

Autres ponts. — Il reste à mentionner d'autres ponts romains, hors de Rome, dont la situation en amont pouvait influer sur la marche des crues : le pont *Flaminius*, sur le Tibre, servant au passage

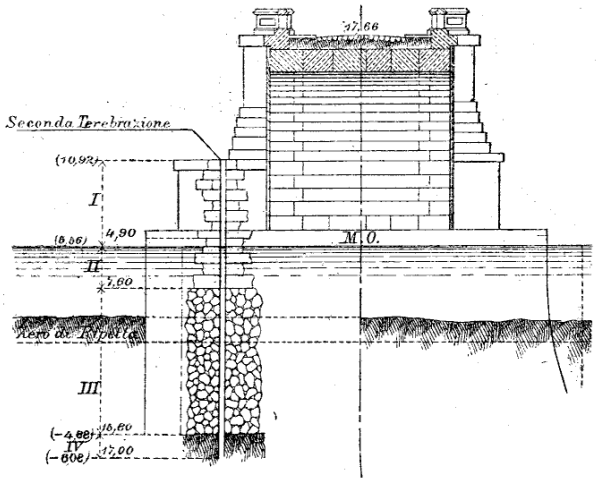


Fig. 24. — Pont Ælius romain : Première pile de droite; coupe du sondage dans les anciennes fondations.

I, blocs de travertin; II, blocs de pépérin; III, conglomérat de lave cimentée; IV, sables.

(1) A. Polidori, *I lavori di sistemazione del Ponte Elio in Roma*, 1897.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de la voie Flaminia, au-dessus d'Orte, et le pont *Salaro*, sur l'Anio, servant au passage de la voie Salaria, à 3 milles de Rome.

Pont Flaminius. — On n'aperçoit que quelques vestiges de cet ouvrage qui fut réparé successivement par César, Trajan et Septime Sévère.

Pour élever la voie *Flaminia* au-dessus du niveau des crues, on avait fait porter les neuf arches de 10 mètres d'ouverture par des piles de 27 mètres de hauteur (1).

Pont Salarius. — Reconstruit par Narsès après la deuxième défaite de Totila, au VI^e^ siècle, ce pont comprenait une arche centrale de 26^m^,76 d'ouverture, dont les naissances surmontaient deux banquettes saillantes de 2 mètres, qui rétrécissaient le lit mineur à 22^m^,76. Les culées, dans le lit majeur, étaient percées chacune de deux arches latérales de 4^m^,12 d'ouverture. La largeur

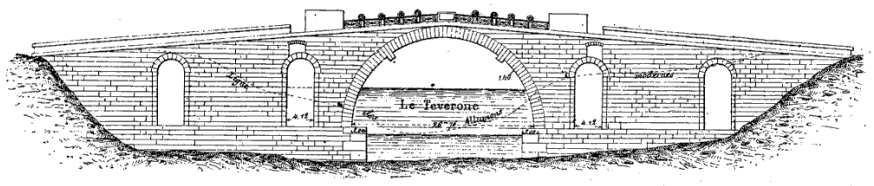


Fig. 25. — Pont Salarius sur l'Anio (*Teverone*). Elévation.

entre les têtes était de 8^m^,50. La chaussée remontait par des rampes de 0^m^,09 pour atteindre 15^m^,40 au sommet, au-dessus des naissances. La voûte centrale de 1^m^,40 d'épaisseur, extradossée parallèlement, offrait un exemple de voussoirs saillants. Les tympans étaient couronnés par une plinthe qui supportait un parapet formé de dés avec panneaux sculptés (fig. 25).

En donnant cette description de l'ouvrage, l'ingénieur Léger ajoute qu'il semble marquer un commencement de décadence dans l'art antique. « L'appareil des têtes est moins soigné, les pieds-droits des arceaux sont protégés par un revêtement en plus grand appareil, mais mal raccordés avec les murs

(1) La voie Flaminienne, qui reliait Rome à la vallée du Pô, en traversant les plaines de l'Ombrie, puis les Apennins, par les vallées du Topino et du Chiascio, avait été construite en 220 av. J.-C. par le censeur C. Flaminius, pour garantir la possession de la plaine du Pô, enlevée aux Gaulois. C'était une des plus importantes et des plus fréquentées de l'Italie centrale; elle traversait la Nera immédiatement en aval de Narni, par un beau pont à trois grandes arches, dit *Pont d'Auguste*, dont l'arche de la rive gauche, haute de 19 mètres, est la seule qui subsiste; il n'existe plus que les piles des autres arches. Les charmes du lieu, retenant Quintus Ovidius loin de Nomentum où Martial avait sa villa, le poète s'en plaignait en ces vers :

« Sed jam parce mihi, nec abutere, Narnia, Quincto;
Perpetuo liceat sic tibi ponte frui. »
(Mart., *Epigr.*, VII, 99.)

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de tête; les chaînes d'angle présentent moins d'épaisseur que la voûte... (1) »

Sur le premier pont Salarius, Manlius acquit le nom de *Torquatus* pour avoir accepté le défi d'un géant gaulois dont il s'appropria le *torques*, ou collier. C'est également à droite de l'ancien pont que Tullus Hostilius mit en déroute les Véiens et les Fidénates, et que fut mis à mort Metius Fuffetius; ce qui amena la destruction d'Albe-la-Longue. Le nom de Salarius ne fut donné au pont qu'après qu'Honorius eut substitué la porte Salaria à l'ancienne porte Collina de l'enceinte de Servius.

Quelques ponts seraient encore à citer aux environs de Rome, comme remontant à l'époque romaine; mais, pour la plupart, ils ont été restaurés ou défigurés, de façon à empêcher toute reconstitution de l'état ancien.

Sur la voie Prénestine, passé les ruines de Tor-Tre-Teste, à 13 kilomètres environ de Porte Majeure, le pont *di Nono*, sur l'Osa, le mieux conservé, offre sept arches en pierre de Gabies, qui ont de 18 à 24 pieds de hauteur.

Pour franchir l'Anio, à 4 kilomètres de Rome, la voie Nomentana traversait le pont *Nomentanus*, souvent reconstruit, et à la quatrième pierre milliaire, la voie Tiburtine passait la même rivière sur le pont Mammolo, en remplacement du *Pons Mammæus* dont le nom vient de Mammée, mère d'Alexandre Sévère. Le pont *Lucanus*, bâti par Plautius Lucanus, plus en amont, n'a été conservé que pour les piles.

Le pont de l'*Isola*, avec une seule arche de 22 pieds de diamètre, qui conduit à Véies, la puissante ennemie de Rome, détruite après plusieurs siècles de lutte par Camille, en l'an 396 av. J.-C., serait également d'origine romaine, sinon étrusque.

Les projets pour remédier aux inondations. — Jusqu'à Jules César, aucun projet ne paraît avoir été mis à l'étude dans le but de s'opposer aux inondations du fleuve.

« Une idée, la plus brillante de toutes, qu'eut César, écrit Mommsen,

(1) A. Léger, *loc. cit.*, 311. Il est difficile de ne pas faire toutes réserves sur cette appréciation, comme sur la description même du pont, qui, suivant d'autres auteurs, fut construit vers l'an 600 avant Jésus-Christ, par Tarquin l'Ancien, et formé de trois arches en pierre. Knight, *American Dictionary*, I, 379.

Les recherches pratiquées dans ces dernières années, sur les ponts de l'ancienne Rome, ne permettent guère d'accepter les conclusions présentées jusqu'ici par les ingénieurs, quant à la faiblesse d'exécution des Romains pour les travaux en rivière, au débouché insuffisant des arches, au rapport des piles et de l'épaisseur des voûtes aux ouvertures, du vide au plein et du vide à la surface totale, aux charges par centimètre carré, etc. Tous les calculs appliqués à des travaux imparfaitement reconnus et décrits n'empêchent pas que certains ouvrages, lorsque leur position relativement à la direction des courants avait été sagement établie, aient résisté à l'épreuve d'une vingtaine de siècles, malgré la violence des crues, et les remaniements dont ils ont été l'objet. D'ailleurs, comme le fait remarquer Wey, « c'est la ville de Rome qui a fourni le modèle de tous les ponts en pierre que l'on a construits dans l'ancien monde ». (*Rome, loc. cit.*, 231.)

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

consista à modifier le cours inférieur du Tibre, à partir du pont Milvius, en amont de Rome, et au lieu qu'il coule entre le champ Vatican et le champ de Mars pour se rendre à la mer près d'Ostie, de le détourner par le champ Vatican et le Janicule, à travers les marais Pontins jusqu'à Terracine. Grâce à ce projet gigantesque, trois buts eussent été atteints à la fois : 1° augmenter les surfaces très limitées pour bâtir, en substituant au champ de Mars le champ Vatican, qui serait devenu la rive gauche du fleuve, et en affectant le champ de Mars à la construction d'édifices publics et privés; 2° dessécher les marais Pontins et, en général, la côte latine; 3° doter la capitale d'un port sûr, dont le besoin se faisait gravement sentir (1). Il semblait que l'Empereur voulût éloigner les montagnes et les fleuves, et essayer la lutte avec la nature elle-même (2). »

Ce projet n'eut pas de suite. Quelques années plus tard, Auguste en était réduit à consulter plus de sept cents experts, avant de décréter le déblai du chenal (3) et la consolidation du radier (4).

Dérivation du Clanis. — L'inondation qui eut lieu vingt ans après l'achèvement de ce travail amena Tibère à considérer d'autres remèdes, entre autres celui que proposèrent les sénateurs Ateius et Arruntius, de dériver la Chiana (*Clanis*) que le préjugé populaire rendait responsable des débordements, et de le rejeter dans l'Arno. Mais les Florentins, justement alarmés par les mêmes motifs, intervinrent en suppliant le Sénat de conjurer les dangers pour eux de cette dérivation (5). Finalement, après un mûr examen de la question, le Sénat décida, suivant la motion de Pison, qu'il ne serait rien changé à l'état des lieux (6). Tacite ajoute, après avoir donné son approbation au maintien du *statu quo*, que la nature a sagement pourvu aux intérêts des mortels, en donnant aux fleuves leurs sources et leurs cours, leur origine et leur fin (7). Strabon parle de la décision du Sénat dans les mêmes termes que Tacite (8).

(1) « Tiberim ex Urbe statim profunda excipiens fossa ad Circeum usque defluens Terracenæ immitteret mari, qua ex re tutelam pariter, et commoditate negociatoribus excogitaret. » (Plut., *In Cæsare.*)

(2) T. Mommsen, *Hist. romaine*, trad. par de Guerle, VII, 209.

(3) « Ad coercendas inundationes, alveum Tiberis laxavit ac repurgavit, completum olim ruderibus et ædificiorum prolationibus coartatum ». (Sueton., *loc. cit.*)

(4) « Auguste ne se borna pas à curer le lit, il fit paver le radier en métal. » (H. Lunghi, *Del Tevere*, 1607, p. 54.)

(5) « Actum deinde in Senatu ab Arruntio et Ateio, an ob moderandis Tiberis exundationes flumina verterentur et lacus... orantibus Florentinis, ne Clanis, solito alveo demotus in omnem Arnum transferretur, idque ipsis perniciem afferret. » (Tacit., *Ann.*, I, 79.)

(6) « Seu preces coloniarum, seu difficultas operum, sive superstitio valuit, ut in sententiam Pisonis concederetur, qui nil mutandum censuerat. » (Tacit., *loc. cit.*)

(7) « Optime rebus mortalium consuluisse naturam, qua sua ora fluminibus, suos cursus, utque originem, ita fines dederit. (Tacit., *loc. cit.*)

(8) Strabo., *Geogr.*, V.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Dérivation du Velinus. — Le *Nar* (Nera), aux eaux blondes et laiteuses (1), ne causa pas moins d'appréhensions aux Romains que le Clanis, par suite des débordements de l'émissaire du lac Velinus, son affluent, dont la source était proche de Falacrinum, lieu de naissance de Vespasien. Les eaux calcaires du Velinus exhaussant son lit d'une manière continue, entretenaient la contrée à l'état de submersion en amont.

Quand il s'agit de creuser un canal souterrain, suivant ce qu'avait ordonné le censeur M. Curius Dentatus, vainqueur des Sabins, des Samnites et des Lucaniens, pour détourner dans le *Nar* les eaux de trop-plein du lac Velinus et rendre à la culture les terres du pays de Rieti, les habitants d'Interamna (aujourd'hui Terni), de crainte de voir augmenter les inondations dans la vallée inférieure, protestèrent avec la plus grande énergie (2). Un procès s'ensuivit entre les Réatins et les Interamnates (an 698 de Rome). Devant le préteur, Cicéron plaida pour le maintien du canal (3), Hortensius contre, et finalement, il fut décidé que la vallée en aval supporterait le passage des eaux de l'amont (4).

Les eaux du lac Velinus eussent-elles été conduites par un canal directement à la mer, que, suivant Tacite, la Nera recevant moins d'eau, fût restée plus longtemps stagnante pendant les inondations (5). « Le Tibre, lui-même, ajoute l'hydraulicien moderne Mengotti, privé du volume total des eaux de la Nera, ayant, par conséquent, un courant moins rapide, aurait subi des atterrissements plus considérables, exhaussé davantage son propre lit, et débordé plus souvent sur de plus grandes étendues de terres (6). »

Quelque temps après, comme le peuple romain continuait à attribuer les

(1) « Sulfurea Nar albus aqua », dit Virgile (*Æneid*, VII, 518), et Silius Italicus le dépeint en ces vers :

« Narque albescentibus undis
In Tiberim properans... »

(*Punica* VIII, 453).

(2) « Congruentia his Interamnates disseruere... Nec Reatini silebant, Velinum lacum, quia in Nare effunditur, obstrui recusantes, quippe in adjacentia erepturum. » (Tacit., *Ann.*, I.)

(3) « His rebus actis, Reatini me ad sua Tempe duxerunt, ut agerem causam contra Interamnates apud consulem et decem legales, quod lacus Velinus, a M. Curio emissus, interciso monte, in Narem defluit. Ex quo est illa siccata et humida tamen modice rosea. » (Cicero, *Ad Attic.*, IV, 15.)

(4) La vallée de Rieti n'était pas moint riante et fertile que de nos jours. Cicéron en parle comme de la *Tempé* de Thessalie (*Ad. Att.*, IV, 15), Virgile célèbre les bords cultivés du Velinus, *Rosea rura Velini;* Silius Italicus prétend que la ville tira son nom de Cybèle (en latin *Rhea*) :

« ..... magnæ que Rheate dictatum
Cælicolum matri »...

(*Punica* VIII, 417).

(5) « Pessum ituros fœcundissimos Italiæ campos si amnis Nera in rivos diductus superstagnavisset. (Tacit., *loc. cit.*)

(6) Mengotti, *Idraulica fisica esperim.*, 1824, 24.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

inondations de la ville au Velinus, le même Tibère, pour le calmer, envoya spécialement un des consuls et dix sénateurs en visite des lieux (1), et sur leur rapport, la sentence rendue après la plaidoirie de Cicéron fut confirmée (2). Il décida en même temps, pour surveiller les crues du Tibre, que les fonctions d'inspecteur du fleuve seraient permanentes (3).

De Tibère jusqu'à Trajan, aucune nouvelle tentative ne fut faite pour atténuer les effets des inondations du fleuve, à moins de considérer comme un projet l'idée fantasque de Néron, dont Suétone est seul à parler, dans sa biographie de cet empereur (4).

Canal de Trajan. — Après la grande inondation survenue sous son règne, Trajan, qui avait entrepris de restaurer le port d'Ostie, résolut de faire ouvrir au Tibre un second débouché par un canal qui faciliterait le débit des eaux, réduirait la hauteur des crues dans Rome et créerait une nouvelle voie navigable au commerce. Ce canal, dérivé du point convexe le plus rapproché des bassins du port, à *Capo-due-rami*, avait sa sortie en mer, à 2 kilomètres environ de l'embouchure naturelle du Tibre (5).

Lorsque le canal de Claude eut été repris et achevé par Trajan, la navigation maritime se développa sur le bras naturel; mais, à cause des ensablements, il n'était plus toujours navigable. On employait de quatre à six heures pour descendre le Tibre, de Rome à la mer, et deux jours pour le remonter.

Une inscription de l'empereur Claude semble prouver toutefois qu'antérieurement à Trajan, le canal avait été creusé par ses ordres, comme complément des travaux du port d'Ostie, commencés sous son règne et achevés probablement sous celui de Néron, vers l'an 54 de notre ère (6). La découverte de cette inscription (7), qui motiva une communication de Visconti à l'Académie romaine

(1) « Le Tibre déborde et désole ses rives. Le Sénat ne voit d'autre remède que de consulter les livres sibyllins ; mais Tibère fait envoyer des ingénieurs pour étudier le régime du fleuve. » (Duruy, *loc. cit.*, III, 428.)

(2) En reconnaissance des services rendus par l'illustre orateur, les Réatins lui élevèrent une statue.

(3) Cf. Mommsen, *Inscr. Neap : Cons. alvei Tiberis et cloacarum*, ou *Tiberis riparum*.

(4) « Fossam ab Averno Ostiam usque, ut navibus nec tamen mari iretur, longitudinis per centum sexaginta milia, latitudinis, qua contrariæ quinqueremes commearent. » (Sueton., VI, 31.)

(5) G. Ponzi, *Il delta del Tevere*, *loc. cit.* Le tracé du canal de Trajan a fait l'objet de nombreuses dissertations. Les auteurs des XVI^e^ et XVII^e^ siècles, parmi lesquels Fabretti, ont soutenu qu'il s'amorçait un peu en aval du pont Milvius, se dirigeant en ligne droite jusqu'à la porte Triomphale dans Rome même, et déchargeait ses eaux dans le Tibre auprès de l'hôpital actuel du Saint-Esprit. Carlo Fea, administrateur des antiquités, a consacré un mémoire (*la Fossa Trajana*, 1824) pour démontrer que le canal imaginaire de ces écrivains n'est autre que le bras droit du Tibre qui porte le nom de Fiumicino.

(6) Nibby, *Anal. stor. geogr. antiq. dei contorni di Roma*, II, 612.

(7) « Fossis ductis a Tiberi, operis portus causa, emissisque in mare, urbem inundationis periculo liberavit »

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pontificale d'archéologie, en 1838, n'empêche pas que l'honneur d'avoir sauvé Rome des inondations revint à Trajan, comme l'atteste une médaille, frappée de son vivant, trouvée à Port-Trajan. Quoi qu'il en soit, la dérivation de Trajan demeura sans aucun effet pour les inondations du Tibre, au dire même de Pline le Jeune (1).

Aurélien fut le dernier empereur (270-280) qui essaya, à l'instar d'Auguste, de régulariser le fleuve, en faisant déblayer le chenal et murailler les berges (2). Il y a lieu, cependant, de douter que le tracé de sa nouvelle enceinte fut conçu dans le but de protéger la ville contre les inondations, bien qu'il suive la rive gauche du fleuve depuis la place actuelle du Peuple jusqu'au pont Sisto (autrefois *Janiculensis*) (3), et que Lunghi confirme l'exécution, par ordre d'Aurélien, de quais muraillés du Tibre jusqu'à Ostie (4).

Pas plus les rois que les consuls et les empereurs, dont les faits de glorieuse entreprise ont été gravés sur l'airain, tels que ceux du *Divi Augusti* à Ancyre (5), ne parvinrent à débarrasser Rome du fléau des inondations, en contenant le Tibre dans son lit naturel.

Navigation. — « Ce n'est pas sans raison, écrivait Tite-Live, que les dieux et les hommes ont choisi l'emplacement où Rome a été bâtie; des collines très salubres, un fleuve commode qui sert au transport des denrées de la Méditerranée et aux relations commerciales, une mer voisine avec tous ses avantages, sans qu'il y ait lieu de redouter aucun danger d'une trop grande proximité des flottes ennemies, une position centrale en Italie, singulièrement appropriée au développement de la ville (6). ». Aussi, les Romains avaient-ils compris de bonne heure que le Tibre étant la plus grande voie d'écoulement de l'Italie centrale, la navigation devait être une des causes les plus puissantes de la prospérité de leur capitale.

Le fleuve était flottable depuis Todi, et navigable depuis Pérouse : plusieurs des affluents en amont de Rome, la Tinia, le Nar, l'Anio (7), etc., pouvant porter des barques, furent régularisés. Dans Rome même, indépendamment des quais

(1) « Tiberis alveum excessit, et quamquam fossa, quam providentissimus imperator fecit, exhaustus, tamen premit valles, innatat campis, quæ solet flumina excipere, et permeata devehere, velut obvius retro cogit. » (Plin. Secun., VIII, *Epist.* 17.)

(2) « Tiberinas extruxi ripas, vadum alvei tumentis effodi. » (Flavius Vopiscus, *Vita Aureliani.*)

(3) Becker, I, 193.

(4) Hon. Lunghi, *loc. cit.*

(5) *Index rerum gestarum Divi Augusti.*

(6) « Non sine causa dii hominesque hunc urbi condendæ locum elegerunt, saluberrimos colles, flumen opportunum, quo ex mediterraneis locis fruges devehantur, quo maritimi commeatus accipiantur, mare vicinum ad commoditates nec expositum nimia propinquitate ad pericula classium externarum, regionum Italiæ medium, ad incrementum urbis natum unice locum. » (Tit.-Liv., V, 54.)

(7) D'après Nibby, l'Anio était navigable depuis Ponte Lucano jusqu'à son confluent. Strabon

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

verticaux prolongés, d'abord du pont Æmilius jusqu'au pont Sublicius, sous Auguste, puis en amont, et finalement sur la rive droite, sous Aurélien, on construisit, au pied de l'Aventin, des ports de débarquement pour les arrivages de la mer et du haut Tibre, et des entrepôts qui communiquaient avec le fleuve par de larges escaliers.

Les murs de quais en gros blocs de travertin, que l'on a retrouvés sur une assez grande étendue près de l'embouchure de la Marrana Mariana, dateraient de la période royale et paraissent s'identifier avec le *pulchrum litus*, mentionné par Plutarque dans sa description de la maison de Romulus (1).

Avant d'arriver aux ruines du pont Sublicius, on remarque sur la rive droite, dans une muraille massive, trois encorbellements en forme de têtes de lion, percés de trous, par lesquels devaient passer les chaînes qui barraient l'entrée du port. Le quai de la rive gauche, en face, a gardé le nom de port *dei Leoni*. Passé ce quai, et le dépôt des marbres de Carrare que le pape Léon XII fit installer, on retrouve, dans l'arc restauré au temps de la décadence, une des portes des greniers publics que Victor indique comme occupant l'angle formé par l'Aventin.

Emporium et Navalia. — Au delà de l'esplanade de *la Marmorata*, dans l'emplacement de l'ancienne vigne Cesarini où furent exécutées des fouilles de 1867 à 1869 (2), on a découvert les anciens *Navalia*, c'est-à-dire le lieu où abordaient les navires qui remontaient le Tibre et déchargeaient leurs marchandises. D'après Tite-Live, décrivant l'élection de Cincinnatus, ce lieu était compris sur la rive gauche, entre la porte Trigemina de l'enceinte de Servius et le pied de l'Aventin.

Les ruines très considérables mises à jour semblent se rapporter à des constructions du temps de Néron, ou de Domitien ; les maçonneries sont réticulées et les fondations, en blocs de tuf polygonaux (*opus incertum*). Elles proviennent, à n'en pas douter, des édifices dépendant de l'*Emporium* où se déchargeaient en entrepôt les céréales, les vins, les sels d'Ostie, les bois, les marbres et les matériaux de construction. La cour était accessible du côté du fleuve par de larges degrés en pierre. Une rampe en dallage diagonal de briques a été retrouvée au-dessous d'une petite plate-forme, aux deux côtés de laquelle sont disposées des issues d'égale largeur, pavées en grandes briques (3). Les substructures sont en pierre de Gabies.

affirme que les blocs de travertin des carrières de Tibur (Tivoli) et de *lapis gabinus*, de Gabies, se transportaient par bateaux sur l'Anio. Pendant les siècles de barbarie, le chenal abandonné à lui-même se rétrécit ; la navigation cessa.

(1) Murray, *Handbook of Rome*, 87.

(2) Ces fouilles furent dirigées par le baron Visconti, commissaire des antiquités, dans le but de vérifier les conjectures des archéologues sur le site des Navalia de l'ancienne Rome.

(3) Nibby, *Itinéraire de Rome*, 270.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les quais, très bien conservés, sont munis de grands blocs de travertin, percés pour l'amarrage des navires. Sur deux des façades, on distingue le relief d'une amphore qui semble indiquer le lieu spécial du déchargement des vins. Au bas de la berge, un large gradin, solidement construit, est resté intact sur une grande longueur (1).

Plus de 120 blocs de marbres, africain, carystien, milésien, de Porta Santa, et 500 fragments de marbres, jaune antique, rouge et vert antique, de serpentine, d'albâtre, de brèches, etc., ont été déterrés à l'état brut, ou taillés, parmi lesquels on remarque, d'après leur date d'expédition, un bloc énorme envoyé à Néron, d'une carrière de Carinthie, et un autre, plus colossal encore, de marbre africain (hauteur 27 pieds, diamètre 5 pieds et demi, poids 34 tonnes). On suppose que le dépôt pour les marbres envoyés des diverses parties de l'Empire, et les magasins de cette époque, furent remblayés vers la fin du IX^e^ siècle afin de fortifier la ville contre les incursions des Sarrasins, sous le pape Jean VIII (2).

Au moyen âge encore, la rive de la Marmorata s'appelait *ripa græca*, tandis que la rive droite vis-à-vis s'appelait *ripa romæa* (3).

Les travaux entrepris sur cette dernière rive pour l'endiguement du Tibre, hors de la porte Portese, à Pozzo Pantaleo, vers la Magliana, ont fait découvrir le long de la berge de curieuses constructions romaines destinées à prévenir les érosions.

Port d'Ostie. — Ancus Marcius, quatrième roi de Rome, fonda, en l'an 633 avant notre ère, la ville et le port d'Ostie. Aussi bien Denys d'Halicarnasse (4) que Tite-Live (5) et Lucius Florus (6) ont précisé l'emplacement de la ville maritime qui eut une population nombreuse et riche; elle recevait les marchandises pour Rome et réexpédiait les produits de la capitale (fig. 26).

Pendant près de quatre siècles, Ostie fut le port d'où partirent les grandes expéditions pour la conquête des provinces. C'est à Ostie que s'embarquèrent Scipion l'Africain, pour l'Espagne, et Claude, pour la Bretagne. Devenue comme le Pirée de Rome, la ville subit toutes les destinées de la métropole; elle grandit, s'embellit et tomba avec elle. Au temps de sa plus grande prospérité, elle compta 80 000 habitants.

Les vents régnants du S.-E. à S.-O., qui soulèvent les flots contre le rivage, finirent toutefois par accumuler de telles masses de sable dans le port par l'em-

(1) Gsell-Fels, *Italien*, 665.

(2) Murray, *Handbook of Rome, loc. cit.*, 8.

(3) Nibby, *loc. cit.*, 273.

(4) « In ipso fluvii ore pro porto usus, in spatio inter fluvium et mare, quod cubiti speciem refert. » (Den. Hal., III, 44.)

(5) « Sylva mesia Veientibus adempta usque ad mare imperium prolatum et in ore Tiberis Ostia urbs condita, salinæ circa factæ. » (Tit.-Liv., I, 23.)

(6) « Ancus Marcius Ostiam in ipso maris fluminisque confinio coloniam posuit. » (Luc. Flor., I, 4.)

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

bouchure même du Tibre, que déjà sous la république la navigation était devenue très difficile. Les bâtiments devaient relâcher dans d'autres ports, ou jeter l'ancre en pleine mer pour être déchargés sur des chalands qui se faisaient remorquer jusqu'à Rome (1).

Plutarque mentionne le projet formé par César de construire un nouveau port qui abritât les navires (2), mais la mort l'empêcha d'y donner suite.

Port de Claude. — Sous le règne de Claude seulement, les dangers de la famine furent tels, en raison des difficultés qu'offrait l'arrivage des grains de Sicile et d'Égypte, que des primes furent promises à quiconque introduirait des grains à Rome, pendant la période d'étiage du fleuve (3); en même temps, cet empereur soumettait au Sénat un plan de restauration et d'agrandissement du port d'Ostie. Malgré l'opposition que son projet rencontra, il résolut de faire creuser un bassin à droite du delta, à 2 milles de distance d'Ostie, avec deux môles, une tour, un phare et un canal de communication entre le bassin et le Tibre (4).

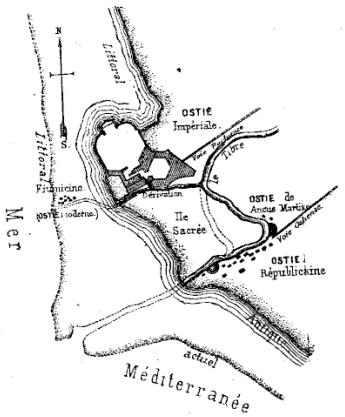


Fig. 26. — Port d'Ostie sous les Rois, sous la République et sous l'Empire.

Les archéologues, Nibby entre autres, croient que cet ouvrage fut achevé sous Néron, successeur de Claude, vers l'an 54 de notre ère (5).

Un demi-siècle plus tard, au temps de Trajan, le bassin de Claude était tellement ensablé (6) que l'empereur entreprit de le déblayer et de lui ajouter un second bassin intérieur, représenté aujourd'hui par le petit lac de Porto. En outre, il fit creuser une nouvelle embouchure par le canal déjà mentionné, joignant le port avec le Tibre. Ce canal légèrement

(1) Strabo., V, 3.

(2) Plutarq., *Vie de César*, 58.

(3) Sueton., 18.

(4) « Portum Ostiæ extruxit circumducto dextra sinistraque brachio et ad introitum, profundo iam salo, mole obiecta, quam, quo stabilius fundaret, navem ante demersit, qua magnus obeliscus ex Ægypto fuerat advectus congestis que pilis superposuit altissimam turrim in exemplum Alexandrini phari, ut ad nocturnas ignes cursum vestigia dirigerent. » L'obélisque dont il est question dans ce passage de Suétone, est celui connu aujourd'hui sous le nom de Vatican, amené d'Héliopolis, pendant le règne de Caligula, et dressé par Fontana, sous Sixte V, sur la place de Saint-Pierre.

(5) Nibby, *Anal. stor. geogr.*, etc., II, 612. Ces travaux toutefois n'avaient pas dû satisfaire Néron, car on lui attribue aussi la fondation du port d'Antium, adossé au cap du même nom,

(6) Dans leur description du port, Juvénal (*Sat.* XII, 75) et V. Flaccus (*Argon.* VII, 83) ne font aucune allusion à l'ensablement.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tortueux, qui a aujourd'hui une longueur de 4 kilomètres et une largeur de 25 à 30 mètres, s'il eût été abandonné à lui-même n'aurait pas tardé à se combler aussi, et le fleuve eût repris sa direction naturelle vers Ostie, mais les épis dont ce dernier fut armé rejetèrent peu à peu les sables vers l'ancien port et finirent par l'obstruer complètement en créant une île entre les deux bras (1). D'ailleurs les exigences du commerce de l'Empire firent que le canal fut entretenu et protégé par des estacades dont le prolongement en mer a été exécuté à diverses reprises.

Tel que les fouilles ont permis à l'archéologue Texier de le reconstituer, le *Portus urbis* ou simplement *Portus*, fermé par deux jetées courbes laissant entre elles une passe de 180 m. de largeur, avait 970 m. de largeur et 760 m. de longueur, soit une surface d'environ 68 hectares. Dans leur partie rectiligne seulement, les jetées de 40 m. de largeur étaient occupées, sur 28 m., par des portiques ou par des magasins ; mais dans leur partie courbe de 25 m. de largeur, elles étaient libres, se terminant par deux musoirs carrés que décoraient de petits temples.

Au môle de la passe, fondé sur le grand navire qui avait porté d'Égypte l'obélisque et les quatre blocs du cirque du Vatican (2), érigé par Néron, s'élevaient le phare (3), les pavillons des gardiens (*vigiles*) et, aux musoirs, les statues des empereurs Claude et Trajan.

Dans le fond du premier bassin débouchait le canal, de 250 mètres de largeur à l'entrée, et 66 mètres à la sortie, conduisant au Tibre. Le deuxième bassin, construit par Trajan, de forme hexagonale régulière (715 mètres de diamètre), occupait 32 hectares ; il avait un accès, indépendant du premier, sur le canal. Les

(1) Entre le bras naturel du Tibre où s'élevait Ostie républicaine et la dérivation des empereurs Claude et Trajan, s'étend l'*île Sacrée*, formée des alluvions du fleuve, jadis très belle et d'une grande fertilité, suivant la description qu'en faisait Æthicus, encore au v^e^ siècle. C'est dans l'île Sacrée que le dieu Apollon avait un temple renommé ; on y célébrait tous les cinq ans les jeux Apollinaires : combats de lutte ou de pugilat ; courses à pied, à cheval et en chariots ; joutes en bateaux sur le fleuve, etc. Le *Libanus almæ Veneris* n'est plus aujourd'hui qu'une prairie verdoyante depuis mars jusqu'en mai, parsemée de ruines, de tertres, et surtout d'asphodèles à l'odeur alliacée, qui rappellent ceux qu'Ulysse reçut de Mercure pour le préserver des séductions de Circé (*Mólu* ou *Mólos riza* des Grecs).

Dante en avait fait le lieu de rendez-vous des bienheureuses âmes que l'envoyé céleste devait conduire au purgatoire :

« A quella foce ha egli or dritta l'ala
Perocchè sempré quivi si raccoglie
Qual verso d'Acheronte non si cala »

(*Div. Com. Purgat.*, II, 104.)

« C'est à son embouchure que l'ange dresse son aile, car c'est là que se rassemblent toujours ceux qui ne descendent pas vers l'Achéron. » (*Trad.* de Fiorentino, 129).

(2) Le poids représenté par ces monolithes a été évalué à plus de 1 000 tonnes.

(3) Le phare était carré (60 mètres de côté) et à sept étages, comme celui de Ptolémée, à Alexandrie. (Voir fig. 30.)

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

autres passes couvraient environ 10 hectares, et le nouveau port s'étendait sur une surface totale de 112 hectares (1) (fig. 27).

Les quais et les môles étaient construits en blocages revêtus de briques, avec chaînes de travertin et couronnement en pierres de taille. Ils se développaient sur 2 700 mètres avec 25 mètres de largeur, et sur 3 300 mètres avec 12 mètres de largeur, soit ensemble 6 000 mètres présentant une surface de débarquement de

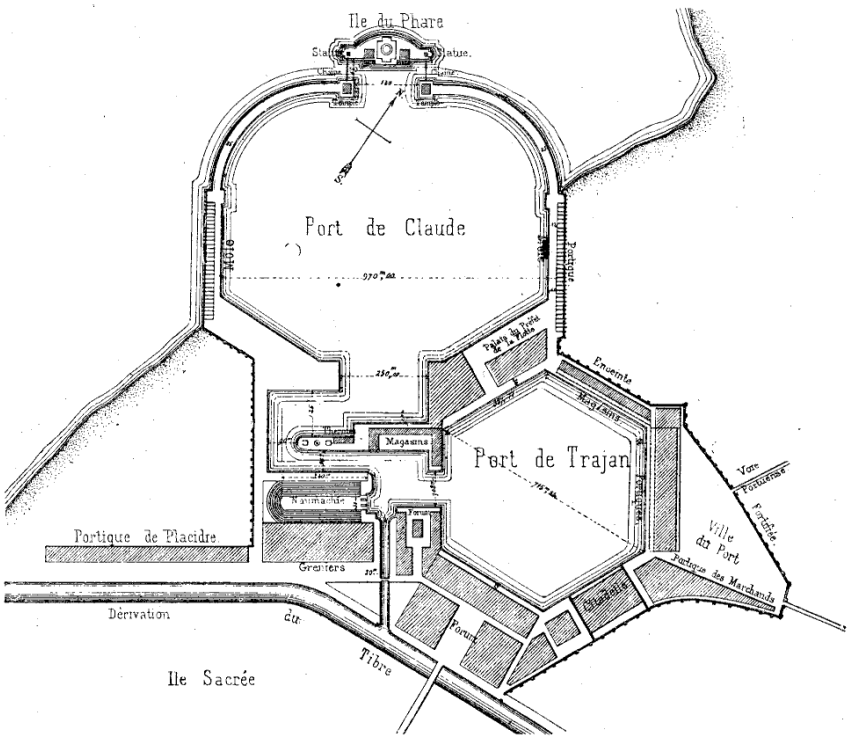


Fig. 27. — Plan des ports de Claude et de Trajan.

près de 11 hectares, non compris les portiques et les quais en belles arcades doriques, à plein cintre. Des bornes en marbre et en granit servaient aux amarrages (2).

Une muraille continue, défendue par une citadelle, donnant accès à la ville par cinq portes, entourait le port.

Malgré sa grande imperfection, le port servit encore jusque du temps de

(1) A. Léger, *les Travaux publics*, *loc. cit.*, 456.

(2) D'après les évaluations de Lanciani, la surface utilisable du port était de 1 091 752 mètres carrés, tandis que celle des huit grands docks de Londres est de 945 000 mètres

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Justinien (527-565 ap. J. C.), d'après Procope. Au xe siècle, il était tout à fait impraticable (1).

Le port, ou mieux la ville d'Ostie (fig. 28), était remarquable par ses temples, ses forums, ses poids publics, son aqueduc d'eau potable et ses entrepôts et magasins, dont la figure 29 montre les ruines dans leur état actuel (2).

Commerce maritime. — C'est surtout au début de l'Empire jusqu'à Constantin que le commerce de Rome atteint son plus grand développement, commerce d'importation, il est vrai, qui avait un double objet, assurer la subsistance quotidienne et alimenter le luxe des riches patriciens au détriment des provinces et des colonies les plus florissantes, mais qui devait conduire finalement à l'appauvrissement, comme à la ruine de l'Empire.

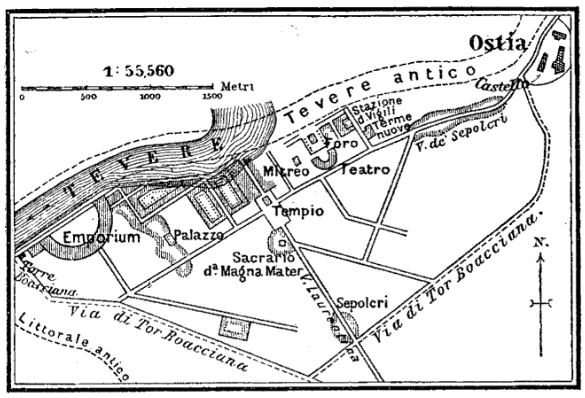


Fig. 28. — Plan de la ville romaine d'Ostie.

« Les Romains n'étaient qu'acheteurs ; ils ne se mêlèrent ni d'exportation, ni de commission, ni d'armements. Sans industrie et prohibant à la sortie les produits en petit nombre de leur territoire, tels que le vin, l'huile, le sel et les métaux, ils n'avaient point d'objets d'échange ; leur commerce était purement passif.

« Sans les envois de la Sicile, de l'Égypte et de l'Afrique septentrionale, Rome eût été littéralement condamnée à mourir de faim. Aussi, la nécessité commanda à l'administration de ces provinces, en vue des difficultés des trajets maritimes, l'organisation des transports et d'institutions qui furent confiées à des fonctionnaires spéciaux, comme, par exemple, aux édiles pour les grains (3). »

carrés. La longueur totale des magasins à quatre rangées de compartiments, mesurée par lui-même, dépassait 5 750 mètres ; or, il convient d'ajouter la longueur des énormes magasins de la ville même d'Ostie et des 290 docks *extra muros*, ce qui représente un total de plusieurs dizaines de kilomètres. (R. Lanciani, *Monografia della città di Roma*, I, 25.)

(1) L'importance de *Portus* était telle pour l'approvisionnement de la capitale, que lorsque Alaric, roi des Goths, s'en fut rendu maître en l'an 409, il dicta au Sénat les conditions de la reddition de Rome. De même, sous Bélisaire, quand Vitigès se fut emparé de *Portus* en 537, Rome affamée dut capituler.

(2) Dans un mémoire du Recueil des Travaux des Écoles d'Athènes et de Rome (1879), M. Homolle, aidé par les architectes de l'Académie de France, a fait revivre sous nos yeux le port et la ville d'Ostie, un des plus grands centres de l'antiquité, l'entrepôt des richesses romaines.

(3) Scherer, *Hist. du commerce*, trad. Richelot et Vogel, I, 124, 129.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les grains importés pour la consommation du peuple, partie en échange des deniers de l'État, partie à titre de tribut, étaient distribués gratuitement aux masses indigentes, jusqu'à atteindre, suivant Aurélien Victor, à l'époque d'Auguste, 5 202 901 hectolitres de blé, venant uniquement de l'Égypte, pour une année (1). Au dire de Spartien, Septime Sévère avait pour le même objet conclu un contrat de fourniture annuelle de blé, s'élevant à 2 369 404 hectolitres pendant sept ans (2).

Indépendamment des provisions en blé de l'annone municipale, d'énormes

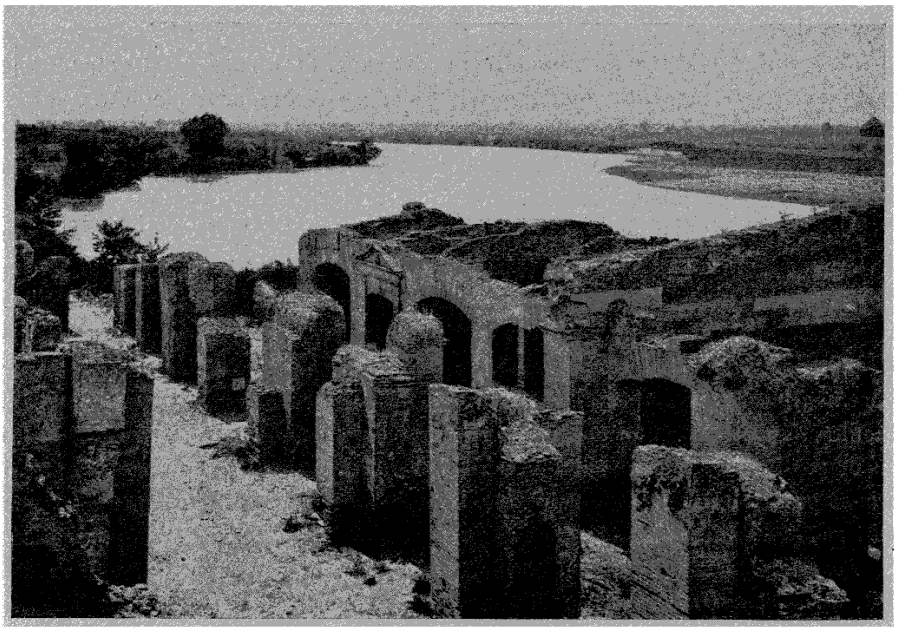


Fig. 29. — Ruines des magasins de la ville romaine d'Ostie.

quantités de marchandises, les unes en vue de l'alimentation, les autres en vue des raffinements du luxe, étrangères pour la plupart au sol de l'Italie, étaient importées de la Grèce, de l'Asie Mineure et de l'Égypte.

L'Inde fournissait les perles, l'ivoire et les soieries de la Sérique; l'Arabie, l'encens et les essences; l'Éthiopie, les esclaves et les animaux pour les combats du cirque; tandis que l'Asie Mineure envoyait les fruits, les comestibles délicats,

(1) « Hujus tempore (Augusti) ex Egipto urbi annua ducenties centena millia modiorum frumenti inferebantur. » (Aur. Vict., *De vita et morib. imperat. roman.*, I.)

(2) « Severus rei frumentariæ, quam minimam repererat, consuluit. Moriens 7 annorum canonem, ita ut quotannis singulis diebus 75 000 modiorum expendi possent, reliquit. » (Spart., *In Settimio Severo.*)

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

les ouvrages d'écaille ; l'Égypte, le papier et le verre ; la Grèce, les bronzes, les marbres et les objets d'art ; la Mauritanie, les tapis ; l'Espagne, les métaux précieux, la cire, le miel ; les Gaules, les vins, l'huile, le fer ; les contrées du Pont-Euxin, des cuirs, des pelleteries, des métaux ; la Germanie, l'ambre jaune, etc. (1).

Les entrepôts de commerce, tels que Alexandrie, Antioche, Aquilée, Éphèse, Byzance, Marseille, Gadès, Carthagène, etc., servaient à régulariser les importations des provinces conquises et le commerce de la navigation le long des côtes. Il fallait sept jours de traversée pour aller de Gadès à Ostie ; de l'Espagne, il en fallait quatre ; de la Narbonnaise, trois ; de l'Afrique, deux seulement, au rapport de Pline (2).

Port d'Antium. — Pour répondre aux exigences toujours croissantes de ce vaste commerce maritime dont dépendait l'approvisionnement de Rome impériale, Néron chercha de suppléer à l'insuffisance du port de Claude en faisant creuser un bassin à Antium, l'ancienne capitale des Volsques, devenue, sous les Rois déjà, une colonie florissante.

A la fin de la république, les grands transportèrent à Antium leur résidence d'été pour jouir des bains de mer (3), et les empereurs Auguste (qui y reçut le titre de père de la patrie), Caligula, Claude et Néron, habitèrent volontiers cette ville.

Le port n'offrait d'autres particularités que la disposition de ses jetées établies à l'aide d'une double digue, à arcades contrariées, dans le but de laisser passer librement les alluvions du Tibre, pour qu'elles ne s'arrêtent pas dans le bassin. Bientôt, faute d'entretien et de curages, des atterrissements se formèrent entre les deux digues ; l'ensablement envahit le port, bien qu'un second bassin eût été creusé pour le sauver de la ruine (4). Il ne reste plus aujourd'hui que quelques vestiges des anciennes jetées de Néron.

Port de Centum Cellæ. — Trajan, à son tour, fit construire dans le même but, un port à *Centum Cellæ* (Civita Vecchia), à l'autre extrémité du littoral,

(1) Scherer, *loc. cit.*, I, 127.

(2) Richelot, *Esquisse de l'industrie et du commerce de l'antiquité.*

(3) Cicéron possédait à Antium une propriété dont il ne se lassait pas de vanter les charmes. (*Att.*, IV, 8). Atticus, Lucullus, y avaient leurs villas, et Horace, dans son ode à la Fortune équestre, dont le temple ornait la ville, débutait ainsi :

« O diva, gratum quæ regis Antium. »
(I, *Ode* 35.)

Esculape et Apollon avaient également des temples célèbres à Antium, d'après Ovide :

« Et tellus Circæa, et spissi litoris Antium. »
(*Métam.*, XV, 718.)

Caligula et Néron y étaient nés. C'est à Antium que Néron eut la première nouvelle de l'incendie de Rome. Antonin le Pieux dota la ville d'un aqueduc, et Septime Sévère agrandit considérablement le palais impérial.

(4) A. Léger, *loc. cit.*, 458.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

qui correspond au delta du Tibre. Ce port, protégé par le cap Linaro, défiant les vicissitudes des siècles, est resté intact jusques de nos jours.

Le célèbre architecte du Forum de Trajan, Apollodore, vers la fin du premier siècle de notre ère, dota le port de deux môles en arc de cercle et d'un brise-lames pour le garantir dans la direction du large (1). A chaque musoir il fit élever deux tours, dont celle vers le couchant servait de phare, c'est-à-dire qu'on y allumait les feux pour guider les marins, la nuit, à la recherche d'un mouillage.

Relié par la voie Aurélienne, dont on retrouve les restes dans les environs, le port de *Centum Cellæ*, situé à 58 kilomètres environ de Rome, en était deux fois plus éloigné qu'Ostie.

Pline nous a laissé une description du port de *Centum Cellæ* (2), et Rutilius Numatianus, dans son Itinéraire, le dépeint de façon à laisser penser que rien n'y a été modifié depuis mille quatre cents ans (3).

Dans la table de Peutinger (4), le seul document géographique du temps des Romains dont l'apographe ait été conservé (fig. 30 et 31), le cours du Tibre (*fluvius Tiberis prius Albula*) est tracé dans toute sa longueur, en même temps que quelques-uns de ses affluents sont indiqués : *Pallia*, qui, dans le dessin, se confond avec *Armenita; Farfa*, dont la station *Farfar* rappelle le nom; *Anio*, dirigé vers *Tibori*, pour *Tibur* (Tivoli).

Le port de Trajan, sur la rive opposée de l'embouchure du fleuve où est *Hostis* (Ostie), y est représenté avec ses bassins, son phare et ses môles en perspective, tandis que Centu Cellis (au lieu de *Centum Cellæ*), au-dessous de *Lacus et mons Ciminus* (lac de Vico et mont de Viterbe), en suivant le littoral depuis Ostie, vient après *Alsium* (Palo) et *Pyrgos* (San Severa), les deux ports, simplement indiqués par

(1) G. Alessandri, *Cenni monogr., Porti*, IX, 1878, et sir John Rennie, *Autobiogr.*, 46.

(2) Plin., *Ep.*, VI, 31.

(3)
« Ad centum cellas forti de fleximus Austro;
Tranquilla puppes in statione sedent.
Molibus æquoreum conclunitur amphiteatrum,
Angustos que aditus insula facta tegit;
Attollit geminas turres, bifidoque meatu,
Faucibus arctatis pandit utrumque latus. »
(*Itiner.*, I., 237).

(4) *Peutingerania Tabula itineraria.* Scheyb., Vienne, 1753. D'après la note de Filippi Lanciani (*Cenni monogr., Relazione generale*), le travail original de la Table de Peutinger, dite à tort Théodosienne, dont l'apographe est conservé à la bibliothèque de Vienne, remonterait au temps d'Alexandre Sévère (222 à 225 ap. J.-C.), et plus précisément à l'année 226, quand les Perses, pour la première fois, firent la guerre aux Romains. Quant à l'apographe lui-même, il est hors de doute qu'il est l'œuvre d'un moine de Colmar, vivant au XIII^e siècle, tant à cause des caractères employés, et des nombreuses erreurs de géographie et d'orthographe, que des indications se référant à des événements postérieurs au XII^e siècle.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

des noms, de la puissante ville étrusque *Cære* (Cervetri), et *Punicum*. Les bains d'Apollinaire (*Aquas Apollinaris*) près de Vicarello, *Castro novo*, et les bains de Tauri (*Aquas Tauri*), figurent en relief (1). Enfin, Rome, sous l'aspect d'un empereur allemand du moyen âge, tenant d'une main le sceptre et de l'autre le globe,

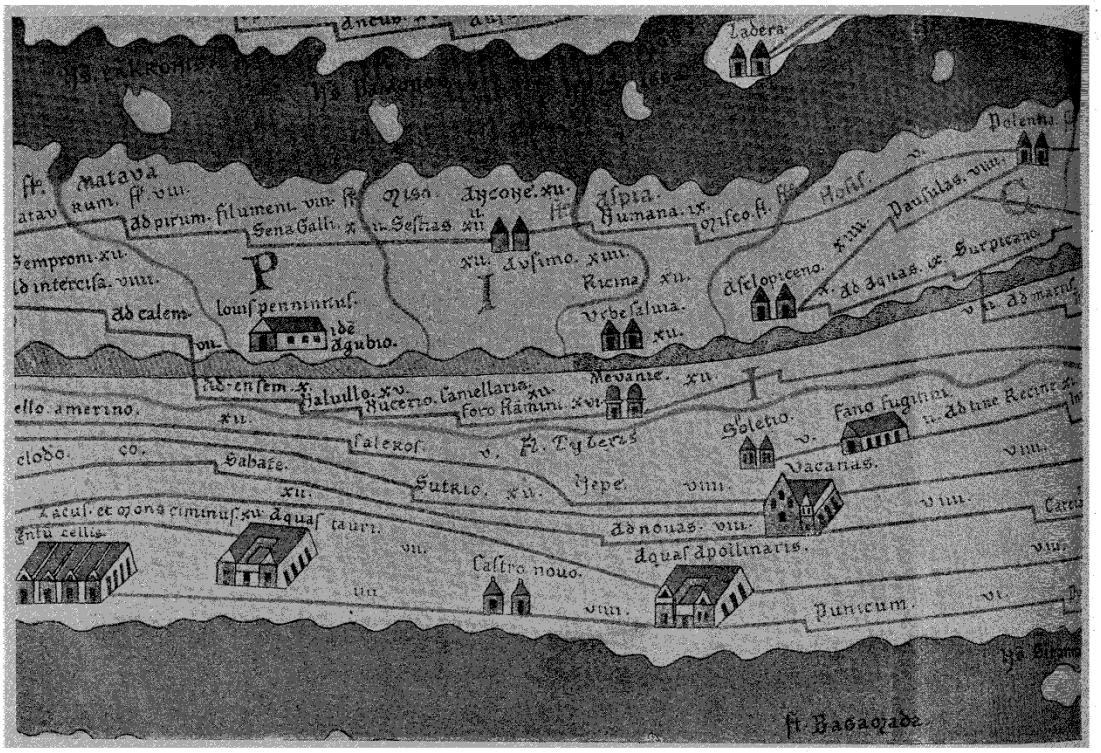


Fig. 31. — Carte Peutinger n° 2. Le Tibre et le littoral depuis Pyrgos jusqu'à Centum Cellæ.

occupe le centre d'un cercle d'où rayonnent les douze voies qui conduisent vers tous les points de l'Italie.

(4) La *via Aurelia* passait par *Alsium*, dont on n'aperçoit plus que quelques ruines près de la côte. C'est dans sa villa d'Alsium que Pompée se retira quand la dictature lui eut été refusée. Jules César y possédait aussi une villa, où il débarqua à son retour d'Afrique et reçut les félicitations des nobles de Rome. L'Empereur Marc-Aurèle s'y était fait bâtir un palais : « *Maritimus et voluptarius locus* », dit Frontus, dans une de ses Épîtres. La fondation du premier port de *Cære* est attribuée par Silius Italicus à Halæsus :

« Nec non Argolico dilectum litus Halæsus :
« Alsium !...
(*Punica*, VIII, 476.)

Pyrgos, le second port de *Cære*, n'apparaît aujourd'hui que par des blocs polygonaux irréguliers de maçonnerie étrusque, sur lesquels s'élève le château moyen âge de Santa

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

III. — Le Tibre sous les Papes.

Inondations. — A partir de la chute de l'Empire, les inondations rappelées par divers écrivains se succèdent sous les papes : saint Damas (367); saint Anas-

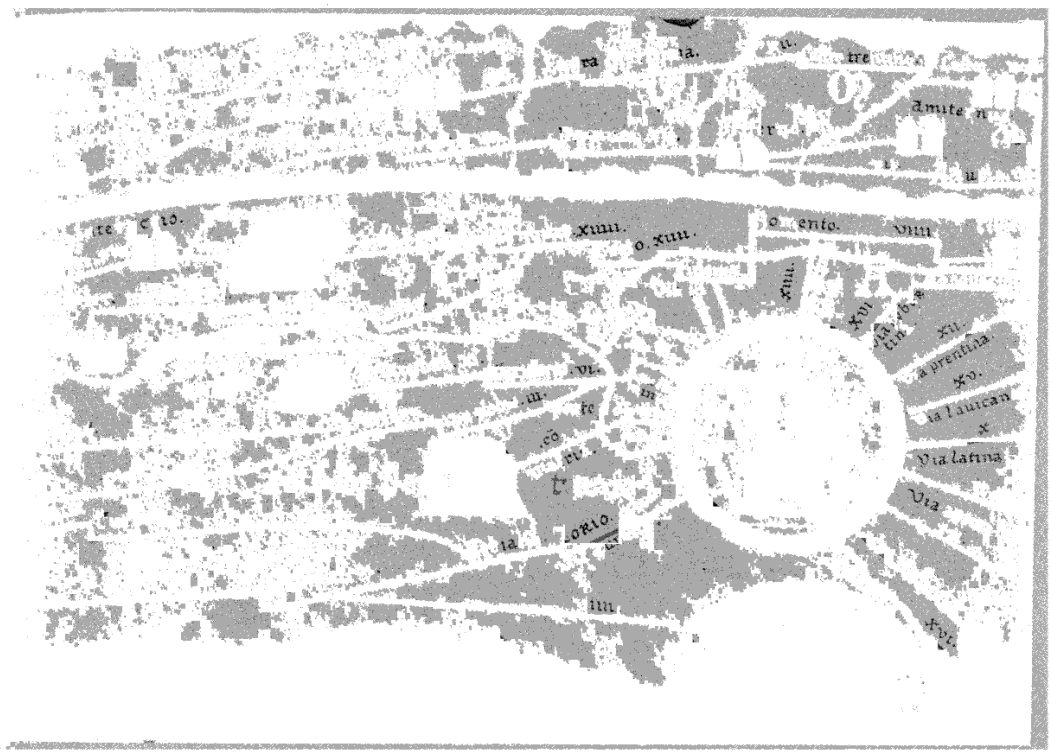


Fig. 30. — Carte Peutinger n° 1. Rome, le Tibre et le littoral depuis Ostie jusqu'à Pyrgos.

tase II (497); Pélage Ier (555); Jean II (570); Pélage II (578) : les eaux coulaient sous les murs de la ville et atteignaient les points les plus élevés; saint Gré-

Severa. L'ancien Pyrgi (*Pyrgi veteres*) de Virgile (*Æneid.*, X, 182), était fameuse par son temple d'Eileithya selon Strabon, de Leucothea selon Diodore, fondé par les Pélages, dont Denys de Syracuse déroba le trésor. La cité était petite au temps de Strabon et réduite à des villas, au temps de Rutilius (ve siècle) :

« Alsia prælegitur tellus, Pyrgique recedunt.
Nunc villæ grandes, oppida parva prius ».

(*Itiner.*, I, 223.)

La station romaine de *Punicum* est maintenant la station du chemin de fer Santa Marinella, avec son château plongeant dans la mer, et celle de *Castrum Novum*, également sur la voie Aurelia, n'est plus représentée que par la tour de Chiaruccia.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

goire de Tours (590), qui a décrit lui-même l'inondation (1); Benoît II (685); Grégoire II (717): la submersion à hauteur d'homme dura sept jours et s'étendit de Saint-Pierre au pont Milvius (2); Grégoire II (725) : les eaux faisant irruption par la porte Flaminia gagnèrent la basilique de Saint-Marc; Adrien Ier (777-778): la porte Flaminia et le pont Sublicius furent détruits; Adrien Ier (791) : la porte Flaminia rebâtie et le pont Sisto furent emportés; le niveau des eaux dans la *via Lata* dépassait deux hauteurs d'homme; elles couvraient la ville depuis le pont Milvius jusqu'à Saint-Pierre (3); Benoît III (856) : les eaux envahirent les églises Sainte-Agathe, Saint-Silvestre, la place de *via Lata* et le portique de Saint-Marc; Nicolas Ier (860) (4); Adrien II (867-68) : les eaux submergèrent les voies *Lata* jusqu'à la roche Tarpéienne et *Argentina* jusqu'au pied de l'Aventin; Adrien IV (1157) : le pont Palatin s'écroula; Grégoire IX (1229) : les eaux gagnèrent les toits des maisons riveraines (5); Nicolas III (1280) : le niveau des eaux dépassa de 4 pieds le pavé du maître-autel au Panthéon; soit 16m,02 comme ordonnée du zéro de Ripetta (6).

(1) Gregorovius écrit à propos de cette inondation : « Vers la fin de l'an 589, le Tibre inonda une partie de la ville et détruisit beaucoup de temples et de monuments qui devaient exister, croyons-nous, dans le champ de Mars. Le célèbre Grégoire de Tours avait alors envoyé à Rome un de ses diacres pour recueillir des reliques, et ce que ce diacre lui rapporta à son retour comme témoin oculaire de l'inondation, il le raconta lui-même dans son Histoire des Francs avec des amplifications merveilleuses. » (Gregorovius. *Storia della città di Roma nel medio evo*, II, 29). Le pape Pélage II mourut à la suite de cette inondation, et le même Grégoire, dit le Grand, lui succéda.

(2) En l'an 717, écrit Gomesio, Théodose étant encore empereur, le Tibre entra en crue violente par la porte Flaminia dans Rome, et pendant sept jours, d'après Platina, exerça les plus grands ravages dans la ville et sur les habitants. En effet, après avoir ébranlé les maisons, arraché les arbres, effondré les champs et les cultures, les eaux se précipitèrent dans la ville, submergèrent les bas quartiers et atteignirent un tel niveau que dans la *via Lata* elles excédaient la taille d'un homme et l'on pouvait naviguer entre le Pont Molle et les marches de Saint-Pierre. (*De prodigiosis Tyberis inundationibus, loc. cit.*)

(3) « Rome fut de nouveau frappé, en décembre 791, des désastres de l'inondation. Les eaux renversèrent la porte Flaminia et emportèrent les débris jusqu'à l'arc de la *via Lata*, appelé *Tres Faccicellas*. Le fleuve engloutit l'ancien *Porticus Pallacinæ*, au voisinage de S. Marc et ses eaux se précipitèrent jusqu'au pont *Antoninus*, appelé aujourd'hui pont Sisto. » (Gregorovius, *loc. cit.*, II, 246.)

(4) Sous le pape Nicolas Ier, deux inondations eurent lieu en l'an 860. Sigonius (*De regno italico*, V) les réfère en ces termes : « Extremo anno IIIa Kalendas Novembris et VIa Kalendas Januarias Tiberis super ripas effusus, circumjectos Urbi campos cum maximo arborum ac satorum exitio inundavit, atque urbem ingressus complura templa atque ædificia labefecit. »

(5) L'inondation de 1229, suivant Gregorovius, de 1230, qui ramena le pape Grégoire IX de Pérouse à Rome, fut, d'après les chroniqueurs, une des plus terribles dont le souvenir eût été gardé. Les eaux envahirent la cité Léonine et le champ de Mars, firent écrouler le pont Sénatorial (*ponte Rotto*) et laissèrent après elles la peste et la famine. (Gregorovius, *loc. cit.*, V, 176.)

(6) Gomesio et Castiglione placent en 1280, la date de cette inondation, mais d'autres l'assignent à l'année 1277, peu de jours avant l'élection de Nicolas III Orsini, comme pontife.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Au XIVe siècle, c'est le plus souvent sur la façade de l'église de Sainte-Marie-Minerve que s'indiquent les hauteurs des crues par des plaques de marbre portant les mesures en palmes, et bien plus tard en mètres, au-dessus du zéro de Ripetta.

1378. Grégoire XI. 8 palmes à la Minerve, ordonnée 17 mètres (1).

1383, 8 novembre. Urbain VI (2). 10 palmes à la Minerve.

1412. Jean XXIII. 7 palmes à la Minerve, ordonnée 16 mètres.

1422. Martin V. 8 palmes, soit 16m,987 au-dessus de zéro de l'hydromètre (3).

1476, 8 avril. Sixte IV. 8 palmes à la Minerve.

1480. Sixte IV. (Zaccaria, *Storia d'Italia*, III, 311.)

1495, 5 décembre. Alexandre VI. 6 palmes à la Minerve au-dessus du sol; ordonnée 16m,860. Cette inondation, comme l'indiquent les plaques scellées sur les divers édifices, atteignit 8 palmes de hauteur à Saint-Jacques des Espagnols, 8 palmes et quart au château Saint-Ange 8 palmes à Saint-Esprit *in Sassia* et à Saint-Eustache; 17 au palais Gaetani; 10 au palais Massimi (4).

1513, 12 décembre. Léon X. 12 palmes à la Minerve. Le pont Flaminius, à Orte, s'écroule.

1530, 8 octobre. Clément VII. 15 palmes à la Minerve et au bastion de droite du château Saint-Ange; 17 palmes à la place Navona, soit 18m,95 au-dessus du zéro de Ripetta (5).

1547, 14 septembre. Paul III. 14 palmes à la Minerve.

1557, 15 septembre. Paul IV. 14 palmes à la Minerve et 18m,90 au-dessus du zéro de Ripetta.

1589, 1 et 4 novembre, 10 et 11 novembre. Sixte V. 18m,88 au-dessus du zéro (6).

1598, 24 décembre. Clément VIII (7). 32,6 palmes au-dessus du sol à Ripetta; 31,7 palmes

(1) Le 8 novembre 1376, le pape Grégoire XI, ayant quitté Avignon, débarquait à Livourne, une terrible inondation dévastait Rome; c'est la plus ancienne dont l'église de la Minerve ait conservé l'inscription. (Gregorovius, *loc. cit.*, VI, 551.)

(2) L'inondation de 1383, sous Urbain VI, fut suivie de la peste, qui fit réfugier le pape, le 19 août, à Naples. (Gregorovius, *loc. cit.*, VI, 608.)

(3) « Pour la fête de Saint-André (30 novembre) de l'année 1422, le Tibre, envahissant la ville par la porte Flaminia, submergea soudainement les deux rives. » (Gomesio, *loc. cit.*)

(4) « Le 4 décembre 1495, écrit Gregorovius, le fleuve, quittant son lit avec une violence extrême, couvrit en un instant la moitié de Rome. Les cardinaux qui sortaient du consistoire purent à grand'peine se sauver en passant le pont Saint-Ange, et le cardinal de Parme ne réussit pas à gagner son palais. Les eaux ruinèrent les palais, pénétrèrent dans les églises, coulant dans les rues comme dans des canaux, ce qui permettait d'y naviguer en barque comme à Venise. Beaucoup de gens furent noyés; les prisonniers de Tor di Nona périrent tous ainsi. On évalua les dommages à 300 000 ducats. » (*Loc. cit.* III, 449.)

(5) Gomesio, témoin oculaire de l'inondation survenue en 1530, décrit la lutte entre le fleuve et le pont Saint-Ange : « Finalement, le fleuve serre le pont de tous côtés, le surmonte, le dépouille de ses ornements et de ses pilastres, puis faisant un immense effort contre la masse des édifices voisins, qui depuis la descente, du côté de la Monnaie, s'étend vers la Bourse des Marchands, les emporte pour la plupart. »

(6) Les inondations de 1547, 1557 et les deux de 1589 ont été décrites par Andrea Bacci, dans son 3e livre *del Tevere*.

(7) L'inondation de 1598, la plus considérable connue jusqu'alors, a été décrite par tous les hydrauliciens, par P. Beni et J. Castiglione, notamment, avec des contradictions dont l'architecte J. Fontana exagéra encore la portée dans ses évaluations; ce qui rend très difficile l'appréciation des effets de cette crue, pour laquelle le pape Clément VIII, par son encyclique du 23 janvier 1898, exhorta le clergé et le peuple à faire pénitence, et ordonna des prières publiques.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

au-dessus du niveau du fleuve à la Minerve (1); ordonnée 19m,50. Les plaques rappelant les hauteurs des eaux sont placées à la via Paola, au palais Stoppani, au Saint-Esprit, au palais Crescenzi, à la porte du Peuple, à la via Florida, à Saint-Barthélemi des Vaccinari (2).

1606, 23 janvier. Paul V. 9 palmes à la Minerve; ordonnée 18m,26.

1628, 22 février. Urbain VIII. 6 palmes à la Minerve.

1637, 22 février. Urbain VIII. 6 palmes à la Minerve; ordonnée 17m,55.

1647, 22 février. Innocent X. 11 palmes à la Minerve.

1660, 3 ou 5 novembre. Alexandre VII. 10 palmes à la Minerve, 17m,11 au-dessus du zéro de Ripetta.

1686. Innocent XI. 16 mètres au-dessus du zéro de Ripetta.

1702. Clément XI. 15m,41 au-dessus du zéro de Ripetta.

1742. Benoît XIV. 15m,02 au-dessus du zéro de Ripetta.

1750. Benoît XIV. 15m,58 au-dessus du zéro de Ripetta.

1805, 5 février. Pie VII. 16m,42 au-dessus du zéro de Ripetta.

1843, février. Grégoire XVI. 15m,34 au-dessus du zéro de Ripetta.

1846, décembre. Pie IX. 16m,25 au-dessus du zéro de Ripetta.

D'après leur hauteur au-dessus du zéro de l'hydromètre de Ripetta, les crues extraordinaires du Tibre, observées depuis le XIIIe siècle, se classent dans l'ordre suivant :

1742, janvier, 15m,02.	1495, décembre, 16m,86.
1843, février, 15m,34.	1378, novembre, 17 mètres.
1702, décembre, 15m,41.	1660, novembre, 17m,11.
1750, décembre, 15m,58.	1637, février, 17m,55.
1686, novembre, 16 mètres.	1606, janvier, 18m,26.
1280, décembre, 16m,02.	1557, septembre, 18m,90.
1805, février, 16m,42.	1530, octobre, 18m,95.
1846, décembre, 16m,25.	1598, décembre, 19,50.

Ce sont là les crues extraordinaires et exceptionnelles dont la fréquence, pendant les six derniers siècles, a été calculée de vingt ans; mais il y aurait lieu de tenir compte des crues moins désastreuses, de 14 à 15 mètres, dont le retour, pendant cinquante ans, a été bisannuel, et enfin, des crues ordinaires au-dessus de 9 mètres, qui, chaque année, pendant une moyenne de vingt jours, ont inondé les caves des habitations et des édifices, refoulant les eaux des égouts et relevant le niveau des eaux souterraines jusqu'à de grandes distances des rives.

On conçoit quel devait être l'état de la ville, quand le niveau moyen du sol

(1) Inscription à la Minerve :

Redux Recepta Pontifex Ferraria
Non ante tam superbi huc usque Tybridis
Insanientes execratur vortices (Anno Domini MDXCVIII)

(2) Inscription à Saint-Barthelemi :

Ultrices huc usque Tybris
Dum tolleret undas
Extincta est partu Virginis
Ira Dei (Die vigesima quarta Decembris Anno MDIIC).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

des quartiers les plus populeux était à peine de 15 mètres. Tant que les crues ne dépassaient pas cette cote, l'inondation toute locale remplissait les dépressions près des bords, et submergeait les terrains par infiltration; ou bien, elle s'étendait à l'intérieur, en noyant les égouts qui agissaient à la manière de siphons. Envahissant lentement, par expansion, et non par courant, les eaux atteignaient des niveaux différents, faute de communications entre les localités submergées, par suite du relief du sol bâti, et se retiraient avec une grande lenteur.

Dans les grandes inondations, au contraire, le Tibre, quittant son lit sinueux et resserré, transportait dans la vallée d'amont son lit majeur, changeait en même temps la direction de son courant, et la masse des eaux s'écoulant alors par la voie la plus courte, tournant les obstacles, ou les emportant dans les courants secondaires, débouchait dans la ville par la porte Flaminia (1), faisait irruption par la via Lata et noyait tout jusqu'à Saint-Pierre.

Malgré l'exhaussement produit dans la suite des siècles, le sol de Rome jusqu'à nos jours n'était pas plus à l'abri du fléau que du temps des Romains. On peut même dire qu'en l'absence d'un système rationnel d'égouts, en remplacement des cloaques anciennes, d'une canalisation des eaux souterraines et superficielles, comparable à celle des Romains, et des obstacles accumulés dan le sol même, qui empêchaient le retrait des eaux devenues stagnantes, la situation n'avait fait qu'empirer.

Pour une crue normale, celle de 1702, dont le niveau était à la cote de $9^m,85$ au-dessus de l'étiage, l'administration française fit exécuter un nivellement, à l'aide de 616 repères différents, afin de se rendre compte des parties submersibles de la ville. Il résulta de ce travail que, sur la rive gauche, dans la partie occupée par le champ de Mars et le cirque Agonal, 52 points étaient situés à une cote inférieure à ce niveau, et, par conséquent, soumis aux inondations moyennes. Dans la partie au S., jusqu'au pied de l'Aventin, que bornent les racines du mont Palatin, comprenant le champ de Flore, les Forum et le Vélabre, 85 points étaient également accessibles aux inondations moyennes, le sol s'abaissant de 3 mètres jusqu'à $4^m,35$ au maximum au-dessous du plan des hautes eaux. Enfin, sur la rive droite, on trouva 62 points submersibles, principalement dans le Borgo et à la Longara.

Par toutes les crues du niveau de celle de 1702, 200 localités pouvaient être ainsi recouvertes de 3 à 4 mètres d'eau (2). Une crue comme celle de 1598 avait dû submerger la presque totalité de la ville basse.

Si une crue de $9^m,45$ au-dessus du niveau d'étiage qui n'a pas sensiblement

(1) Cette porte fut renversée deux fois de suite, en 778 et 791.
(2) De Tournon, *loc. cit.*, II, 208.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

varié, pouvait couvrir une grande partie de Rome, comme le fait observer De Tournon, une crue de 6 à 7 mètres, c'est-à-dire un événement périodique, sinon très fréquent, devait suffire pour inonder la même superficie aux temps anciens.

« On s'étonne, dit-il, qu'un peuple aussi puissant que le peuple romain n'ait rien fait pour délivrer Rome de ce fléau, qui explique ainsi la rareté des monuments dans les quartiers inférieurs de la ville, parce qu'ils n'ont pas pu résister aux ébranlements causés par les tassements inégaux résultant de l'humidité d'un sol sans cesse détrempé (1). »

Projets divers. — Les grandes inondations du Tibre, survenues au XVI^e^ siècle, déterminèrent, il est vrai, le gouvernement pontifical, à partir du pape Pie V, qui en fit l'objet d'un édit publié (1570), à stimuler les esprits *ingénieux* dans la recherche des moyens propres à porter remède aux débordements.

De nombreux ingénieurs hydrauliciens répondirent à cet appel, indépendamment de Bacci, de Beni, de Castiglione et de Honorio Lunghi. *Nil dictum quod non dictum sit prius*, fait remarquer justement Brioschi, en résumant quelques-unes des panacées qui étaient proposées comme infaillibles, ou comme indispensables.

Tandis que Bacci (2) est d'avis « d'élargir et de nettoyer le chenal du Tibre, de consolider les berges et de redresser le courant, en enlevant tous les obstacles sur son passage », Beni (3), jugeant tous ces moyens insuffisants, opinait pour une dérivation à travers les Prati del Castello, et un agrandissement des ponts. Lombardi se range de cette opinion et propose l'addition d'un barrage régulateur au-dessus de Orte, « barrage robuste et compact qui mette un frein aux crues soudaines, formées d'ordinaire en cette localité, et retienne les eaux dans les vallées jusqu'à ce que celles de l'Abruzze se soient déchargées dans le fleuve » (4).

L'ingénieur Galli croit à l'efficacité de l'agrandissement des ouvertures des ponts et au déblai du chenal (5), mais Domenichi conteste l'utilité de ces moyens, et suggère « que l'on creuse un large chenal en amont du pont Molle, « et qu'on le dirige à la mer par la voie la plus courte; qu'il soit profond, et « que moyennant un barrage, on n'y laisse entrer que l'eau excédante du Tibre. « suivant une pente réglée » (6).

Gualtieri, de Pérouse, soumet à son tour quatre remèdes « bons et certains », à savoir :

(1) De Tournon, *loc. cit.*, 206.
(2) Bacci Andrea, *Del Tevere*, 1576.
(3) Paolo Beni. *Discorsi sopra l'inondazione del Tevere alla S. di N. S. Clemente VIII*, 1599.
(4) Carlo Lombardi. *Discorso sopra la causa dell' inondazione di Roma*, 1601.
(5) Niccolò Galli, ingegnere. *Discorso sopra l'inondazione del Tevere*, Perugia, 1616.
(6) Cesare Domenichi. *Trattato della inondazione del Tevere e del suo rimedio*, Roma, 1609.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

1° Faire place d'abord à l'écoulement des eaux des grosses pluies;

2° En dériver le volume nécessaire, sans porter préjudice pour cela à la navigation;

3° Régulariser les cours d'eau, torrents et ruisseaux qui affluent dans le fleuve;

4° Combiner ces trois procédés, ou deux d'entre eux, pour arriver aux fins proposées (1).

A cet effet, il projetait de détourner du Tibre et de ses affluents :

a) Les eaux qui, entre Acquapendente, Torre Alfina et Montefiascone, descendent dans la Paglia, pour les mener à la mer par le lac de Bolsena et la Marta;

b) Les eaux des monts Rossi et della Tregghia, pour les déverser dans le lac de Bracciano;

c) Les eaux de l'Anio, au-dessous de Tivoli, pour les conduire hors de Rome et en aval jusqu'au Tibre.

Ce projet, que le pape Paul V approuva en 1615, ne fut pas mis à exécution pour des motifs restés inconnus.

Castelli attribue au déboisement des montagnes les crues plus fréquentes et plus fortes. « Le remède serait d'interdire l'abatage des arbres dans les bois et forêts, et de ne plus concéder que le bois sans déracinement. »

L'ingénieur Barattieri, après avoir discuté l'efficacité des moyens indiqués jusqu'alors, incline vers celui qui a pour objet « d'élargir le lit du fleuve, de telle sorte que les crues, même les plus puissantes, y soient contenues, sans pouvoir déborder. Son avis est, en conséquence, d'élever les berges par un endiguement, et comme les digues en terre sur certains points offriraient de sérieuses difficultés de construction, de les remplacer par des murs... » (2).

Cornelius Meyer, ingénieur hollandais, constate que depuis Nicolas III jusqu'à Alexandre VII, les papes, non moins émus que les empereurs, des désastres infligés aux édifices et aux habitants par les inondations, « s'employèrent à l'envi au soulagement de la malheureuse cité et ne cessèrent de consulter mathématiciens et ingénieurs les plus compétents. Si rien ne s'est fait, c'est que les avis furent si différents, que le choix du meilleur était impossible » (3).

L'administration des papes, succédant à celle des empereurs, fit en somme beaucoup moins qu'elle, non seulement pour la régularisation du fleuve, mais encore pour la navigation et pour le système de communications entre les deux rives du Tibre.

Les ponts. — *Pont Sublicius.* — Le pont Sublicius ne fut plus relevé. Les restes furent démolis sous Nicolas V, en 1454, et à cette occasion, on se servit

(1) Cesare Gualtieri, *Breve discorso circa i modi di rimediare l'inondazione del Tevere, in Roma,* 1616.

(2) Giov. Batt. Barattieri, *Architettura d'Acque.* Piacenza, 1699.

(3) Cornelio Meyer, *L'Arte di restituire a Roma la tralasciata navigazione del suo Tevere.* Roma, 1685.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

des matériaux pour fabriquer des boulets. Les culées qui apparaissaient à fleur d'eau devant l'hospice Saint-Michel, sur le quai de Ripa Grande, et les fondations des piles qui entravaient la navigation, n'ont été enlevées que par les récents dragages (1).

Pont Palatin ou *Rotto*. — Le pont Æmilius ou Palatin, appelé pont Sainte-

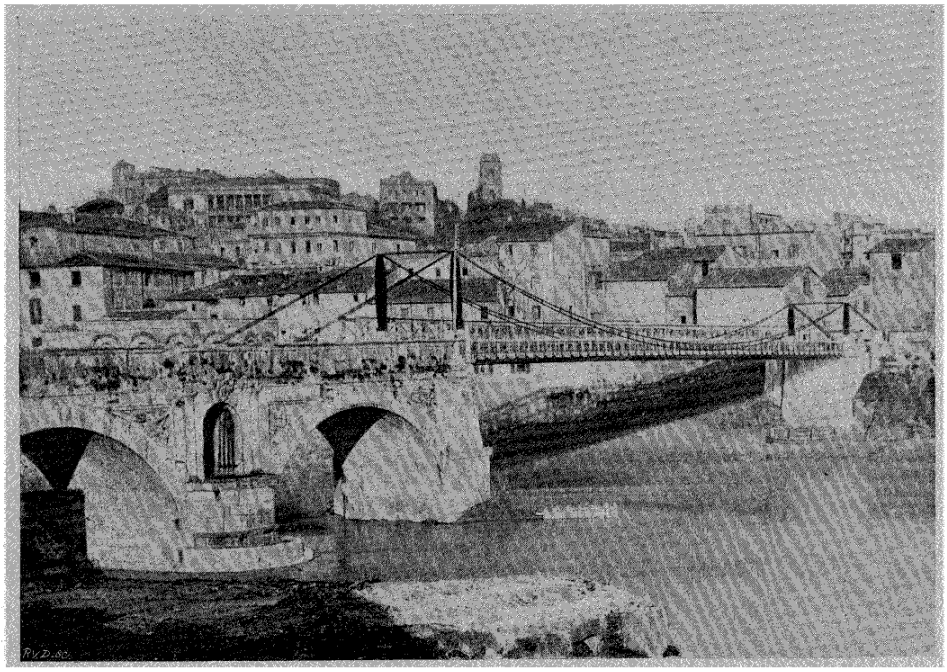


Fig. 32. — Pont Palatin ou Rotto ; vue perspective, en 1870.

Marie, au moyen âge, et aussi pont Sénatorial (*Senatorius*) (2), s'écroula dans une crue, au XIIIe siècle, et fut rebâti par Honorius III (1216-1227). Détruit de nouveau par une inondation, il fut reconstruit sous Jules III, en 1554, par les soins de l'architecte Bacio Bigio; mais à peine terminé, il fut encore renversé, comme l'avait prédit Michel-Ange, à cause des mauvaises fondations sur les anciens piliers, dans une grande inondation qui eut lieu sous Pie V. Grégoire XIII

(1) L'administration française avait projeté le rétablissement du pont Sublicius qui aurait relié le quartier du port de Ripagrande à la partie méridionale de la ville. D'après les projets de cette construction, faits par Navier, le pont aurait eu trois arches, 100 mètres de longueur et un débouché de 82m,50. Étudié plus tard comme pont suspendu, il avait été évalué par Texier et Polonceau à 130 000 francs. (De Tournon, *loc. cit.*, 190.)

(2) Le nom de *Senatorius*, donné au pont Palatin par certains auteurs, est tout à fait inconnu des classiques. (Nibby, *loc. cit.*, 281.)

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

le fit rétablir en bois. « Le but n'ayant pas été atteint, et la dépense demeurant inutile, l'ouvrage fut reconstruit d'après un autre projet, avec plus de frais, sur de nouvelles fondations en pilotis, puis revêtu de marbre et restauré (d'après les dessins de Matteo di Castello) sous la forme qu'il avait lorsque l'inondation de Noël de l'an dernier (1598) le ruina. Étant trop bas, on décida

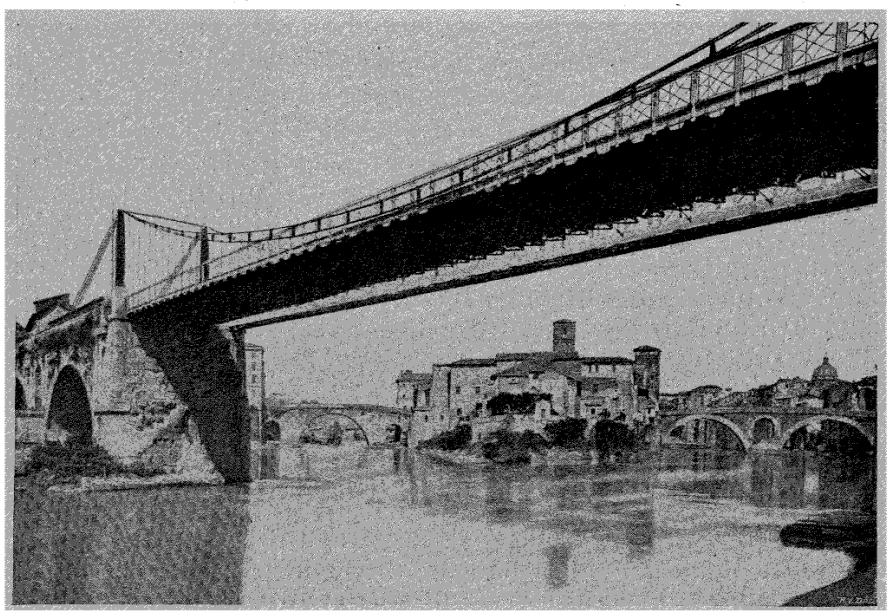


Fig. 33. — Pont Palatin ou Rotto; vue de l'île Tibérine et des ponts Fabricius et Cestius.

de le faire excaver et de ne point le restaurer, sinon pour un passage en bois, en vue de la commodité de l'année sainte (1). »

Deux arches étaient détruites; il n'en restait plus que trois sur la rive du Transtévère; deux plus petites les séparaient pour l'écoulement des hautes eaux.

Un pont suspendu remplaça finalement, en 1853, la passerelle en bois qui utilisait les piliers encore debout, et rejoignait la rive gauche au-dessus du vide laissé par les arches détruites, en face du temple de la Fortune Virile. Devenu praticable, grâce au tablier suspendu aux arches en maçonnerie, le pont *Rotto* (fig. 32), c'est ainsi qu'on le désigna depuis Grégoire XIII, rétablit la communication la plus courte avec le Transtévère (2).

(1) Andrea Baccio, traducteur de l'ouvrage de Gomesio, *De prodigiosis Tyberis inundationibus*, 1531, l'annotait en ces termes. (*Del Tevere*, 1599.)

(2) Les travaux furent exécutés aux frais d'une compagnie française qui obtint le droit de péage pour 99 annees.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le pont *Rotto* méritait bien le nom qui lui fut donné en dernier lieu. Dans les 1799 années écoulées depuis la première inondation du Tibre, mentionnée par Tite Live, il avait été emporté quatre fois. « Si on ne peut pas attribuer cet accident à des vices de construction, du moins faut-il reconnaître que sur ce point les conditions du régime du fleuve étaient toutes particulières (1) », ou bien, que l'obliquité de son axe relativement au courant était une cause fatale de ruine.

La figure 33, en même temps que la vue du tablier et des vieilles arches du pont Rotto, tel qu'il exista jusqu'en 1890, montre la perspective de l'île Tibérine, avec ses deux ponts *Quattro Capi* et *San Bartolomeo*.

Ponts de l'île Tibérine. — Des deux ponts romains reliant l'île et conservés à peu près intacts jusqu'à nous, le premier, *Fabricius*, reçut plus tard le nom de *Quattro Capi*, à cause des hermès de Janus à quatre têtes (*Janus quadrifons*), servant de pilastres aux balustrades de bronze. Deux de ces hermès furent longtemps enchâssés dans les parapets en maçonnerie. Ses deux arches en plein cintre, de 25 mètres de diamètre, avec naissances à l'étiage, sont séparées par une pile dans laquelle une petite voûte est destinée à l'écoulement des crues.

Le second pont, Cestius (fig. 34), appelé depuis pont Saint-Gratien et pont Saint-Barthélemi (*San Bartolomeo*), du nom donné à l'île, avec une seule arche en plein ceintre, de 24 mètres et deux ouvertures latérales en forme de petites voûtes, complétait le débouché à l'étiage, de 700 mètres carrés environ.

Pont Triomphal. — Les débris de murs élevés au moyen âge sur les fondations de l'ancien pont, près des rives, que l'on voyait encore au commencement du siècle, ne furent démolies qu'en 1812, pendant l'occupation française, pour améliorer la navigation.

Le pape Jules II eut l'intention de reconstruire le pont Triomphal pour prolonger la *via Giulia* qu'il avait percée sur la rive gauche; mais en 1863 seulement, une passerelle suspendue fut établie pour desservir la Lungara et le Transtévère, à partir du Rione Ponte (2).

Pont Sisto. — Sur les ruines de l'ancien pont Janicule, Sixte IV fit réédifier, en 1474, par Baccio Pintelli, le pont qui porte son nom.

Composé de quatre arches inégales en plein ceintre, dont la principale mesure 20 mètres de diamètre, et la plus petite, 17 mètres, avec une pile au centre percée d'une lucarne, et des naissances de voûte au niveau d'étiage, le pont Sisto, de 98 mètres de longueur totale, offrait, avant son remaniement récent, un débouché d'environ 550 mètres cubes (3) : mais ce débouché se réduisait d'autant plus que la veine du courant se resserrait en hautes eaux.

(1) Betocchi, *le Inondazioni del Tevere*, *loc. cit.*
(2) Murray, *loc. cit.*, 10.
(3) Canevari, *Allegato G*, *loc. cit.*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pont Saint-Ange. — Sous le pontificat de Nicolas V, en 1450, le pont Ælius fut restauré à la suite d'une catastrophe dans laquelle cent soixante-douze personnes furent précipitées et noyées dans le Tibre.

Le peuple revenait en foule de la basilique de Saint-Pierre, où, pour la cérémonie du jubilé, on avait exposé le saint suaire, et le pontife avait donné sa bénédiction *urbi et orbi*. La masse était si pressée entre les baraques et les boutiques accotées aux parapets du pont, qu'ils cédèrent en entraînant hommes,

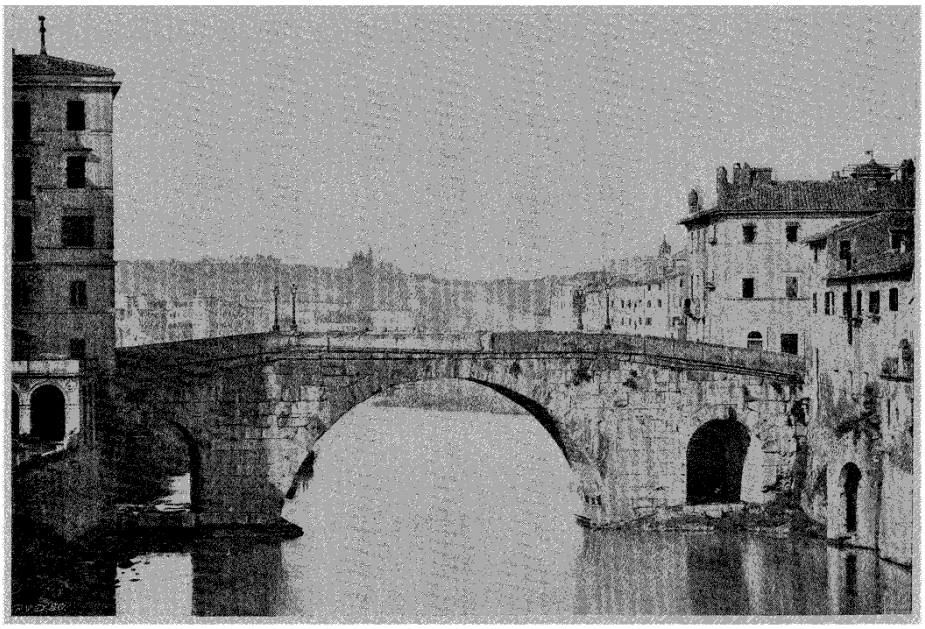


Fig. 34. — Pont Cestio de l'île Tibérine, en 1870.

femmes et enfants pêle-mêle dans le fleuve. Pour éviter à l'avenir un pareil malheur, Nicolas V fit démolir les boutiques, relever les parapets et abattre un certain nombre de maisons qui obstruaient la tête du pont afin d'y former une place. Le souvenir de ces travaux a été conservé sur un des piliers par les majuscules N. P. P. V. (1).

Restauré ainsi par Nicolas V, le pont Saint-Ange perdit deux petites arches qui furent enterrées dans la rive. Il n'en conserva plus que trois principales en demi-cercle de 18 mètres de diamètre, et trois petites, en parties obstruées, de 7 mètres d'ouverture. La longueur étant de 100 mètres environ, la largeur fut portée à 13 mètres (fig. 14).

(1) Nibby, *loc. cit.*, 329.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

En 1530, Clément VII fit ériger à l'extrémité du pont Saint-Ange, du côté de la rive gauche, les statues des saints Pierre et Paul, la première sculptée par Lorenzetto, et la seconde, par Paul Romain.

Dans le XVII^e^ siècle, en 1668, Clément IX fit mettre le pont, sous la direction de Bernin, dans l'état où les gravures le représentent jusqu'en 1890. La balustrade en travertin fut garnie de grilles en fer; des statues en marbre représentant dix anges qui tiennent les instruments de la Passion, sculptés par les élèves de Bernin, à l'exception de l'ange qui porte la croix, ouvrage du maître, furent dressées sur les contreforts, avec leurs piédestaux (fig. 35). « Le pont Saint-

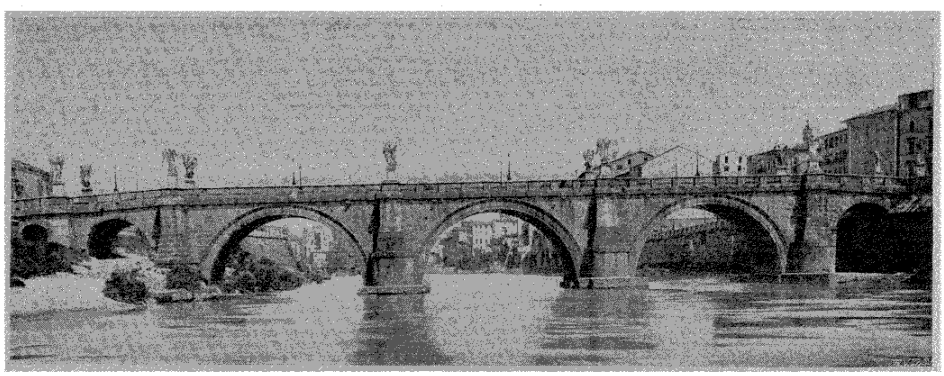


Fig. 35. — Pont Saint-Ange, en 1870.

Ange ainsi décoré est sans contredit, suivant Nibby, le plus beau de tous ceux qui existent à Rome. »

Au moyen âge, la tour massive du môle d'Adrien, le plus inébranlable des anciens monuments de Rome, avait été convertie déjà en forteresse, bien avant que Marozia, fille de Théodora, s'en fût emparée par surprise contre le pape Jean X (958).

« Bâti de l'autre côté du Tibre, à l'extrémité du pont du même nom, le château de Saint-Ange commande la communication entre le Vatican et le champ de Mars, le cours supérieur du fleuve et les approches de la ville du côté de la Toscane et de tout le nord de l'Italie. Aussi cette forteresse, dans le moyen âge, de même que de nos jours, a-t-elle été considérée comme la clef de Rome (1). »

Pont Milvio ou *Molle*. — Appelé *Pont Molle*, l'ancien ouvrage fut réparé successivement par les papes Nicolas V et Calixte III, dont on voit les armes sur la tour, et enfin par Pie VII, en 1815, qui le fit reconstruire en entier. On le décora alors des statues du Christ et de saint Jean-Baptiste par Mocchi, ainsi que d'un arc de triomphe (fig. 36).

(1) Simonde de Sismondi, *Hist. des Répub. italiennes*, I, 171.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Une des arches, détruite par les troupes pontificales, en mai 1849, pour s'opposer au passage de l'armée française, fut rétablie dès 1850, et le pont tout entier fut rendu plus commode pour la circulation.

Pont Salario. — Souvent réparé depuis Narsès, le pont Salario avait été à peu près conservé jusqu'en 1867, lors de la tentative de Garibaldi sur Rome. Les troupes papales firent sauter à cette occasion l'arche maîtresse ; mais on

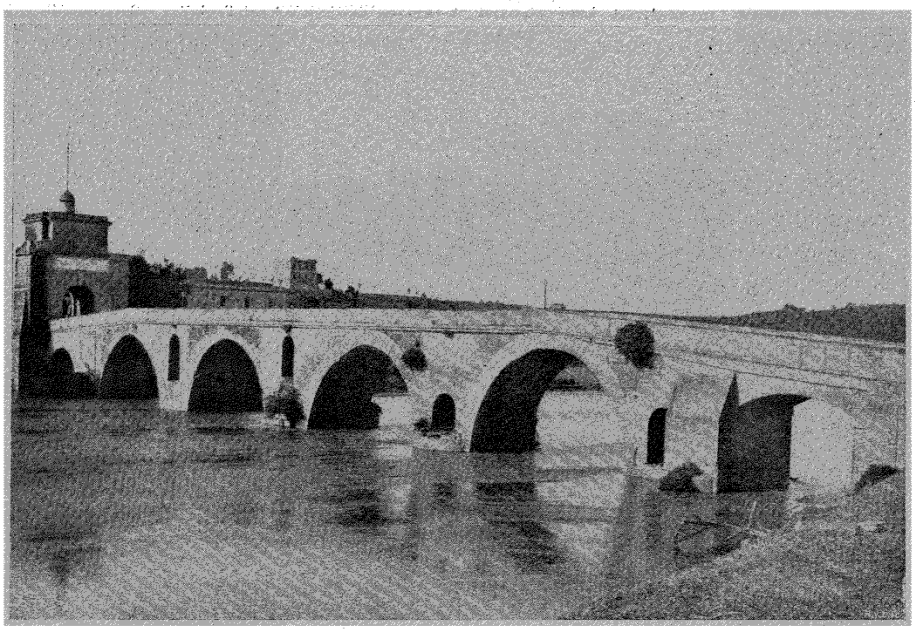


Fig. 36. — Pont Milvio ou Molle.

rétablit le passage aussitôt après. Les dernières ruines ont disparu en 1874 pour faire place à un pont métallique.

Pont Nomentano. — L'ancien pont jeté par Bélisaire, que Nicolas V a coiffé d'un chalet à créneaux en queue d'aronde, est représenté dans la figure 37. « Corbeille murale, dit Wey, sur cet agreste cours d'eau de l'Anio, il meuble d'une façon originale un paysage d'une simplicité tranquille. »

Pont Felice. — Le seul pont entièrement moderne jeté sur le Tibre, sous l'administration pontificale, est celui que fit construire Sixte V près de Borghetto, pour les communications alors très importantes avec les provinces du N.-E.

Commencé en 1589 par Fontana, le célèbre architecte, et achevé en 1600 par Maderno, son neveu, sous le pontificat de Clément VIII, il a quatre arches et 89 mètres de longueur.

Navigation. — Le pont Felice sert de limite à la navigation fluviale jusqu'à

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

la mer, sur un parcours de 144 kilomètres, avec un tirant d'eau minimum de 2 mètres. Pour une pente kilométrique de $0^{m},30$, la vitesse superficielle par seconde est de 1 mètre au maximum.

A 100 kilomètres en amont du pont Felice, le Tibre n'est plus que flottable sur un parcours de 200 kilomètres; les trains de bois naviguent sur environ 70 kilomètres dans la province de Pérouse.

Dans Rome même, la navigation est interrompue sur une longueur de

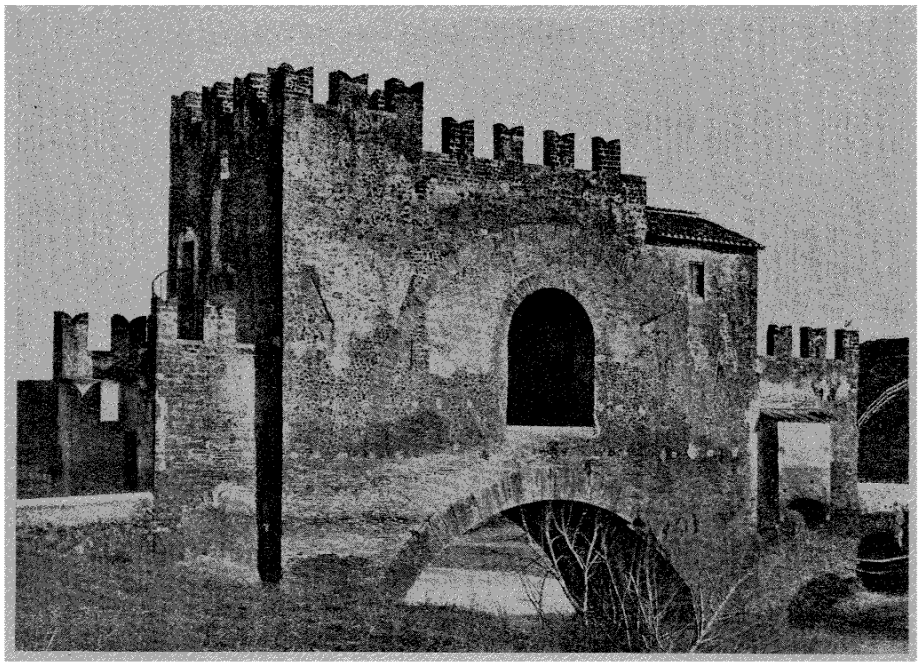


Fig. 37. — Pont Nomentano sur l'Anio.

3700 mètres, de sorte qu'elle s'arrête, en amont, à Ripetta, et qu'elle reprend, en aval, à Ripagrande.

Sur la section d'amont, la portée des barques étant de 60 tonneaux, le tonnage des marchandises est resté très faible.

Le flottage des bois s'opère à l'aide de radeaux de 4 mètres de longueur sur 3 mètres de largeur, guidés par deux hommes. Ils partent au nombre de dix à douze, naviguent séparément sur 30 kilomètres pour pouvoir passer trois écluses de moulins, puis se soudent pour ne plus former qu'un ou deux radeaux, montés par cinq hommes chacun. Le total des bois flottés ne dépasse guère 100 tonnes annuellement.

Sur la section d'aval, le nombre des barques chargeant 150 tonneaux au maxi-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mum est de 500; elles transportent annuellement en moyenne 36 000 tonnes, dont 15 000 en marchandises et denrées diverses, et 21 000 en matériaux de toutes sortes. Des bateaux à la descente, au nombre réduit de 120, transportent environ 3 600 tonnes de bois à ouvrer, et de chauffage (1).

Sous les papes, l'entretien des rives était donné à l'entreprise. Depuis 1870, tous les travaux qu'exigent l'entretien et l'amélioration de la navigation dépendent de l'administration du génie civil.

D'après cette statistique qui remonte à 1878, on peut se demander comment

Fig. 38. — Quai et ancien port de Ripetta (1870).

des conditions hydrauliques, si exceptionnelles quant à la capacité navigable, ont pu être aussi longtemps méconnues et négligées.

Il était pourtant facile de régulariser le Tibre jusqu'au confluent de la Nera, et plus haut encore, quelques-uns des affluents, de façon à avoir un tirant d'eau permanent de plus de 2 mètres, ce qui eût permis d'augmenter le nombre et le jaugeage des bateaux pour pénétrer dans des vallées importantes où se trouvent des centres manufacturiers et miniers, et attirer vers la capitale le trafic d'un bassin hydrographique de 17 000 kilomètres carrés.

Pour la navigation en aval de Rome, il n'est guère possible de compter sur

(1) *Cenni monogr., Navigazione interna* VI. (P. d'Ambrosio), 1878.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

des bâtiments de fort tonnage, non pas tant à cause du tirant d'eau, que de l'absence de marées assez fortes pour leur permettre de forcer la passe et de remonter le bras du delta que l'art se montre impuissant à améliorer.

En attendant l'achèvement des grands travaux entrepris par le gouvernement italien depuis 1876, c'est au nouveau port de Ripetta qu'aboutit la section navigable d'amont, et de l'ancien port de Ripagrande que part toujours la section d'aval jusqu'à la mer.

Port de Ripetta. — L'ancien port de Ripetta avait été construit par ordre de Clément XI, en face de l'église Saint-Roch, d'après les plans d'Alexandre Specchi. Il se composait d'une suite de larges degrés et de murs de soutènement

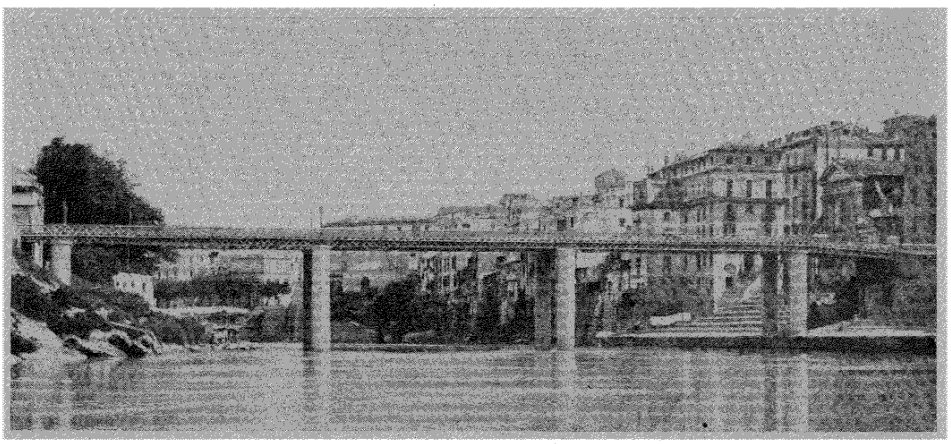


Fig. 39. — Pont de Ripetta, avec accès au quai.

ornés de moulures (fig. 38). Les matériaux provenaient de l'un des arcs du Colisée qu'un tremblement de terre avait fait tomber en 1703. Deux colonnes de marbre graduées portaient les marques des crues du fleuve depuis 1598 (1). Au milieu du quai auquel donnait accès le pont à quatre rangs de doubles piles, avec tablier métallique (fig. 39), le port était décoré d'une fontaine avec balustrade.

Au port de Ripetta abordaient les barques de la Sabine et de l'Ombrie, venant du haut Tibre, chargées de vin, d'huile, de fourrages, de bois à brûler et de construction, de charbon de bois, etc. Ces barques, de dimensions différentes (*ciarmotte*, *barchette*, *barchettoni*, *navicelli*), d'une longueur variant entre 5 et 7 mètres et d'une largeur comprise entre 3 et 7^{m},50, ont un tirant d'eau de 0^{m},50 et 1^{m},15.

(1) Dans la terrible crue de 1598, les eaux auraient monté jusqu'à la boule qui surmonte les colonnes. (Nibby, *loc. cit.*, 193.)

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Port de Ripagrande. — Le second port, situé près du point où le Tibre sort de Rome, est beaucoup plus vaste que le précédent. Le pape Innocent XII le fit construire vers 1092, en même temps que la Douane, sur les plans de Mathias de Rossi.

Sous le pontificat de Pie VII, on érigea la lanterne, et Grégoire XVI compléta l'ouvrage, qui est formé de plusieurs larges rampes et décoré de fontaines (fig. 40).

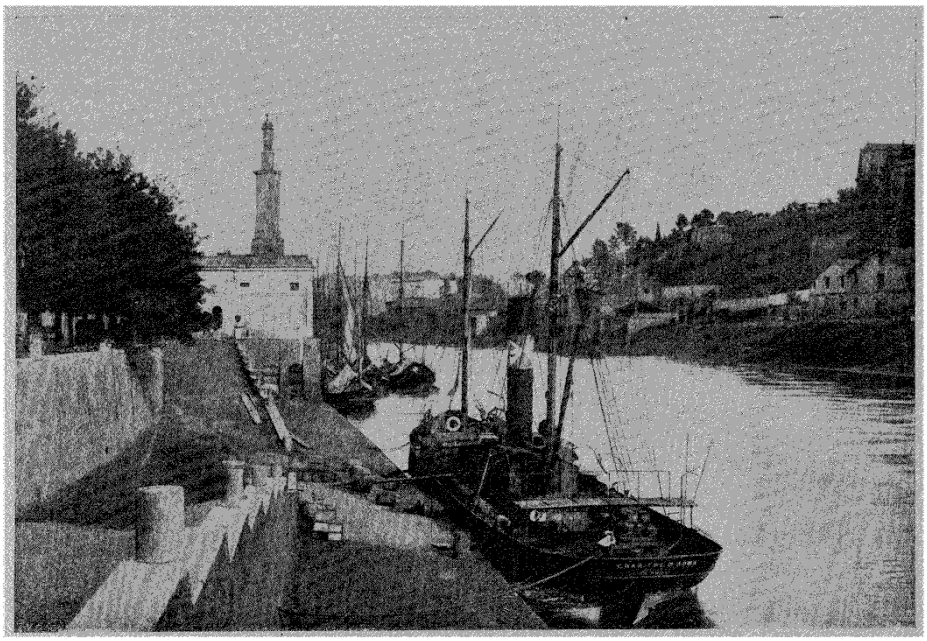


Fig. 40. — Port de Ripagrande.

Derrière le port, la longueur du quai est occupée par le grand édifice de l'hospice Saint-Michel.

A l'embarcadère de Ripagrande se font les chargements et déchargements des marchandises transportées par voie de mer, et des voyageurs, en bien petit nombre, amenés par les pyroscaphes.

Le trafic principal de la section d'aval consiste, à la remonte, en vins, fruits, salaisons et sel, ardoises, marbres, houille, fers, bois de construction, et de chauffage, etc., et à la descente, en os, chiffons, papiers, pouzzolane et matériaux divers.

Les bateaux et les pyroscaphes ont une portée maxima de 200 tonneaux.

« De nombreux navires constamment amarrés dans le fleuve, élevant pittoresquement leur mâtures et leurs antennes au-dessus des édifices de l'hospice

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Saint-Michel et le long des pentes de l'Aventin, donnent un aspect particulier à ce coin de la ville (1) (fig. 41). »

Jusqu'à *Capo-due-Rami* où le Tibre reprend son cours naturel par le bras de Fiumara jusqu'à la mer, la navigation s'opère sur un parcours de 30 kilomètres et demi environ, la largeur variant entre 67 et 150 mètres, et la profondeur entre $2^m,30$ et $6^m,50$. A partir de *Capo-due-Rami*, le bras Fiumara n'offrant plus que 1 mètre de profondeur, la navigation emprunte le canal de Trajan, ou Fiumicino.

Port et canal de Fiumicino. — Quand le canal de Trajan et le port de Claude se furent ensablés, de même que le bras naturel du fleuve, après la chute de l'Empire la navigation ne put être rétablie que sur ce dernier. C'est notamment par l'ancienne embouchure d'Ostie qu'eurent lieu, en effet, les invasions des Sarrasins qui dévastèrent la campagne de Rome. Aussi, pour défendre l'entrée sur la rive gauche, le pape Martin V, en 1420, fit-il ériger la tour de Boacciano, et Saint Pie, en 1659, celle de Saint-Michel.

En 1616, Paul V confia à l'architecte Charles Maderno les travaux de restauration du canal de Trajan abandonné ; les parois d'entrée furent reprises sur pilotis et prolongées à l'aide de deux môles en mer. Alexandre VII, en 1662, et Clément XII, en 1773, élevèrent les tours qui portent leur nom, pour la défense de l'embouchure.

Le canal de Fiumicino, dirigé du N.-E. au S.-O., a une longueur de 4 kilomètres; mais du point où l'entrée est revêtue en charpente jusqu'à l'extrémité en mer, tournée à l'O., quart S.-O., la longueur est de 900 mètres. Sa largeur varie entre 31 et 33 mètres, sauf vers l'embouchure, où elle se réduit à 20 mètres. Le tirant d'eau intérieur de $2^m,50$, suffit pour des navires d'une portée maxima de 125 tonneaux.

Des deux môles, celui de droite, ou de l'O., est plus long de 20 mètres que le môle de gauche ; il a 8 mètres de largeur, tandis que le second n'en a que 6. Ils sont formés de solides palissades en charpente de châtaignier ($0^m,40$ et $0^m,50$), encadrant des pierres de dimensions moyennes.

Dans la position qu'ils occupent, d'après les plans de Maderno, les môles n'étaient plus éloignés de la plage que de 42 mètres à l'E. et de 35 mètres à l'O. ; mais depuis 1842, d'après les avis de l'ingénieur Brighenti, celui de gauche fut allongé de 30 mètres, puis de 20 mètres, jusqu'à ce qu'en 1847, on décida d'allonger également de 30 mètres celui de droite.

Outre les feux du port, un phare dioptrique de 3e classe, élevé sur le haut de la tour Saint-Michel, à 1 700 mètres de la pointe méridionale, a une portée maxima de 15 milles.

(1) De Tournon, *loc. cit.*, 192.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pour une différence de 0m,26 entre le flux et le reflux, le port du Fiumicino

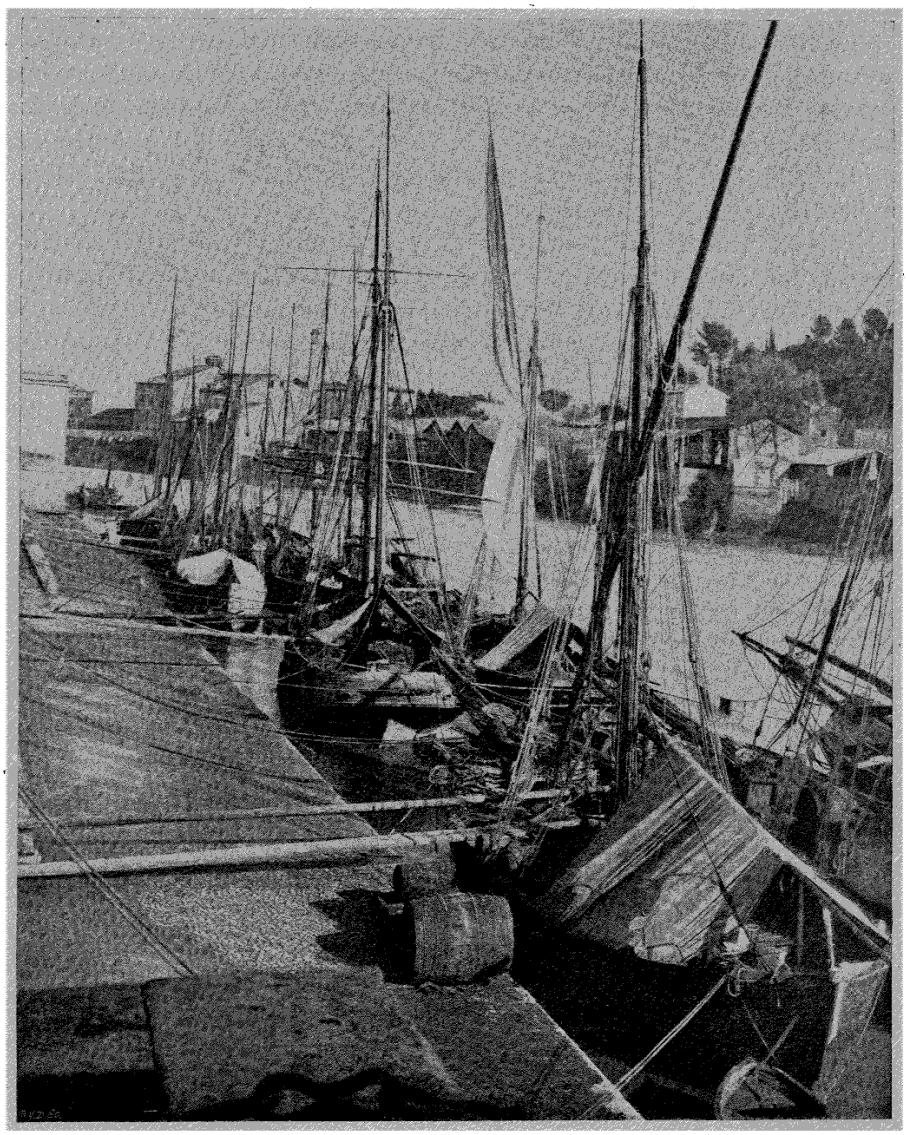


Fig. 41. — Embarcations du Tibre, au quai de Ripagrande.

offre en toute saison un bon mouillage aux navires qui ont 2m,50 de tirant d'eau

La navigation descendante de Rome à la mer par le canal de Fiumicino dure

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de quatre à six heures, et la remonte sur 37 kilomètres, à l'aide de remorqueurs, neuf heures.

Le trafic d'exportation comprend presque exclusivement des pouzzolanes provenant des carrières voisines du Tibre, et celui d'importation, principalement des vins de Sicile et des îles voisines, des ardoises, du pétrole, du plâtre de Toscane, etc.

En 1876, 581 navires avaient transporté 23 430 tonneaux, et 1 297 navires avaient fait relâche dans le port (1).

Port de Civita Vecchia. — L'abandon où le port de *Centum Cellæ* fut laissé pendant les siècles de barbarie était tel, d'après Muratori, que sous le pontificat de Grégoire IV, au IX^e^ siècle, ce qui en restait fut détruit, et le bassin fut comblé pour empêcher les incursions des Sarrasins.

En 1616, le même pape Paul V, qui avait fait rouvrir le canal de Fiumicino, décida d'améliorer le port de Civita Vecchia, en le faisant déblayer pour reprendre en sous-œuvre les murailllements des fondations; il le dota d'une tour-fanal.

Au XVII^e^ siècle, Urbain VIII restaura le port et l'ouvrit au commerce, après l'avoir fait approfondir. D'après une inscription de 1727, à la porte de la darse, la profondeur moyenne du bassin n'était encore que de 3^m^,47, et celle entre le brise-lames et le port, de 6^m^,62, variant depuis 7^m^,45 à la passe de l'Est, jusqu'à 4^m^,60, à celle de l'Ouest.

En 1832 et 1838, les banquettes de la darse furent élargies et remaniées; en 1843, on construisit le plan incliné de la porte Livourne au Fontanone, et en 1860, on remplaça le phare par un appareil lenticulaire du système Fresnel.

Le port de Civita Vecchia, absolument artificiel, est resté tel qu'il a été formé par les Romains en eau profonde, à l'aide de deux môles dirigés l'un à l'E., de forme circulaire, et l'autre à l'O., en ligne brisée, et d'un brise-lames dirigé du S.-E. au N.-E. Il couvre aujourd'hui environ 16 hectares et demi, ce qui porte la superficie totale à 18 hectares et demi (fig. 42).

Les quais offrent un développement pour le commerce de 220 mètres, avec une profondeur d'eau de 3 mètres, et une largeur moyenne de 10 et 12 mètres, et deux ponts de chargement. Suivant les vents régnants, le port offre une entrée et une sortie favorables par l'une ou l'autre des passes; pour les vents de S.-E., S. et S.-O., par la passe de l'Est, et pour les vents de O., N.-O. et N., par la passe de l'Ouest, quand il s'agit d'entrer. La hauteur des marées ne dépasse pas 0^m^,38; le fond du port est rocheux, recouvert d'un lit friable; celui de la darse, qui a 50 mètres de quais, de 15 mètres de largeur moyenne, est sableux et vaseux.

(1) G. Alessandri, *Porti*. IX., *loc. cit.*, 67.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le trafic comprend la pouzzolane, la houille, le fer, le blé, le bétail, et occupait, en 1876, 2507 bâtiments qui avaient transporté 583 420 tonnes de marchandises. En outre, 1 374 navires ayant relâché accidentellement, avaient débarqué 51 000 tonnes (1).

Quoique le transport des marchandises, depuis les lieux de débarquement jusqu'à Rome, soit actuellement très coûteux, le mouvement du port de Civita-

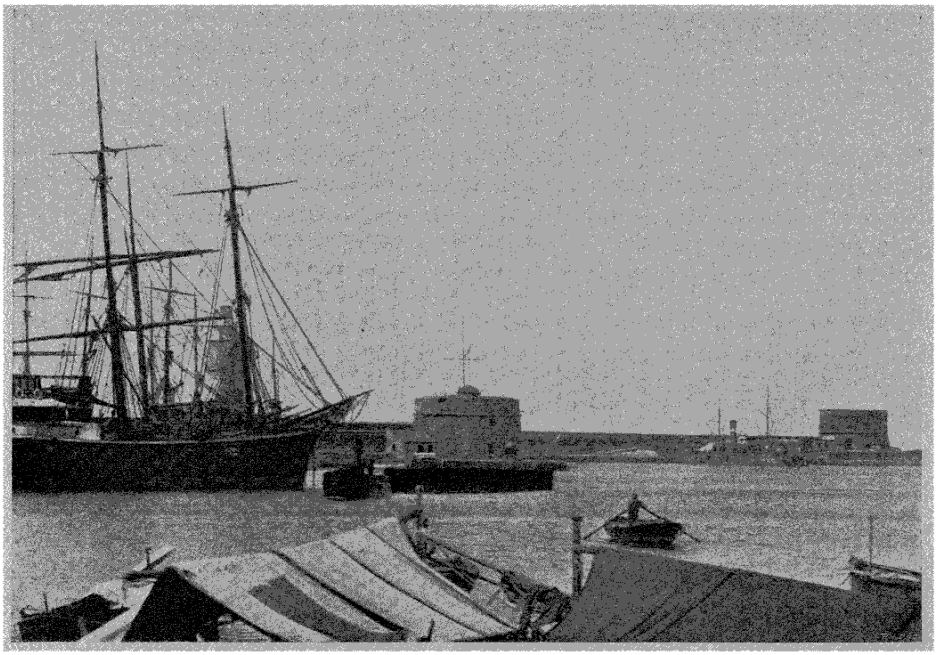


Fig. 42. — Port de Civita Vecchia.

Vecchia (600 000 tonnes) et celui du port de Fiumicino (120 000 tonnes), au total, 720 000 tonnes expédiées de ou pour Rome annuellement, dépasse celui des ports de Catane, Cagliari, Brindisi et Ancone. Si les navires de long cours pouvaient remonter le Tibre jusque dans la ville, les marchandises abandonneraient les ports et le chemin de fer pour la voie fluviale directe, bien plus économique, au grand avantage du commerce de Rome et du développement de ses relations avec l'Italie centrale (2).

Projets d'amélioration. — Parmi les nombreux projets soumis au gouvernement pontifical et renouvelés d'autant plus fréquemment, dans la période plus

(1) G. Alessandri, *loc. cit.*, 69.
(2) Canevari, *Su un canale di navigazione fra Roma ed il mare*, 1889.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

récente, que la masse de la population s'était concentrée sur les rives du fleuve (1), deux études méritent d'être mentionnées spécialement pour avoir devancé celles du gouvernement italien : celle des ingénieurs Chiesa et Gambarini, commissionnés par le pape Benoît XIV, vers la fin de 1743, pour s'enquérir des causes des inondations, des moyens d'y remédier et de rétablir la navigation dans Rome, et celle de l'administration française (1809 à 1812) pour atténuer les effets des inondations et faciliter les communications fluviales dans la ville.

Projet Chiesa et Gambarini. — Après avoir constaté par un relevé minutieux du chenal que le lit du fleuve n'avait subi aucun exhaussement sensible depuis nombre d'années, et que le reflux de la mer n'exerçait aucune influence sur les crues, les ingénieurs bolonais insistèrent sur l'effet direct des obstacles accumulés dans le parcours du fleuve urbain, soit par les ponts qui retrécissaient la section, ralentissaient la vitesse des eaux, relevaient leur niveau, soit par les débris de ponts anciens et des décombres de toute nature, et aussi, les barrages des moulins à nef.

D'après le rapport spécial de l'ingénieur Chiesa (2), il résultait qu'en 1744, malgré un tirant d'eau de 7 à 8 palmes à l'étiage, plus que suffisant pour les bateaux, la navigation était absolument empêchée : en aval du pont Saint-Ange, par les estacades des moulins de San Spirito de la rive droite, et par les décombres du pont Triomphal de la rive gauche, réduisant la section des deux tiers; plus loin, par les murs de quai conduisant jadis au moulin San Agostino et les débris de ce moulin; par les estacades de cinq moulins installés sur le bras droit de l'île Tibérine devenu infranchissable, et d'un moulin, dit *del Ghetto*, sur le bras gauche; par les barrages de deux autres moulins au pont Rotto qui s'opposaient à toute navigation; par les débris du pont Sublicius entassés en aval de la *Cloaca Maxima*, enfin, en face de la tour de l'ancienne Douane, par des amas de maçonnerie dans le lit même.

L'ingénieur réclamait naturellement la suppression des moulins et l'enlèvement des décombres, et proposait l'établissement d'un chemin de quai pour le halage. De Ripetta jusqu'au pont Saint-Ange, ce chemin eût été facile à exécuter sur la rive droite en relevant et régularisant la berge encore libre. Du pont Saint-Ange où l'on ouvrait un passage dans l'arche droite, le chemin était également praticable, mais depuis San Spirito jusqu'en face de San Giovanni, il devenait nécessaire de le fonder sur une estacade à la largeur de 5 palmes, en avancement de la muraille.

En face de San Giovanni, le chemin passait sur la rive gauche, gagnait l'église

(1) Le bibliothécaire Enrico Narducci a publié en 1876 un Essai de bibliographie du Tibre où 400 publications ayant trait au régime du fleuve sont énumérées; un certain nombre font pourtant défaut (*Saggio di bibliografia del Tevere*).

(2) A. Chiesa, *Navigazione del Tevere dentro Roma* (*Nuova raccolta idraulica*, X, 261).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sur estacade, puis suivait la berge jusqu'à Porto di Mezzo, se continuait sur estacade jusqu'au mur de la Mortella, en traversant le pont Sisto, sous l'imposte de l'arche gauche. De là, jusqu'en face de Ripagrande, il se développait devant le Ghetto, sous le pont Quattro Capi, et devant les maisons et jardins, sur une estacade à claire-voie, fondée sur pilotis. Le tracé ménageait sur tout le parcours les débouchés des égouts, en eaux basses et moyennes.

Au point de vue des inondations, les ingénieurs bolonais concluaient comme il suit :

« Il nous semble que dans le but d'empêcher complètement les inondations (en dehors du déblai du chenal qui est une des causes moins importantes), on pourrait adopter un des trois procédés suivants, en tant qu'ils sont pratiquement exécutables :

« 1° Endiguer les rives jusqu'à la hauteur à laquelle arrivent les plus fortes crues ;

« 2° Assurer en même temps la décharge des eaux des égouts par un autre réceptacle que le fleuve ;

« 3° Finalement étudier les moyens de dériver du chenal en amont de Rome, à l'aide d'un ou de plusieurs canaux, le volume d'eau qui surpasse dans les crues le niveau des bas quartiers de la ville (1). »

D'après l'examen qu'ils font des trois procédés, ils ne se dissimulent pas que les deux derniers sont d'une exécution *impossible*, et que le premier, outre les difficultés qu'il comporte, entraînerait à une dépense si exorbitante qu'il conviendrait de ne pas l'entreprendre. Les difficultés qu'ils entrevoient, outre l'énorme dépense d'un muraillement complet des deux rives dans Rome, consistent dans l'établissement d'écluses gigantesques pour ménager le flux et le reflux du fleuve, principalement aux deux ports de Ripetta et Ripagrande ; dans la construction de deux vastes collecteurs le long des rives qui entraîneraient les eaux d'égout hors de la ville jusqu'au point où le fleuve pourrait les recevoir, c'est-à-dire jusqu'à quelques milles de l'embouchure, et qui recueilleraient les eaux fluviales et souterraines, en même temps que les eaux vannes ; dans l'entaille, sur quatre points différents, des collines de la rive gauche, et également de la rive droite ; dans l'installation d'écluses aux émissaires ; le détournement des torrents qui charrient des alluvions ; le déplacement des ruisseaux affluents par des siphons ; l'entretien onéreux des ouvrages d'art ; enfin, dans la canalisation hors la ville des collecteurs mis à l'abri des crues.

Quant à l'endiguement du Tibre *extra muros*, ils estiment que si le fleuve bien encaissé dans ses alluvions sort occasionnellement de son lit, les inondations, pour nuisibles qu'elles soient, quand elles détruisent les récoltes, les bestiaux, les abris, etc., n'en sont pas moins bienfaisantes par le limon ferti-

(1) A. Chiesa e B. Gambarini, *Delle cagioni e de'rimedi delle inondazioni del Tevere* (*Nuova Raccolta*, etc. Bologna, X, 1828, 209).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

lisant qu'elles laissent sur le sol. D'ailleurs, si le Tibre endigué ne pouvait pas s'épancher, pendant les crues, en amont et en aval de la ville, sur de grands espaces, il y aurait lieu de craindre que les débordements deviennent plus terribles par l'accroissement de la vitesse du courant.

Pour le troisième procédé consistant à dériver par des canaux le trop-plein des crues en amont, on se heurterait à des difficultés bien plus redoutables que pour les collecteurs, sans pouvoir répondre du succès.

Dans le but de favoriser le débouché des crues en aval, Chiesa et Gambarini avaient songé à proposer deux coupures du fleuve ; l'une à Torre di Valle et l'autre à Malafede, offrant un raccourcissement de 3 milles ; mais, d'après les observations de Baratieri, ces coupures, ajoutent-ils, auraient dû se pratiquer en pleine section, sur un fond en roche calcaire, ou en tuf. Les dépenses eussent été hors de proportion avec les résultats, à peu près nuls, sous le rapport de l'abaissement des crues dans Rome.

Projet Navier (1). — Le quai projeté par l'administration française entre les deux ports de Ripetta et Ripagrande eût commencé aux murs de la ville, près de la porte du Peuple ; de Ripetta au pont Saint-Ange, il eût suivi la rive gauche en décrivant une série de courbes, tout en occupant l'emplacement de maisons de peu de valeur qui séparaient le fleuve des rues Monte Oriano, Orso, Arco di Parma, Tordinona, etc.

En prolongement de cette première partie, de 1 500 mètres de longueur, le quai se serait d'abord courbé pour embrasser l'angle du fleuve, puis, à partir de Saint-Jean-des-Florentins, il aurait atteint en deux alignements la culée du pont Sisto. A l'exception du palais Falconieri, on ne rencontrait sur ce tracé que des maisons de peu de valeur. La longueur eût été de 1 300 mètres.

En aval du pont Sisto, le quai établi sur la grève malsaine en avant du *Ghetto*, et jusqu'au pont *Quattro Capi*, n'eût motivé aucune expropriation. Au delà, jusqu'au temple de Vesta, il aurait fallu exproprier un assez grand nombre de maisons et de jardins, mais tous de faible valeur. Enfin, jusqu'au pied de l'Aventin, on se serait établi sur la berge, dans l'emplacement du port de la *Marmorata*. Cette troisième partie de quai ayant 1 400 mètres de longueur, le quai entier de la rive gauche aurait eu un développement d'environ 4 200 mètres.

Sur la rive droite, le quai, à partir du pont Saint-Ange, aurait été établi en rivière, en décrivant une vaste courbe rentrante, en avant de l'hôpital San Spirito, jusqu'à la rencontre de la Longara, en face du palais Salviati. De ce point au pont Sisto, un seul alignement eût été tracé aux dépens des jardins de

(1) « Il est utile, dit de Tournon, de conserver la trace des projets rédigés par Navier, ingénieur français, parce que tôt au tard l'exécution de ces projets occupera un gouvernement pour lequel l'assainissement, la sécurité et l'embellissement de Rome sont des intérêts de premier ordre » (*loc. cit.*, 194).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

San-Giacomo et de la Farnesina. Du pont Sisto au pont Rotto, la rivière ayant plus de 150 mètres de largeur, on pouvait s'établir en rivière sans avoir aucune acquisition à faire. Enfin, du pont Rotto à la place Saint-Michel et au pont de Ripagrande, des propriétés de peu de valeur occupaient la berge.

Le quai de la rive droite comprenant deux parties, dont la première de 1 550 mètres de longueur, et la seconde de 1 250 mètres, aurait eu 2 800 mètres de développement.

En se bornant à la construction des parties de quai indispensables : de la place du Peuple au pont Saint-Ange, et du pont Sisto à la place de la Bocca della Veritá sur la rive gauche, et du palais Salviati au port de Ripagrande sur la rive droite, on pouvait réduire les dépenses, d'après les calculs de l'ingénieur Navier, à 4 ou 5 millions.

« Mais les avantages seraient immenses, dit de Tournon : d'abord pour les marchandises, la navigation du Tibre cessant d'être interrompue; les inondations si redoutables perdraient une grande partie de leur danger par le facile écoulement offert aux eaux et par l'obstacle qu'opposerait le mur du quai; enfin, plusieurs quartiers seraient assainis, et une grande partie de la ville recevrait un accroissement de valeur incalculable.

« D'ailleurs une telle entreprise est l'œuvre du temps, et une fois le plan arrêté, il pourrait être exécuté avec tous les délais que les circonstances exigent (1). »

État du Tibre en 1870. — Malgré les vœux tant de fois renouvelés, malgré les projets soumis à différentes époques, l'administration papale conserva dans le lit du fleuve les débris amoncelés des anciens ouvrages, les moulins à nef et les barrages des pêcheries, et continua à tolérer sur les berges et dans le chenal la décharge des immondices.

L'inspection détaillée qui fut faite des rives, en 1870, révéla leur désolante condition, tant à cause des constructions étagées sans aucun ordre, baignant leur pied dans l'eau, percées à tous les niveaux d'ouvertures où débouchaient les égouts publics et privés, et surmontées de terrasses sans appuis, que des berges elles-mêmes, apparaissant çà et là entre les maisons, sans murs de défense, avec leur talus naturel corrodé par le courant, et servant de lieu de décharge aux ordures, ou de refuge aux épaves flottantes.

Le chenal lui-même, qui, en amont, offrait une largeur normale de 90 mètres à l'étiage, avec des berges peu inclinées, se réduisait à 55 mètres entre des berges verticales, devant l'établissement domanial des Lotti, à 64 mètres au port de Ripetta, comme en aval, entre le bastion du château Saint-Ange et le théâtre Tordinona. Élargi à 90 mètres entre les ruines du pont Triomphal et le jardin de la Farnesina, il se resserrait à 58 mètres entre ce même jardin et le palais

(1) De Tournon, *loc. cit.*, II, 104.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

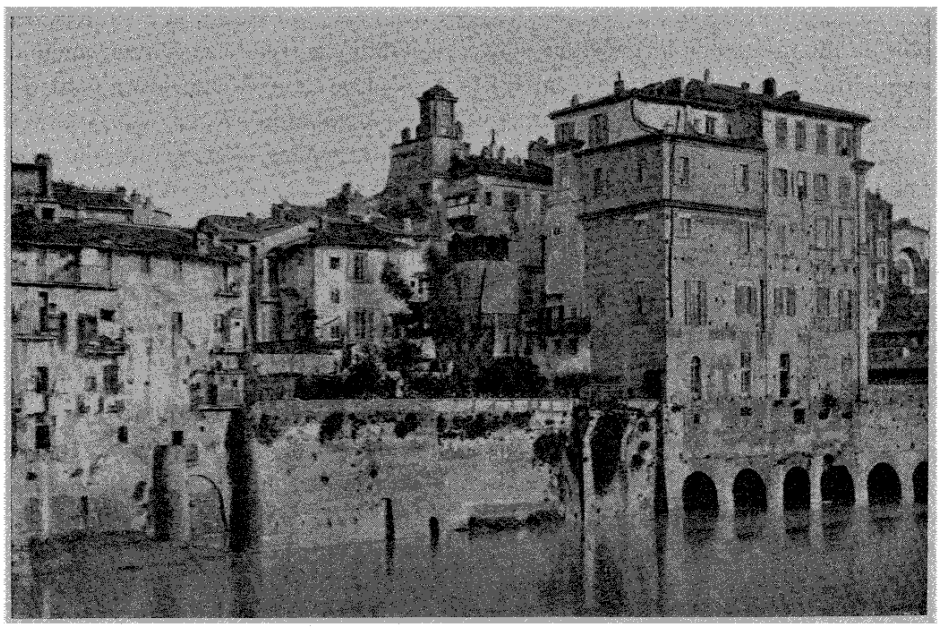


Fig. 43. — Les bords du Tibre avant l'endiguement ; vue du palais Falconieri à la Regola (rive gauche).

Fig. 44. — Les bords du Tibre avant l'endiguement ; vue prise en aval du pont Rotto (rive gauche).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Falconieri (fig. 43). De là, sa section croissait jusqu'à la pointe de l'île Tibérine, pour se partager en deux bras encombrés de moulins à nef ou fixes, et de palissades, qui formaient un barrage complet au courant. Passé l'île seulement, il reprenait vers le pont Rotto (fig. 44) une largeur de 100 mètres, puis de

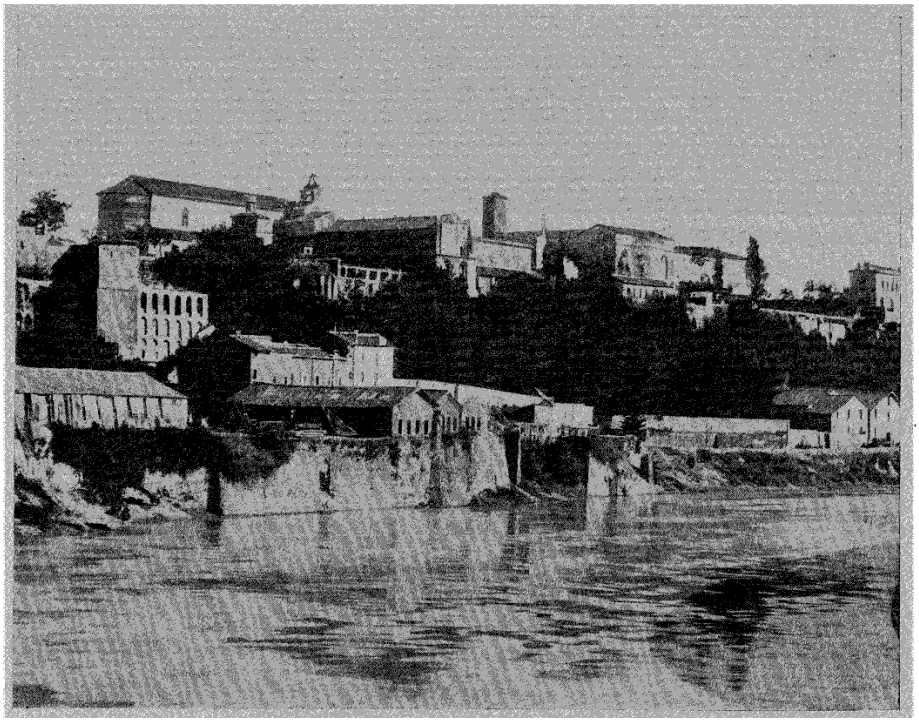


Fig. 45. — Les bords du Tibre au pied de l'Aventin (rive gauche).

90 mètres jusqu'à la Marmorata, et finalement, de 80 mètres devant le port de Ripagrande.

Rien n'avait été tenté pour améliorer les communications entre les deux rives, malgré l'accroissement de la population aux bords du fleuve.

« Pour passer en face de Ripetta à l'autre bord et gagner le château Saint-Ange, ainsi que les banlieues du Borgo, on avait établi, il y a vingt siècles peut-être, un bac qui, se détachant du centre le plus vivant de la ville, aboutissait à une campagne sablonneuse où la solitude commençait immédiatement... On était transporté du pavé piétiné, gras et boueux de la *via di Ripetta*, dans un sentier bordé, quand l'hiver expire, de sureaux verts, d'épines noires déjà fleuries et d'églantiers en bouton... Si on obliquait à droite, on arrivait aux cultures où Cincinnatus, à quarante minutes du champ de Mars, vivait si loin de Rome : on n'en serait guère moins séparé de nos jours.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

« Personne, et c'est là un trait de l'édilité papale, personne ne s'est avisé de supprimer par un pont cette langue de désert enclavée dans la ville (1). »

D'autres quartiers que les *Prati di Castello* étaient, en 1870, absolument délaissés en aval, au pied de l'Aventin (fig. 45) et du Janicule, sans parler de ceux, comme le *Ghetto*, livrés à l'incurie la plus complète.

« Pénétrez dans la rue principale qui longe le fleuve à partir du Ghetto, écrit Wey, ce quartier en haillons va s'animer du bruit populaire et de la bizarrerie des contrastes. Ce sont des venelles à allées profondes révélant à leur issue des palais sans nom, où quinze siècles d'architecture trébuchent les uns sur les autres; le citronnier, le laurier, jaillissent des fissures des pierres au milieu des immondices et des animaux de basse-cour. Ces cloaques se nomment le *Rione della Regola*... (2).

« Le fleuve est profond de chaque côté de l'île Tibérine. Un quai fréquemment interrompu, des fabriques biscornues sur des terrasses plongeant dans l'eau; quelques berges, des monuments en arrière-plan; deux ponts lancés d'une rive à l'autre; la brique, la verdure, le marbre; des cheminées noires semées sur des maisonnettes dans un désordre plaisant. Le goéland, les mouettes planent sur ce double chenal, encaissé de bâtisses à tuiles rondes sur des toits écrasés et proéminents (3). »

L'enthousiasme de Taine est moins grand :

« Au bas de Saint-Pierre *in Montorio* est le pont Sisto; le Tibre n'a point de quais, et les taudis suintants y trempent leurs escaliers effondrés comme autant de torchons terreux lavés dans la bourbe... (4). »

Et plus loin, Taine écrit :

« Au sortir de Saint-François *a Ripa*, le Tibre, jaune, roule entre des restes de piles, près de grands bâtiments blafards, devant des rues mornes et sales (5). »

Tel était le Tibre, telle était la ville du Tibre en 1870.

(1) Fr. Wey, *Rome*, 66.
(2) Fr. Wey, *loc. cit.*, 156.
(3) Fr. Wey, *loc. cit.*, 157.
(4) H. Taine, *Voyage en Italie*, I, 313.
(5) H. Taine, *loc. cit.*, I, 314.

Droits reservés 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. Marillier**, *Ingénieur Civil des Mines*.

Cette année, comme dans les précédentes (1), les progrès que nous avons à signaler aux lecteurs du *Bulletin* se rapportent, non à des méthodes nouvelles de fabrication, mais à des perfectionnements, parfois considérables, de méthodes basées sur des principes déjà connus et mis en pratique. La plupart de ces perfectionnements ont eu pour résultat d'augmenter la productivité des anciens appareils, et de substituer progressivement le mécanisme à la main-d'œuvre. Réduire le personnel, accroître la production, et, par la combinaison de ces deux moyens, réduire le prix de revient, telle est la formule qui caractérise de plus en plus les tendances actuelles de la métallurgie du fer, qu'il s'agisse de produits spéciaux ou de produits courants.

LE HAUT FOURNEAU

C'est surtout dans la fabrication de la fonte que l'emploi des appareils économisant la main-d'œuvre se répand le plus rapidement et que l'accroissement de production est le plus sensible.

Un article paru dans le *Bulletin de la Société d'Encouragement*, en novembre 1897, a déjà décrit les principaux dispositifs employés dans les usines modernes pour la manutention des minerais, de la fonte et des laitiers. Les plus récents ont été adoptés par la *Carnegie Steel C°*, dans l'installation de sa nouvelle usine de Duquesne, près de Pittsburg. Cette usine est une des plus puissantes et des mieux outillées qui existent actuellement; elle mérite qu'on s'arrête à examiner les principaux traits de son installation, dont un plan général est donné par la figure 1 :

La majeure partie du minerai consommé est amenée par la rivière Monongahea jusqu'à l'usine. Le fleuve est pris par les glaces pendant cinq mois. Il a donc fallu aménager un parc à minerai assez vaste pour emmagasiner les approvisionnements de l'usine pendant cette période. Le parc à minerai est une

(1) Voir *Bulletin* de janvier 1897 et de septembre 1895.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

grande excavation maçonnée dont le niveau inférieur est à 7m,92 au-dessous du niveau général de l'usine. Sa longueur est de 330 mètres environ, sa largeur de 69 mètres, sa capacité totale de 600 000 tonnes de minerais. D'un côté, se trouvent les voies d'arrivée des matières premières; de l'autre, deux lignes de trémies servant à recevoir le coke, la castine et les minerais spéciaux, et à charger les divers éléments du lit de fusion dans les bennes des hauts fourneaux.

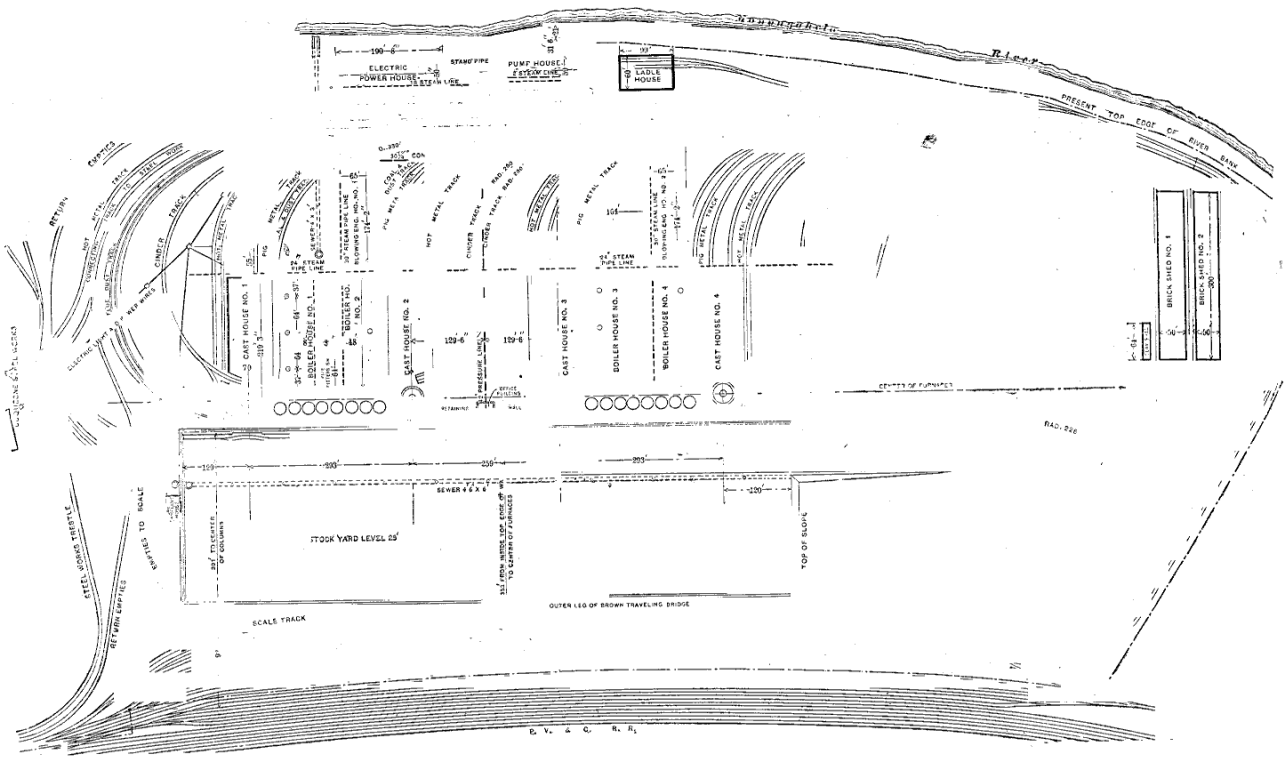


Fig. 1. — Plan des hauts fourneaux de Duquesne.

Le parc à minerai est desservi par trois ponts roulants électriques, d'une portée de 71 mètres, supportés à leurs extrémités par des chevalets montés sur roues, et dont la hauteur au point le plus bas est de 17m,60 au-dessus du niveau de l'excavation. L'enlèvement du minerai se fait au moyen d'une sorte d'excavateur, suspendu au pont roulant, et tenant 5 tonnes de minerai, qui se vide directement dans les trémies de chargement, ou, le plus souvent, dans des wagonnets à fond mobile circulant sur une voie placée au-dessus des trémies. Ces dernières peuvent contenir 9 500 tonnes de minerai, 3 600 tonnes de coke et 2 200 de castine. Leur angle de chute est de 30°. Elles sont disposées de façon

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

qu'on puisse y envoyer de l'air chaud par un branchement greffé sur la conduite

APPAREIL A AIR CHAUD *Kennedy-Cowper* (HAUTS FOURNEAUX DE DUQUESNE)

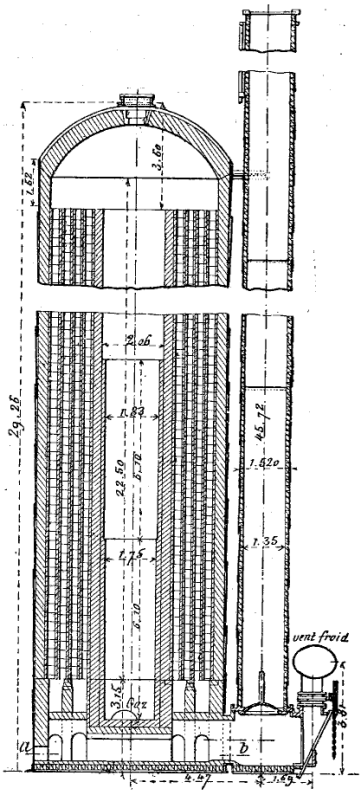


Fig. 2. — Coupe *cd*.

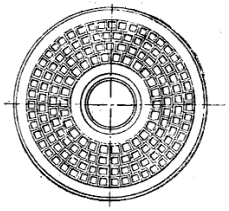


Fig. 4. — Empilage des briques.

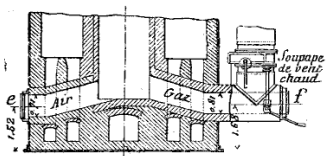


Fig. 5. — Coupe *gh*.

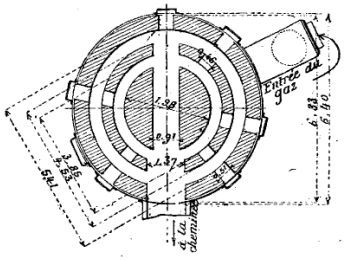


Fig. 3. — Coupe *ab*.

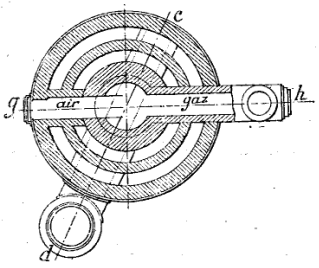


Fig. 6. — Coupe *ef*.

générale de la soufflerie, de manière à éviter qu'en hiver le minerai, toujours humide, ne se prenne en masse par congélation.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les hauts fourneaux, au nombre de quatre, sont établis sur des fondations très puissantes formées de pilotis à la base, de rails entre-croisés, puis de maçonnerie. Ils ont 30m,50 de haut, 4m,26 de diamètre au creuset, 6m,70 au ventre et 5m,18 au gueulard. Leur capacité est de 707 mètres cubes. Les tuyères sont de 0m,178 de diamètre au nombre de dix dans les deux plus anciens hauts fourneaux, et de vingt, de 0m,127 de diamètre, dans les deux plus récents. L'évacuation du gaz se fait par six prises reliées à une conduite générale inclinée

BENNES DE CHARGEMENT DES HAUTS FOURNEAUX DE DUQUESNE

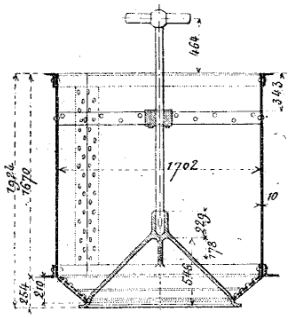


Fig. 7. — Benne à coke.

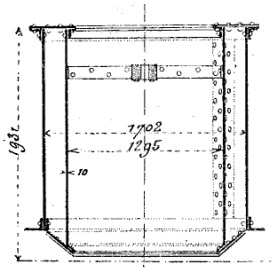


Fig. 8. — Benne à minerai.

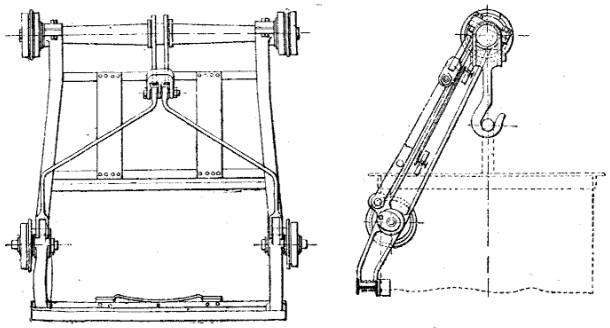


Fig. 9 et 10. — Chariot d'accrochage des bennes.

de 45°, de façon à faciliter le départ des poussières dont l'angle de dépôt est de 35°, et aboutissant à une grande chambre de dépôt de 12m,20 de hauteur et de 8m,50 de diamètre.

Les appareils de chauffage du vent, au nombre de quatre par haut fourneau, sont du type Kennedy-Cowper, à chambre de combustion centrale (fig. 2, 3, 4, 5, 6). Leur hauteur est de 29m,25, leur diamètre de 6m,40. Chacun d'eux est muni d'une cheminée indépendante. La température du vent y atteint en moyenne 540° C., celle du gaz au gueulard étant de 200° C.

L'appareil élévatoire se compose d'un grand plan incliné à 67°, sur lequel se

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

déplace un chariot auquel sont suspendues les bennes chargées de minerai ou de coke. Le chariot est actionné par un câble attaché à l'essieu d'arrière, et relié à un treuil à vapeur à deux cylindres de $0^m,355$ de diamètre et $0^m,406$ de course. L'essieu d'avant, qui porte les bennes, est simplement guidé par la voie du plan incliné. A la partie supérieure, la pente du plan diminue; il se termine par un tronçon de voie articulé.

Les bennes (fig. 7, 8, 9, 10), en tôle d'acier de 9 millimètres et demi, sont cylindriques et à fond mobile; elles tiennent 4 500 k. de minerai ou de castine et 1 800 de coke.

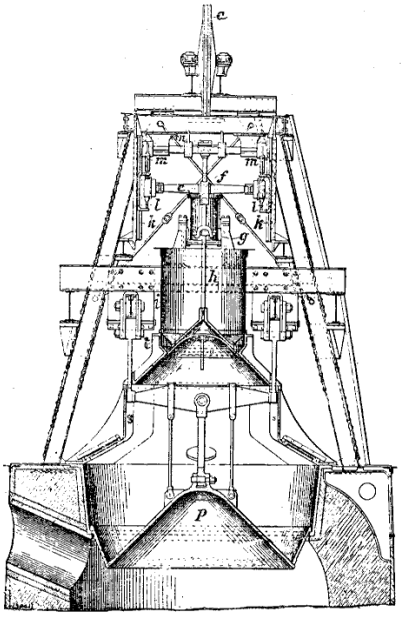


Fig. 11. — Appareil de chargement des hauts fourneaux de Duquesne. Coupe axiale.

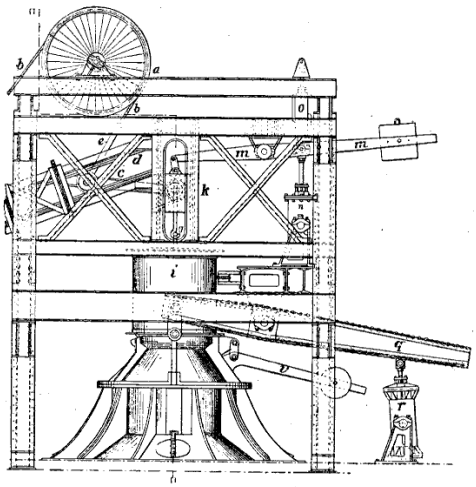


Fig. 12. — Appareil de chargement des hauts fourneaux de Duquesne. Élévation latérale.

L'appareil de chargement est du système Neeland. Son fonctionnement est indiqué par les figures 11 et 12. Quand le chariot que porte les bennes arrive à l'extrémité de sa course, l'essieu d'avant s'engage sur la portion de voie articulée, tandis que ses roues d'arrière restent sur la partie fixe du plan. La partie articulée, reliée à un contrepoids m, dont le mouvement est commandé par le piston n et réglé par la cataracte o, s'abaisse jusqu'à ce que la benne repose par ses parois latérales sur la partie supérieure de l'appareil de chargement. Puis, la voie articulée continuant à descendre, le fond de la benne s'ouvre et la charge tombe dans l'appareil de chargement, d'où elle passe dans le haut fourneau par l'intermédiaire d'un cône p, commandé par le cylindre à vapeur r au moyen du levier q. La partie supérieure de l'appareil, par laquelle le minerai est introduit, est fermée par une cloche u, actionnée par le contrepoids v.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L'avantage de cet appareil assez compliqué est de réduire au minimum les pertes de gaz grâce à l'interposition du sass formé par la cloche u et le cône p, et surtout d'être entièrement automatique. Un seul homme placé au niveau du sol suffit pour le service de l'appareil élévatoire et de l'appareil de chargement, dont les fonctions sont indiquées à chaque instant par des indicateurs. Le temps nécessaire à l'ascension, au déchargement et à la descente d'une benne est de 1 m. 45 s. L'appareil passe environ 2 000 tonnes de lit de fusion en 24 heures.

Chaque haut fourneau a sa halle de coulée spéciale, de 66m,75 de long sur 21m,30 de large. La plus grande partie de la fonte est envoyée liquide à l'aciérie. Le reste est coulé en saumons de 7m,90 de long, qui sont transportés par deux ponts roulants de 10 tonnes hors de la halle de coulée et cassés. Un transport électrique d'une puissance de 5 tonnes accroché à la charpente ramène aux hauts fournaux les déchets de coulée.

On a récemment fait le projet d'installer dans les halles de coulée l'appareil Laughlin, qui économise la main-d'œuvre en supprimant complètement l'emploi des moules en sable, et en leur substituant des moules métalliques mobiles, où la fonte se refroidit, et se trouve transportée automatiquement aux wagons d'expédition. L'appareil se compose de deux rangées parallèles de moules en fonte portés par une chaîne sans fin qui s'enroule sur les tambours. A une des extrémités de la chaîne se trouve le canal d'amenée du métal liquide, venant du trou de coulée du haut fourneau. La fonte coule dans les moules, et s'y refroidit pendant la translation de la chaîne, grâce à des projections d'eau; à l'autre extrémité les saumons complètement solidifiés tombent sur des toiles roulantes qui les conduisent aux wagons. Pour empêcher que la fonte n'adhère aux moules, et aussi que ces derniers ne se corrodent trop rapidement, on les couvre d'un enduit réfractaire en les faisant passer dans un bassin contenant un lait de chaux ou en projetant à leur surface, au moyen d'injecteurs, un lait de chaux contenu dans un réservoir spécial (1).

Cet appareil a déjà été installé aux hauts fourneaux de Lucy (Carnegie Steel C°), où il donne de bons résultats. La vitesse de translation de la chaîne y est de 4m,55 par minute; sa longeur d'une extrémité à l'autre est de 26 mètres. La fonte reste donc 5m,7 dans l'appareil, qui passe 45 tonnes à l'heure. Les moules sont en fonte et durent de vingt-cinq à trente jours. On les remplace en 5 minutes, et une fois hors d'usage on les repasse au haut fourneau.

Le vent est fourni aux hauts fourneaux de l'usine de Duquesne par douze grandes machines soufflantes verticales du type compound à balancier et à condensation. Les diamètres des cylindres sont de 1m,016 pour le cylindre à vapeur à haute pression, 1m,981 pour le cylindre à basse pression, et 1m,93 pour les cylindres à air. La course commune est de 1m,52. Les valves d'admission de l'air

(1) *Bulletin* d'août 1897, p. 1155.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sont commandées mécaniquement; les valves d'échappement sont automatiques, mais un dispositif spécial les force à s'ouvrir pour le refoulement. Le balancier pèse 30 tonnes, le volant 40 tonnes; le nombre de tours par minute est de 21. La pression du vent atteint ordinairement 1 kilog. aux tuyères et peut être portée à $11^{k},8$.

Toutes les machines qui actionnent les soufflantes, les monte-charges, les grues, les pompes et les dynamos sont à condensation. La vapeur leur est fournie par des chaudières Babcock et Wilcox de 250 chevaux chacune, disposées en groupes de 6 000 chevaux de puissance pour chaque paire de hauts fourneaux.

L'énergie électrique provient d'une station centrale comprenant 3 dynamos génératrices de 500 chevaux, montées en quantité et fournissant le courant à la tension de 220 volts aux diverses dynamos motrices et aux appareils d'éclairage.

La capacité de production de cette usine est considérable. Avec du minerai tenant de 55 à 60 p. 100 de fer et exigeant une addition de 25 p. 100 de castine, un seul haut fourneau a produit en un mois 17182 tonnes, et 690 tonnes en vingt-quatre heures. La consommation de coke a été, pendant le meilleur mois, de 770 kilogrammes de coke par tonne de fonte.

Cette consommation est une des plus faibles qui aient jamais été réalisées. Elle représente une économie de combustible de près d'un tiers par rapport aux hauts fourneaux de l'est de la France où, avec une production qui varie de 80 à 150 tonnes, la consommation de coke ne descend guère au-dessous de 1 150 kilogrammes par tonne de fonte Thomas. Il est vrai que la différence de consommation s'explique en partie par la différence de qualité du coke, et par la différence des teneurs des minerais, le lit de fusion de Meurthe-et-Moselle tenant en moyenne 30 p. 100 seulement de fer. Mais elle tient aussi, pour une part importante, à la meilleure utilisation de la chaleur dans les hauts fourneaux de grande capacité, marchant à une plus forte pression.

La question des fourneaux à forte production a été discutée plusieurs fois ici même; nous n'y reviendrons donc pas; et nous nous bornerons à faire remarquer que la forte production, favorable par elle-même aux économies de combustible (1) présente un autre avantage indirect : c'est qu'elle justifie l'emploi, pour la manutention des matières premières, des laitiers et de la fonte, d'appareils mécaniques diminuant les frais de main-d'œuvre, appareils impossibles à appliquer, en raison de leur prix de premier établissement, à des hauts fourneaux de production moyenne (2).

(1) Fourneaux français : 1050 à 1150 kilogrammes pour 65 à 135 tonnes de production journalière, avec minerais de Bilbao tenant 50 à 55 p. 100 de fer; — fourneaux de Cardiff et d'Eston : 900-965 kilogrammes pour 145 à 160 tonnes de production, avec le même minerai; — fourneau Hawdon et Howson d'Eston : 905 kilogrammes pour 150 tonnes; — fourneaux de Duquesne : 800 kilogramme, pour 500 tonnes et au delà, avec des minerais à 55 à 60 p. 100.

(2) *Bulletin* de novembre 1892, p. 1520 et juillet 1898, p. 901.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les frais de premier établissement ne paraissent pas plus élevés pour les installations modernes de hauts fourneaux, que pour les installations anciennes à faible production. A l'usine de Duquesne, les quatre hauts fourneaux, avec tous les appareils et ateliers accessoires, ont coûté environ 15 millions; en supposant une production journalière de 2 000 tonnes seulement, la dépense de premier établissement par tonne de fonte produite en 24 heures a été de 7 500 francs. Or, en France, on admet généralement une dépense de 10 000 francs au moins, dans le cas de hauts fourneaux d'une production moyenne de 100 tonnes par jour.

Reste la question la plus délicate et la plus controversée, celle de l'entretien; la durée des hauts fourneaux à forte production n'est-elle pas inférieure à celle des fourneaux moins puissants? On a prétendu que leur garnissage s'use rapidement et que l'augmentation des frais d'entretien qui en résulte compense, et au delà, les économies de main-d'œuvre et de frais généraux. Il semble que la pratique des installations où l'accroissement de production n'a pas été exagéré outre mesure ne justifie pas ces craintes. On peut citer l'exemple du haut fourneau n° 1 de l'usine d'Edgar Thomson, arrêté au bout de cinq ans, après avoir produit 666 000 tonnes de fonte Bessemer, et ceux des nouveaux fourneaux westphaliens, dont la production atteint 280 tonnes par jour avec du minerai à 40 p. 100, et dont la marche est des plus régulières.

EMPLOI DES GAZ DE HAUTS FOURNEAUX A LA PRODUCTION DIRECTE DE LA FORCE

L'emploi des gaz des hauts fourneaux a été l'objet, dans ces derniers temps, d'une innovation des plus hardies, et des plus intéressantes, qui, après avoir traversé avec succès la période des premiers essais, paraît devoir entrer bientôt dans le domaine de la pratique. Elle consiste à brûler les gaz des hauts fourneaux dans des moteurs à gaz pauvre, au lieu de les utiliser à la production de la vapeur. Théoriquement, l'avantage du nouveau procédé est considérable. Il résulte de la différence de rendement des moteurs à gaz et des appareils à vapeur. Dans les installations des machines à vapeur les plus parfaites, la fraction de chaleur convertie en travail ne représente jamais plus de 13 p. 100 de la chaleur totale développée par la combustion. Encore ce chiffre est-il tout à fait exceptionnel, et, généralement, le rendement des appareils à vapeur ne dépasse-t-il pas 5 p. 100. D'autre part, il résulte d'expériences nombreuses que, dans les moteurs à gaz pauvre, le travail utile représente de 20 à 23 p. 100 de la chaleur dégagée par la combustion. Si donc les gaz de hauts fourneaux peuvent être brûlés dans les moteurs à gaz, la puissance qu'ils produiront par ce moyen sera environ quatre fois supérieure à celle qu'on en obtient actuellement par l'intermédiaire des chaudières et des machines à vapeur.

Avant de passer de la théorie à la pratique, il fallait s'assurer : 1° qu'il est

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

possible de débarrasser les gaz de la presque totalité des poussières entraînées; 2° que les poussières fines qui échappent aux appareils d'épuration et de condensation ne sont pas corrosives et ne gênent pas la marche des moteurs à gaz. L'expérience en a été faite simultanément dans trois usines : en Angleterre, aux usines de Wishaw près de Glascow et de Frodingham près de Doncaster, — en Belgique, aux usines de la Société Cockerill.

Aux usines de Wishaw, qui comprennent quatre hauts fourneaux marchant à la houille, les essais ont porté sur un moteur Acmé à quatre temps, dont le cylindre avait $0^m,303$ de diamètre et $0^m,506$ de course.

Avant de lui être amené, le gaz était d'abord débarrassé des goudrons et des produits ammoniacaux (provenant de la houille) et de la plus grande partie des poussières. Le premier appareil purificateur était un scrubber dans lequel le gaz était introduit à la pression de 5 à 8 centimètres d'eau, que lui communiquait un petit ventilateur actionné par le moteur lui-même, et où il circulait à travers une colonne de coke constamment arrosée d'eau. De là, il passait dans un deuxième appareil qui se composait essentiellement d'un tamis cylindrique formé de deux tôles perforées d'un grand nombre de trous entre lesquelles était étendue une couche de sable fin. Le gaz entrait par la périphérie et s'échappait par la partie centrale. De là, il se rendait dans un gazomètre, puis au moteur.

Le moteur commandait une dynamo d'éclairage. Il a fonctionné toutes les nuits, pendant deux ans et demi, sans avoir à subir de réparations et sans que le piston ait été rayé par les poussières.

La seule difficulté qui se soit présentée provenait de ce que le mélange explosif offre à la flamme un milieu de propagation moins rapide que dans le cas où le gaz employé est du gaz de ville, pour lequel le moteur avait été construit. Il se produisait un retard à l'inflammation qui diminuait le rendement du moteur. On y a remédié en modifiant la valve d'allumage de façon que la flamme agisse sur une plus grande étendue.

Les résultats obtenus ont été les suivants :

Volume de gaz consommé par heure	$37^{m3},800$
Courant fourni par la dynamo.	90 ampères sous 105 volts.
Puissance développée en chevaux effectifs en admettant que le rendement de la dynamo avec sa transmission soit de 85 p. 100..	15 chevaux, 2
Consommation de gaz par cheval-heure effectif. . .	$2^{m3},487$

La composition du gaz était :

	En volumes.	En poids.
CO^2.	7,21	11,51
CO	25,83	26,25
H^2.	4,55	0,33
Hydrocarbures.	3,45	2
Az..	58,95	59,91

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Dans une autre expérience, la consommation par cheval-heure fut de $2^{m3},7$.

Le moteur expérimenté aux usines de Seraing était un moteur simple de huit chevaux, dont le cylindre, de $0^{m},194$ de diamètre et $0^{m},25$ de course, avait été un peu modifié de façon à augmenter la compression du mélange d'air et de gaz, et par suite l'inflammabilité. Pour la même raison, on laissait la température de l'eau s'élever à 75° C. dans l'enveloppe du cylindre. L'allumage se faisait électriquement au moyen d'une bobine et d'accumulateurs.

Le gaz passait d'abord dans deux scrubbers, puis dans un réservoir égalisateur de pression. Son pouvoir calorifique était d'environ 1 000 calories.

Les expériences ont indiqué une consommation de $5^{m3},4$ de gaz par cheval effectif. Mais on doit remarquer que le moteur ayant été construit pour marcher au gaz d'éclairage, les orifices d'admission du gaz se trouvaient trop étroits pour du gaz de haut fourneau; pour avoir un mélange convenable d'air et de gaz on avait dû étrangler le canal d'amenée de l'air. Aussi la machine ne développait-elle que quatre chevaux effectifs au lieu de huit; elle marchait donc à mi-charge. Quelques mois après les expériences, on élargit les passages de l'air et du gaz et la machine développa huit chevaux, mais la consommation de gaz ne fut pas mesurée à nouveau. Plusieurs auteurs ont attribué à M. Greiner, directeur de la Société Cockerill, l'opinion que la consommation du moteur à mi-charge est supérieure de 25 p. 100 à ce qu'elle serait à pleine charge, et que par suite le moteur essayé, développant huit chevaux, ne consommait que 4^{m3} par cheval effectif, et qu'avec un moteur plus puissant la consommation serait abaissée à 3 chevaux, 5.

La marche du moteur est très régulière. Il a pu fonctionner pendant quatre mois sans aucun nettoyage et sans qu'on ait à constater de rayure ou de corrosion dans le cylindre. Les variations de composition du gaz n'ont pas donné de difficultés. Au contraire, on a constaté qu'un gaz brûlant très difficilement sous les chaudières donnait encore dans le moteur un travail très régulier.

C'étaient là les points importants à vérifier, et ils l'ont été complètement par les expériences de Wishaw et de Seraing. L'emploi du gaz des hauts fourneaux pour l'alimentation des moteurs à gaz est donc possible. Il a été prouvé pour les moteurs de petite dimension.

Reste à résoudre une question de pratique, — grosse de difficultés, il est vrai, même avec des gaz moins difficiles à manier que ceux de hauts fourneaux : — l'application de ce procédé à des moteurs de grande puissance. Les essais se poursuivent activement dans ce sens.

L'économie qui résulterait de ce nouveau mode d'utilisation du gaz des hauts fourneaux est considérable. En admettant qu'une tonne de coke donne $4^{m3},500$ de gaz (chiffre admis à Seraing), un haut fourneau de 100 tonnes, consommant une tonne de coke par tonne de fonte, dégage 450 000 mètres cubes de gaz par vingt-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

quatre heures, soit $18^{m3},750$ par heure, dont 40 p. 100 sont nécessaires au chauffage du vent, le reste, soit $11^{m3},250$, restant disponible pour la production de la force motrice. Pour une consommation de 4 mètres cubes de gaz par cheval-heure effectif, ces $11^{m3},250$ représenteraient une puissance disponible de 2 812 chevaux.

En reprenant les chiffres de l'usine de Wishaw, un haut fourneau de 100 tonnes à la houille, consommant seulement une tonne de houille par tonne de fonte, avec une production de 3 500 mètres cubes de gaz, donnerait par heure $8^{m3},750$ disponibles, et la puissance effective recueillie, à raison de $2^{m},7$ de gaz par cheval effectif (chiffre de Wishaw), serait de 3 240 chevaux. En appliquant les chiffres admis pour l'installation de Seraing à une usine comme celle de Duquesne, les quatre hauts fourneaux donneraient une puissance disponible de plus de 40 000 chevaux.

Une aciérie comprenant ses hauts fourneaux disposerait donc d'une puissance motrice suffisante non seulement pour actionner tous ses engins, mais encore pour vendre de l'énergie en dehors de l'usine sous forme de lumière ou sous toute autre forme. Sans aller jusque-là, les chiffres qui précèdent montrent quelle serait l'importance du nouveau procédé d'utilisation des gaz des hauts fourneaux le jour où son application à des moteurs puissants sera un fait accompli.

FABRICATION DE L'ACIER

L'affinage sur sole a été l'objet, dans ces derniers temps, de progrès importants. Le procédé Bessemer paraît actuellement arrivé à un degré de perfection difficile à dépasser, qu'on se place au point de vue de la production ou de l'économie de main-d'œuvre ou de combustible. Le seul perfectionnement que nous ayons à signaler consiste dans la nouvelle disposition générale, de plus en plus employée, des grandes aciéries Bessemer ou Thomas, dans laquelle toutes les cornues sont placées en ligne et desservies par une poche montée sur rails qui conduit l'acier à une fosse de coulée unique, circulaire ou rectangulaire, placée à une extrémité de la halle.

Il faut citer aussi le développement graduel du procédé Tropenas et des petits convertisseurs employés à la production de l'acier de moulage. Nous n'avons pas, cette année, à nous arrêter longuement sur ces dispositifs. Au contraire, dans la fabrication de l'acier sur sole nous devons signaler le nouveau procédé Bertrand Thiel, inventé et appliqué pour la première fois aux usines de Kladno en Bohême, pour traiter des fontes phosphoreuses, et trop pauvres en phosphore, cependant, pour être traitées au convertisseur. Dans ce procédé, le métal, au lieu d'être complètement affiné dans un seul four Martin, passe dans

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

deux fours, où il se débarrasse successivement de ses impuretés. La division en deux opérations a pour résultat d'augmenter la pureté du métal obtenu, le rendement de la fonte et la vitesse de l'affinage.

Dans le premier four, dit four primaire, le métal, porté à la température de fusion de fer, est débarrassé de la presque totalité du silicium et d'une partie du phosphore. Dans le deuxième four, dit four de finissage, l'affinage se termine par l'élimination du carbone et du phosphore restant. Comme on ne se propose pas d'éliminer complètement le phosphore dans le premier four, on peut y employer une scorie moins basique ; comme, au sortir du premier four, le silicium a presque complètement disparu, la scorie de la deuxième partie de l'opération est plus facilement maintenue au degré de basicité nécessaire pour l'élimination du phosphore. La quantité de chaux à ajouter et le volume de scorie à fondre dans les deux fours sont donc moins considérables que dans la méthode ordinaire d'affinage sur sole, et il en résulte : 1° qu'on dépense moins de chaux et de combustible ; 2° que, la couche de scorie qui recouvre le métal à affiner étant moins épaisse, l'action affinante du gaz s'exerce plus facilement et que l'opération est plus rapide ; 3° que la corrosion des fours est moindre.

Le procédé peut être employé, quelles que soient les matières premières dont on dispose : fonte et riblons, ou fonte seule. Dans le premier cas, la fonte siliceuse et phosphoreuse est naturellement chargée dans le premier four, la majeure partie des riblons étant réservés pour le four de finissage. Comme le métal ne renferme presque plus de Si au sortir du four primaire, on peut augmenter la proportion de fonte et diminuer celle des riblons. Le prix de revient en est diminué et, de plus, la réduction des additions ferrugineuses par les métalloïdes de la fonte augmente le rendement de l'opération.

Le traitement de la fonte seule aux additions de minerais (*ore process*) n'a pas été jusqu'ici employé d'une manière courante. Il a seulement fait l'objet de plusieurs expériences ; où l'on a déterminé de quelle manière le Si, le C et le Ph de la fonte peuvent réduire le fer du minerai et augmenter le rendement de l'opération. La fonte employée était de la fonte grise tenant 3,8 p. 100 de C, 1,6 p. 100 de Ph, 1 p. 100 de Si et 1 p. 100 de Mn ; le minerai était du minerai de Gellivara à 65 p. 100 de fer. Au bout de 4 à 5 heures de fusion dans le four primaire, on coulait dans le four de finissage. A ce moment, le Si et le Mn avaient à peu près complètement disparu ; il restait un quart du Ph initial, et deux tiers du C. Il est à remarquer que, dans cette opération, le Ph s'élimine avant le C, à l'inverse de ce qui se passe dans le procédé Thomas, où le carbone est oxydé bien avant le phosphore.

Avant de couler dans le four de finissage, on avait préalablement chargé dans ce dernier une quantité très faible de riblons : $0^t,5$ à 2 tonnes, soit 4,2 à 17 p. 100 de la charge initiale de fonte. Au bout de deux heures environ, le métal

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

était complètement affiné. Des opérations ont été faites sans introduire de riblons dans le second four et ont donné de bons résultats.

Le rendement de l'opération a varié de 97,64 à 107,55 p. 100 par rapport au poids de métal chargé. Si on tient compte de ce que la fonte renfermait 7,4 p. 100 d'impuretés, on voit que l'action réductrice du C, du Si, du Ph et du M a augmenté de 5 à 13 p. 100 le poids de fer métallique introduit dans le four.

Un four de finissage peut desservir deux fours primaires et faire en 24 heures 9 à 10 coulées. Le nombre de coulées serait encore augmenté si la fonte était chargée liquide dans le four primaire.

Tandis que le procédé au minerai a été simplement expérimenté à Kladno, le procédé au riblon y est employé d'une manière courante et y a remplacé l'ancien procédé d'affinage dans un seul four. Les riblons sont chargés dans les deux fours, la plus grande partie étant introduite dans le four de finissage. Les charges dans le four primaire se composent de $7^t,5$ de fonte tenant 1,06 à 1,20 de Ph et 1 de Si, — $5^t,5$ de riblons, — 150 kilogrammes de calcaire — et 200 kilogrammes de magnétite.

Au bout de trois heures, le bain, ne tenant plus que 0,6 à 0,9 de phosphore, est coulé dans le four de finissage où on a préalablement fondu 8 tonnes de riblons. Le mélange des deux bains liquides à très haute température (le bain du four primaire dégageant des vapeurs rouge-brun) et dont l'un s'est chargé d'oxygène pendant la fusion des riblons, produit une réaction très vive, dans laquelle le phosphore s'élimine presque instantanément. Au bout d'une demi-heure, la teneur en Ph est abaissée à 0,02 p. 100. L'opération se termine par des additions de spiegel ou de ferromanganèse.

La composition du métal obtenu peut être réglée dans des limites très étendues. Sa teneur en C varie de 0,06 à 1,25 p. 100; le Ph peut être abaissé à moins de 0,02; la teneur en Mn peut être réglée très exactement par l'addition finale. On doit employer de la fonte peu sulfureuse, car il reste toujours de 25 à 35 p. 100 du soufre initial.

Le rendement de l'opération est plus faible que quand on emploie de la fonte seule, sans additions de riblons. Dans une série de 4 opérations où la proportion de riblons a varié de 10 à 57,5 p. 100, la perte de fer a varié de 7,3 à 8,4 p. 100. Dans une opération où la proportion de riblons était de 30 p. 100, et dans laquelle on fit fonctionner le four finisseur comme four primaire pour la moitié de la charge, $20^t,06$ de fonte et de riblons ont donné $20^t,13$ d'acier.

Le four finisseur peut desservir deux fours primaires. Avec deux fours de 10 tonnes et un de 20 tonnes, on peut faire au moins 10 coulées par 24 heures, et produire plus de 200 tonnes de lingots.

Le tableau suivant permet de comparer les résultats obtenus à Kladno par ce procédé à ceux que donnait avant son application le procédé ordinaire à un seul

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

four. Ces résultats datent de juin 1896. A un moment, l'usine ne comprenait qu'un seul four primaire.

Consommations par tonne de lingots.	Ancien procédé.	Procédé Bertrand Thiel
Charbon	525 kilog.	383 kilog.
Calcaire	153 —	40 —
Magnésie	24 —	6 —
Matières réfractaires basiques	3f,12	1f,11
— — acides	3f,69	2f,22
Production par 24 heures	37 tonnes.	73,6 tonnes.

On voit, qu'outre l'avantage qui résulte d'une conduite plus facile de l'opération au point de vue chimique, le métal étant séparé, au moment de la coulée dans le four finisseur, de la plus grande partie de ses impuretés qui restent dans la scorie du four primaire, le procédé Bertrand Thiel, comparé aux procédés ordinaires de fabrication de l'acier sur sole, se recommande par une réduction des dépenses de charbon et de produits réfractaires, par une augmentation du poids d'acier obtenu pour un même poids de fonte chargée et par une production plus considérable. Cette augmentation de la puissance de production entraîne une diminution des frais de premier établissement.

Tous ces avantages ont déterminé la Société du Creusot à expérimenter dans ses usines le procédé Bertrand Thiel, qui, jusqu'ici, n'avait été appliqué qu'à Kladno.

Les perfectionnements de détail, apportés aux divers organes du four Martin, ont été, ces derniers temps, nombreux et considérables.

Les valves d'inversion sont les organes les plus délicats du four Martin. Soumises à des variations de température considérables et fréquentes, leur conservation est difficile et leur usure rapide. La Société Head, Wrightson et Cº, de Thornaby-on-Tees, a imaginé un système de valve à circulation d'eau destinée à assurer leur conservation. Les valves (fig. 13) sont des sortes de soupapes à mouvement vertical, commandées par une tige creuse qui amène l'eau à la partie supérieure de la valve par les orifices H. Un canal P la conduit de là au siège inférieur de la valve, d'où un tuyau la ramène à un réservoir de refroidissement.

L'augmentation constante du poids des charges des fours Martin et la nécessité de plus en plus grande de produire vite et à bon marché ont donné une importance croissante aux appareils de chargement mécanique des fours qui permettent à la fois d'économiser la main-d'œuvre et d'augmenter la puissance de production. Tous ces appareils se rattachent au même type et ne se distinguent pas par des différences essentielles de principe ou de construction. Tous se composent de trois parties :

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

1° La barre de chargement qui sert à introduire les charges dans le four ; elle doit pouvoir être animée d'un mouvement de rotation autour de son axe longitudinal ; en même temps, l'extrémité qui porte les charges doit pouvoir recevoir des déplacements verticaux rectilignes ou rotatifs ;

2° La barre est portée par un chariot qui peut être approché ou éloigné à volonté des portes du four ;

3° Enfin le chariot est porté par un châssis métallique fixe ou monté sur roues.

Le tout doit être d'une construction aussi simple que possible, formé de pièces robustes et d'une grande stabilité. Comme la largeur de l'appareil est limitée, on assure la stabilité en augmentant la longueur. Les différents mouvements sont donnés au moyen de transmissions hydrauliques ou électriques. Les premières ont l'avantage d'être plus robustes, mais elles fonctionnent toujours à pleine charge, et leur rendement est bien inférieur à celui des commandes électriques, dans lesquels le travail dépensé est toujours proportionnel à l'effort à produire, et qui permettent de plus des mouvement plus rapides.

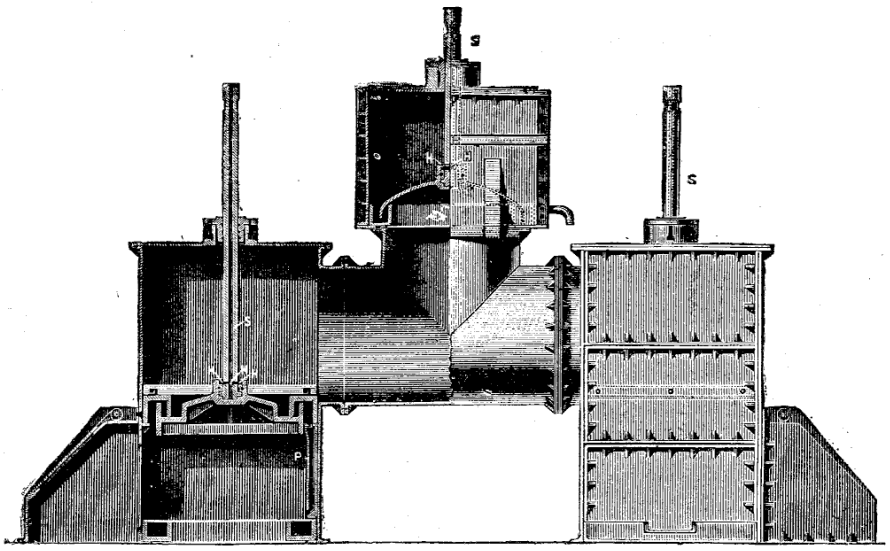


Fig. 13. — Valve d'inversion de MM. Head, Wrightson et C°.

De ces appareils, les appareils Eck et Wellmann sont les plus récents et les plus perfectionnés. L'appareil Wellmann, représenté sur les figures 14, 15, 16, a été breveté au début de 1897 et installé dans plusieurs usines d'Allemagne et des États-Unis, en particulier aux aciéries d'Otis, d'Homestead et de l'Illinois. Le châssis principal, monté sur roues de façon à desservir plusieurs fours, est formé de quatre montants verticaux, de fortes dimensions, portant à leur partie supérieure deux poutres transversales, sur lesquelles roule le chariot qui porte

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

MACHINE *Wellmann* POUR CHARGER LES FOURS MARTIN

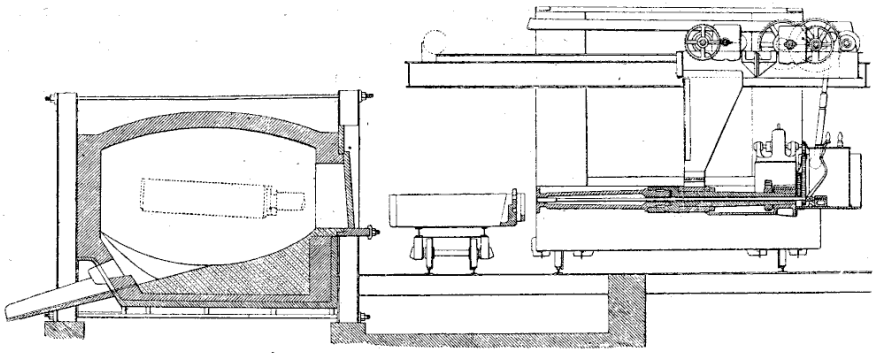


Fig. 14. — Élévation en long et coupe transversale du four.

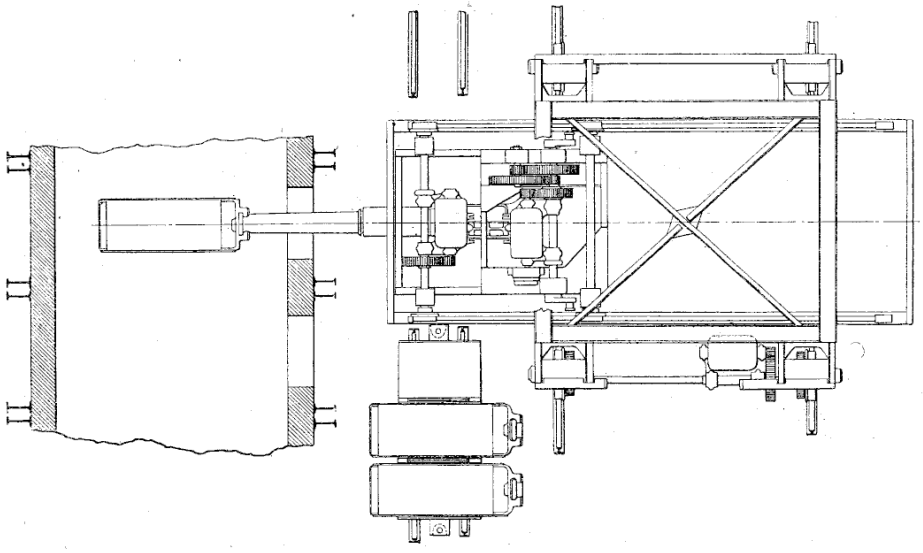


Fig. 15. — Plan.

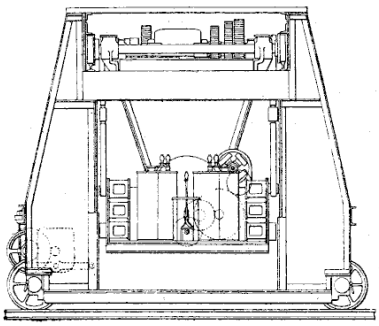


Fig. 16. — Vue par bout.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

la barre de chargement. Le chariot se compose d'une plate-forme horizontale à quatre roues, sur laquelle sont placés les appareils de transmission, — et de deux montants situés sur la face avant et qui sont rapprochés par leurs extrémités inférieures, sur lesquelles repose par l'intermédiaire de deux tourillons la barre de chargement, qui peut ainsi osciller dans un plan vertical. A son extrémité postérieure, la barre porte la plate-forme du mécanicien. L'extrémité antérieure, qui sert à introduire les charges, est plane et peut s'engager dans une encoche pratiquée sur une des faces des boîtes de chargement, qui renferment les matières premières et qui sont amenées devant les fours sur de petits trucks roulant sur une voie spéciale. La barre de chargement est creuse. Une tige commandée par un levier la traverse dans toute sa longueur et sert, en pénétrant dans une encoche spéciale, à fixer solidement à la barre les caisses de chargement.

Toutes les transmissions se font électriquement. Deux dynamos, de 25 chevaux chacune, sont placées à l'arrière du chariot dans une position choisie de façon à équilibrer en partie les charges. Une dynamo de 3 chevaux et demi est placée sur la plate-forme du mécanicien, où se trouvent aussi les rhéostats et les différents leviers de manœuvre.

Les deux grosses dynamos servent à donner au chariot son mouvement de va-et-vient et à la barre de chargement son mouvement d'oscillation dans un plan vertical. La petite dynamo de 3,5 chevaux donne à la barre son mouvement de rotation sur elle-même. Comme tous les mouvements se font successivement et non à la fois, et que, pour chacun d'eux, l'effort maximum est rarement atteint, la puissance consommée par l'appareil ne dépasse jamais 25 chevaux; elle est, en moyenne, d'environ 10 chevaux.

L'appareil est desservi par un mécanicien et un aide. On charge 1 tonne de matières à la fois, en une minute. Un four de 40 tonnes, dans lequel on charge 48 tonnes de matières premières, est chargé en moins d'une heure.

L'appareil Eck, qui fonctionne depuis quelque temps déjà aux aciéries de le Midland Steel C°, à Muncie (Indiana), est fixe et ne dessert qu'un seul four. Le chariot A (fig. 17), qui porte la barre de chargement B, est suspendu à deux poutres C, sur lesquelles il peut rouler, et qui constituent elles-mêmes une sorte de pont roulant pouvant recevoir un mouvement de translation parallèle au grand axe du four. Ce pont roulant repose, à une de ses extrémités, sur une poutrelle fixe D, à l'autre sur une poutrelle E, qui peut être élevée ou abaissée à l'intérieur de deux glissières F au moyen de commandes hydrauliques. La barre de chargement est creuse et analogue à celle de l'appareil Wellmann. Son mouvement de rotation lui est donné à la main au moyen d'une manivelle placée à l'arrière. Une autre manivelle sert à lui donner des déplacements latéraux qui permettent de verser les charges en divers points du four. Le déplacement du chariot A est commandé par un cylindre hydraulique.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le personnel de l'appareil comprend un ouvrier, pour la manœuvre de la barre, et un gamin pour la manœuvre des leviers qui commandent les mouvements du chariot et du pont roulant. Le chargement d'un four de 40 tonnes se fait en moins d'une heure.

Les résultats obtenus en Amérique par l'emploi de ces appareils ont été très encourageants. Aux États-Unis, un four de 40 tonnes, avec chargement à la main, fait ordinairement neuf coulées par semaine de 141 heures, ce qui représente une durée moyenne de 15h,2/3 par opération. Dans ce temps de 15h,2/3,

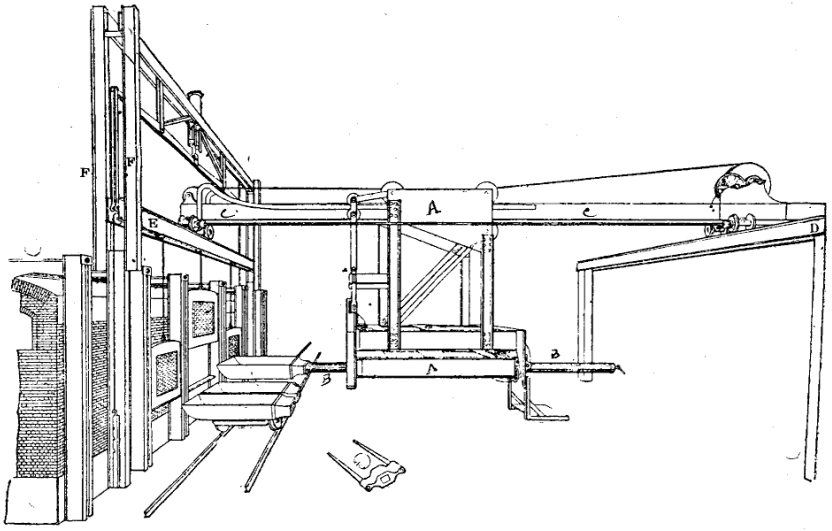


Fig. 17. — Appareil *Eck* pour charger les fours Martin.

la durée du chargement est de 3h,1/2. L'emploi d'un appareil de chargement mécanique la réduit à 1 heure. On gagne donc 2h,1/2 par opération, 22h,1/2 par semaine, temps plus que suffisant pour permettre de faire dix coulées au lieu de neuf. La production est augmentée d'au moins un neuvième, soit 11 p. 100.

L'économie de main-d'œuvre n'est pas moins considérable, comme cela résulte des chiffres ci-dessous, relatifs à l'appareil Wellmann, et empruntés à l'*Engineering* du 14 mai 1897 :

	Avec chargement à la main.	Avec l'appareil Wellmann.
Personnel nécessaire pour 2 fours de 20 à 30 t. par poste	12 ouvriers.	6 ouvriers.
Dépense de main-d'œuvre par semaine	295 dollars.	163 dollars.
Économie de main-d'œuvre par semaine obtenue grâce à l'appareil Wellmann		44,77 p. 100
Économie de main-d'œuvre par tonne en tenant compte de l'augmentation de production		50 p. 100

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les dépenses d'entretien de l'appareil sont d'ailleurs infimes, comparées avec cette économie. L'appareil Wellmann coûte de 35 à 40000 francs. En admettant une dépense annuelle de 10 p. 100 pour l'entretien et l'amortissement, et en supposant qu'on marche à raison de vingt coulées de 25 tonnes (deux fours) par semaine pendant quarante semaines par an, le prix de revient de la tonne de lingots est chargé de 0 fr. 19. D'ailleurs, un appareil peut desservir facilement trois et même quatre fours, le chargement durant moins d'une heure par four. Avec des fours de 40 tonnes, l'entretien et l'amortissement de l'appareil grèveraient le prix de revient de 0 fr. 08 seulement.

Pour l'appareil Eck, qui ne comporte pas de dynamos, et dont les commandes hydrauliques sont très robustes, la dépense par tonne ne doit pas dépasser ce dernier chiffre.

Les appareils de chargement mécanique constituent donc un très réel progrès, et leur emploi semble devoir se répandre rapidement dans les usines à forte production.

RÉCHAUFFAGE ET LAMINAGE

En ce qui concerne le réchauffage des lingots, on doit signaler plusieurs innovations intéressantes. Une des plus importantes est le nouveau four installé par M. Hollis aux usines de la Weardale Iron and Coal C°, qui se distingue surtout par le mode de chauffage de l'air de combustion et par le mode d'introduction de l'air et du gaz dans la chambre de chauffe.

Un des inconvénients de l'emploi du gaz dans les fours à réchauffer provient des inversions, inévitables dans le système, dit de *régénération*, des fours Siemens. Dans le four de Weardale, on est revenu à la simple *récupération* de la chaleur à travers les parois, renonçant pour l'air aux empilages : les dispositifs que nous indiquerons tout à l'heure permettent d'obtenir, malgré cela, une température largement suffisante dans le laboratoire. La face arrière et la voûte du four sont constituées de deux parois entre lesquelles l'air circule avant d'être introduit dans le four et où il s'échauffe par transmission de chaleur à travers la paroi intérieure.

C'est surtout le mode d'introduction du gaz qui constitue le trait caractéristique du nouveau four. Les gaz sont amenés à la partie supérieure de la chambre de combustion. Leurs carneaux d'entrée, répartis sur la moitié environ, de la longueur de la voûte, sont disposés de telle sorte que le jet de gaz pénétrant dans le four soit entouré d'un jet annulaire d'air chaud. On obtient ainsi une température très élevée et une combustion complète dans le four. Les flammes sortent par deux rampants situés au niveau de la sole, aux deux extrémités du four. Ainsi la répartition de la chaleur, dans le laboratoire, est très égale.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La figure 18, qui est une coupe transversale du premier four construit, montre comment se faisaient au début l'admission de l'air, après sa circulation entre les parois P et Q du four, et celle du gaz d'une batterie de gazogènes par le carneau O, le tuyau S jouant le rôle de brûleur. On a reconnu depuis qu'il est préférable de supprimer le tuyau S, et qu'on obtient une température plus élevée en laissant la combustion commencer dans la zone M avant que le gaz ne pénètre dans la chambre centrale. Dans les nouveaux fours, les ouvreaux pour l'air et le gaz sont simplement superposés.

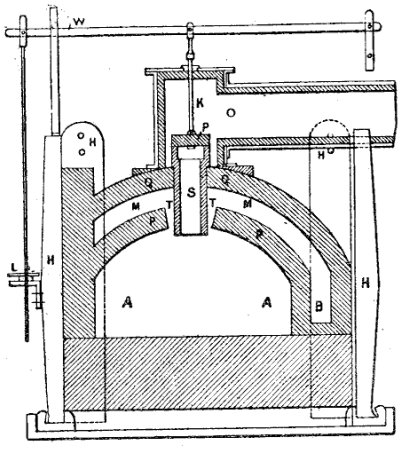


Fig. 18. — Four à réchauffer de *Weardale*. 1er type.

Les principaux détails de construction du four sont représentés sur les figures 19 à 22 empruntées à l'*Engineering*. L'air entre dans le four par les carneaux C, s'échauffe en B et en M, et pénètre dans la chambre de combustion par les orifices L. Au-dessus de ces derniers, se trouvent les orifices d'admission du gaz. Des registres I et la soupape S permettent de

FOUR A RÉCHAUFFER DE WEARDALE. — DÉTAILS DE CONSTRUCTION

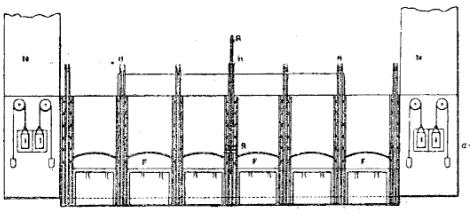


Fig. 19. — Élévation en long.

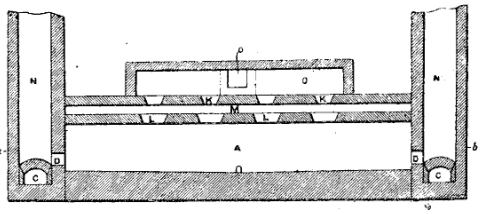


Fig. 20. — Coupe en long suivant *cd* (fig. 21).

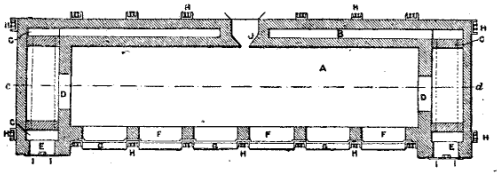


Fig. 21. — Coupe horizontale suivant *ab* (fig. 20).

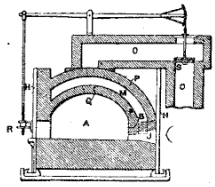


Fig. 22. — Coupe transversale.

régler les proportions relatives d'air et de gaz et, par suite, la température dans le four. En D, se trouvent les carneaux d'échappement des fumées, rapprochés de la face de chargement du four de façon à compenser l'action refroidissante des

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

portes. La chaleur perdue des fumées est utilisée à la production de la vapeur dans deux chaudières Babcock et Wilcox placées de chaque côté entre le four et les cheminées.

Le four est construit en briques siliceuses. La sole est en scories basiques disposées en une couche de $0^m,25$ à $0^m,30$ d'épaisseur, formée à la base de morceaux de deux à trois centimètres recouverts de morceaux plus petits fortement damés. Au feu, ces scories durcissent peu à peu, en même temps qu'elles s'imprègnent de scories de réchauffage provenant des premières charges, et, au bout d'une semaine, elles forment une masse très dure, qui s'altère peu et nécessite des réparations bien moins fréquentes que les soles en sable des fours à réchauffer ordinaires. L'emploi d'une sole basique n'est d'ailleurs possible que grâce à la température très élevée du four : dans les fours ordinaires, la température ne serait pas assez élevée pour que la scorie de réchauffage fût suffisamment fluide sur sole basique et pût couler hors du four. Cette scorie est très corrosive et elle détruirait très rapidement les parois siliceuses du four, qui doivent être recouvertes à leur base par un revêtement basique prolongeant la sole. On peut aussi remplacer les briques siliceuses au voisinage de la sole par des briques en fer chromé.

La mise en marche du four comprend deux périodes : 1° une période de dessiccation de la maçonnerie au moyen d'un feu de bois sur la sole ; 2° une période de chauffage au gaz, dans laquelle la seule précaution à prendre est de bien fermer les portes du four, de façon à assurer un tirage énergique entre les orifices d'entrée de l'air E et la cheminée, et à empêcher les gaz d'entrer dans la chambre de circulation de l'air MB où pourraient se produire des explosions. L'objet de ce chauffage au gaz est d'élever progressivement la température du four et en même temps d'agglomérer les scories basiques de la sole, de façon à leur donner une consistance suffisante pour qu'on puisse y charger les lingots. Au bout de soixante heures, les lingots peuvent être introduits dans le four. Il faut à peu près une semaine pour que la sole soit bien saturée de scories de réchauffage et pour qu'elle ait atteint sa dureté maximum. Au bout de ce temps, le four est dans la période de marche normale, et les seules réparations à y faire consistent à combler avec des scories basiques les dépressions qui peuvent se produire sur la sole à la suite de chocs.

Les dimensions du four dépendent des dimensions des lingots à réchauffer. Le premier four ayant fonctionné régulièrement aux usines de la Weardale Iron and Coal C° passait des slabes de 180 à 450 kilogrammes. Il avait pour dimension de la sole 6 mètres de longueur sur $2^m,10$ de largeur. Il remplaçait un four à réchauffer ordinaire alimenté à la houille, et desservait un train de laminoir qui, avec l'ancien four, n'avait jamais pu dépasser une production de 23 tonnes par jour. Avec le nouveau four, la production fut portée à 27 tonnes ;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

en même temps, la consommation de combustible était abaissée à 230 kilogrammes par tonne de slabes, la perte était de 1 p. 100. La température de l'air à son entrée dans la chambre centrale était de 425° à 550°; celle des gaz était de 1050° à 1100° à la sortie du four.

Deux fours de dimensions beaucoup plus considérables ont été installés il y a un peu plus d'un an aux mêmes usines. L'un a une sole de 9^m,15 de longueur sur 2^m,13 de largeur. L'autre, qui doit passer des lingots de 6 à 7 tonnes, a 10^m,55 de long sur 3^m,35 de large. Tous les deux sont alimentés par 5 gazogènes brûlant chacun 300 à 400 kilogrammes de houille par heure. Leur coût de premier établissement a été de 10 800 francs pour le plus petit, et de 14 800 francs pour le plus grand; ce qui représente une dépense de 554 francs dans le premier cas et de 420 francs dans le deuxième, par mètre carré de surface de sole. Ils peuvent passer l'un 126 tonnes, l'autre 180 tonnes de lingots par jour. La consommation de houille ne dépasse pas 115 kilogrammes par tonne de lingots. La quantité d'eau vaporisée dans les chaudières est la même que si celles-ci étaient chauffées directement par les gaz des gazogènes.

En même temps que le four de Weardale, on doit signaler plusieurs nouveaux fours, dont quelques-uns sont déjà entrés dans le domaine de la pratique courante.

Le four Immel, qui vient d'être installé dans les tôleries de la Société Marcellot et Cie, à Eurville (Haute-Marne), est destiné à la fabrication des tôles et comprend plusieurs soles disposées de façon à mieux utiliser la capacité du four, à augmenter la puissance de production, et à diminuer par suite la dépense de combustible et les frais de premier établissement.

Les trois figures, 23, 24, 25, indiquent ses dispositions principales. A est une première sole, supportée par la voûte C, et servant au réchauffage des billots. B est la sole de réchauffage des tôles. Après avoir circulé sur ces deux soles, les flammes passent, par les carneaux O et Z, au-dessous de la sole B, qui est ainsi chauffée par-dessus et par-dessous. Avant de se rendre à la cheminée, elles passent encore sur une chaudière. Une autre disposition, adoptée dans certains fours de même type, consiste à placer sous la sole B des caisses à recuire en vase clos autour desquelles les flammes circulent avant de se rendre à la chaudière et à la cheminée.

Le four Douglas Vickers, breveté en Angleterre en janvier 1896, est un four continu rotatif. La sole (fig. 26 et 27) est constituée par un plateau circulaire à axe vertical. La chambre de combustion a la forme d'un fer à cheval circulaire d'un angle de 300° environ. Elle est fermée par deux portes verticales, près desquelles sont placés, d'une part, la grille, d'autre part le rampant allant à la cheminée. Les lingots sont introduits du côté de la porte voisine de la grille. Le four doit naturellement marcher en dépression. Les joints de la sole et des parois fixes de la chambre de combustion se composent de deux anneaux en

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

FOUR IMMEL

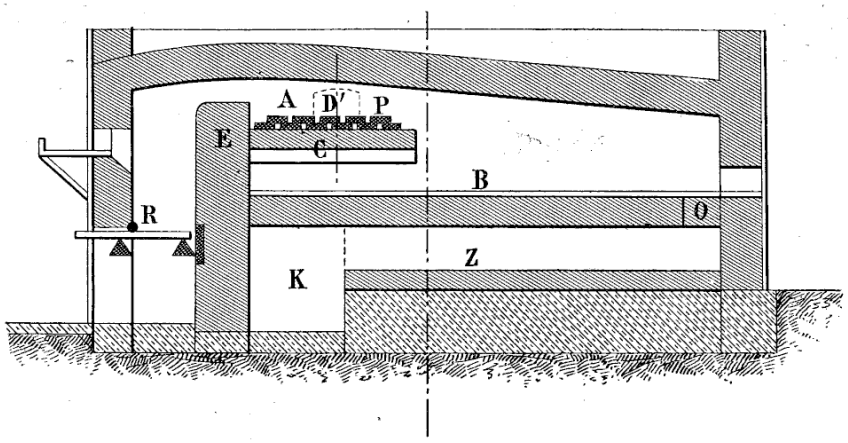


Fig. 23. — Coupe longitudinale.

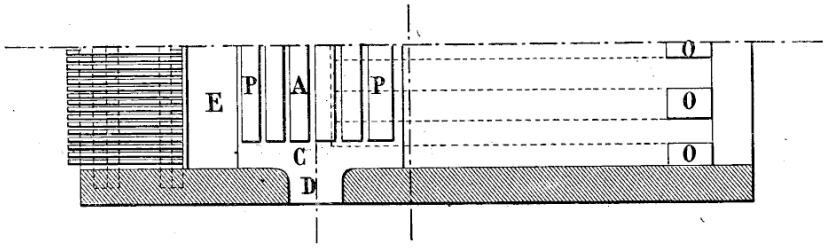


Fig. 24. — Coupe horizontale, entre la voûte et les soles.

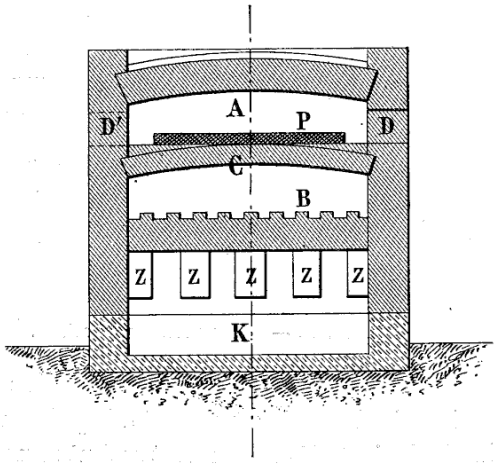


Fig. 25. — Coupe transversale.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tôle fixes, prolongeant les parties verticales de la maçonnerie, et pénétrant dans deux sortes de gouttières portées par la sole rotative et remplies de sable ou d'eau. La sole peut être un peu abaissée le long de son axe, de façon à détruire les adhérences qui pourraient se produire avec les parties fixes.

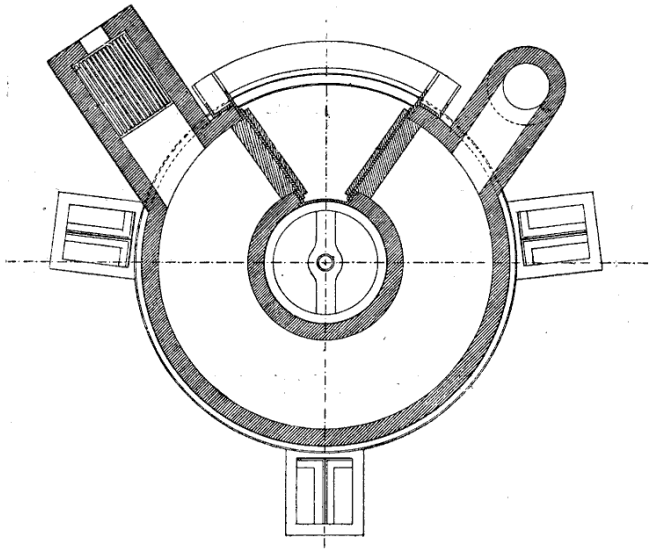


Fig. 26. — Four à réchauffer continu, brevet *Douglas-Vickers*. Coupe horizontale.

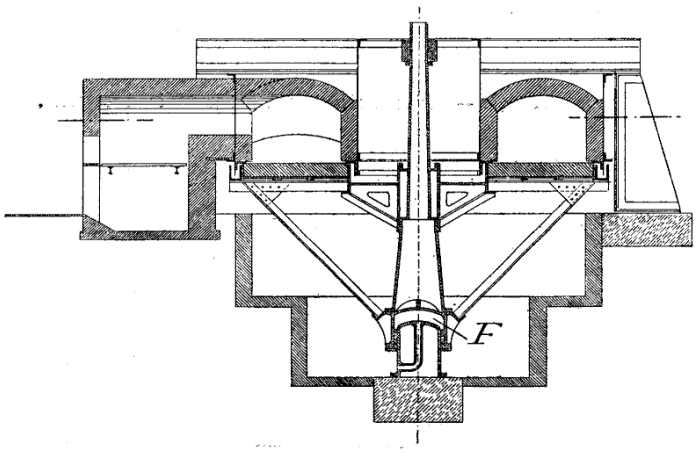


Fig. 27. — Coupe verticale, par l'axe.

Pour le laminage, c'est toujours la même préoccupation qui prédomine : diminuer les dépenses de main-d'œuvre et augmenter la puissance de production. Tous les nouveaux laminoirs installés récemment se font remarquer par les dispositifs adoptés pour réaliser mécaniquement tous les déplacements du lingot

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

en cours d'élaboration : introduction dans les cannelures, déplacement d'une cannelure à la suivante, rotation de 90°, enlèvement des barres laminées. Les dispositifs les plus récents ont déjà été décrits dans les Notes de mécanique du *Bulletin de la Société d'Encouragement*. Nous signalerons plus particulièrement à l'attention, comme étant un des plus ingénieux, celui qui a été adopté dans la table de laminoir Huber, pour l'introduction, dans les cannelures, des petits profilés dont le faible poids et la faible adhérence sur les rouleaux des tables étaient, jusque-là, un obstacle à la réduction de la main-d'œuvre (1).

La question de la supériorité du duo sur le trio ou inversement, pour les gros lingots, n'est pas encore résolue. Le trio a pour lui l'avantage d'une marche continue, qui permet d'employer pour la machine des organes moins robustes et d'adopter la multiple expansion, dont les fréquents arrêts des trains réversibles rendent l'emploi impossible pour les duos. Par contre, les gros trios nécessitent l'emploi de tables releveuses puissantes et compliquées, organes assez délicats. En somme, si on ne considère que la machine à vapeur, c'est le système du trio qui a l'avantage. Si on ne considère que le laminoir, c'est l'inverse. Quant à la dépense de main-d'œuvre, elle est à peu près la même dans les deux cas. En fait, les trains que l'on construit actuellement appartiennent aux deux systèmes et paraissent donner des résultats à peu près équivalents. La tendance annuelle, pour les très gros trains, en Europe du moins, paraît être cependant en faveur du duo réversible.

Comme exemple de machine de train de ce type, nous citerons une machine de 10 000 chevaux, provenant des ateliers de Makintosh, Hemphill et C° de Pittsburg, probablement la plus puissante qui ait été construite jusqu'ici, C'est une machine horizontale à deux cylindres de $1^m,270$ de diamètre et de $1^m,83$ de course, à distribution par tiroirs à pistons horizontaux. Les cylindres sont en porte-à-faux, leur écartement d'axe en axe est de $5^m,30$. Les bielles, de $4^m,80$ de longueur et de $0^m,35$ de diamètre près de la grosse tête, actionnent l'arbre à une de ses extrémités et en son milieu (l'autre extrémité étant reliée aux cylindres du laminoir) par l'intermédiaire d'un plateau manivelle et d'un arbre coudé. L'équilibre des pièces à mouvement alternatif est réalisé au moyen de contrepoids fixés sur un volant de 3 mètres de diamètre, qui suppriment les chocs et permettent le démarrage dans toutes les positions. L'arbre a $0^m,61$ de diamètre et pèse, avec les contrepoids, 54 tonnes.

Le changement de marche se fait par coulisse ; les excentriques, de $1^m,20$ de diamètre, sont calés sur l'arbre. La coulisse est actionnée par un arbre de relevage placé sous la plaque de fondation et commandé par deux pistons hydrauliques.

La longueur totale de la machine est de $14^m,25$; sa largeur de $8^m,40$. Elle repose sur une plaque de fondation de $11^m,20$ de longueur, $8^m,40$ de largeur et dont la hauteur varie de $1^m,20$ à $1^m,50$. Son poids total est de 360 tonnes.

(1) *Bulletins* de juillet et novembre 1897, p. 1007 et 1531.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS CHIMIQUES

COMPOSITION DE PORCELAINE ALLANT AU FEU. (*Sprechsaal*, t. XXXI, p. 684, 1898.)

La composition suivante, qui donne une porcelaine dure et opaque, est employée en Prusse pour la fabrication d'objets allant au feu. On remarquera l'absence de quartz dans la composition de la pâte.

Pâte.		Couverte.	
Kaolin de Halle.	48	Sable quartzeux.	42
Argile blanche.	37,5	Kaolin	33
Feldspath	16,5	Gypse cru	13
		Biscuit pulvérisé	12

C. L. C.

PROLONGEMENT DE L'ÉCHELLE PYROMÉTRIQUE DE SEGER. (*Sprechsaal*, t. XXXI, p. 738, 1898.)

L'échelle des montres fusibles de Seger se termine du côté des températures élevées par les montres 35 et 36, composées, la première, de kaolin de Zœttlitz, et la seconde d'argile de Rakonitz, qui répondent l'un et l'autre à peu près à la composition $2SiO^2$, Al^2O^3, $2H^2O$, ne différant entre elles que par la présence de très petites quantités d'impuretés. L'écart entre les températures de fusion de ces deux montres paraît être notablement plus grand que celui des deux montres 34 et 35; l'échelle ainsi limitée n'est pas suffisante non plus, pour l'observation des points de fusion du fer chromé, des silicates de magnésie, dont l'emploi se répand de plus en plus.

On propose de compléter l'échelle de Seger en supprimant d'abord la montre 36 à l'argile Rakonitz, et la remplaçant par trois nouvelles montres obtenues par des mélanges de kaolin et d'alumine répondant aux formules :

35	Kaolin	2 SiO^2 —	1 Al^2O^3
36	—	1,66	—
37	—	1,33	—
38	—	1,00	—

L'ancienne montre 36 de Seger se placerait entre les montres 36 et 37 de la nouvelle échelle.

C. L. C.

VERRES COLORÉS. (*Sprechsaal*, t. XXXI, p. 677.)

L'auteur de cet article s'est proposé de rechercher des compositions correspondantes de verre blanc et de verre coloré ou opale, qui puissent facilement s'appliquer l'un sur l'autre et qui exigent l'égalité de dilatation et de fusibilité. Les verres qui peuvent

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

s'appliquer l'un sur l'autre sont dans les tableaux ci-dessous placés l'un à côté de l'autre.

Sable	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Potasse	6	5	42	44	6	12	18	33	40	40	42	24	42	42						
Soude à l'am.	24	19			20	24					12									
Fluorure de calcium		**10**																		
Cryolite					**14**		**15**													
Cendres d'os			**28**						**6**		**6**		**6**	6						
Feldspath		10																		
Salpêtre	2		2	2	3	3			6		6		4	4						
Chaux	16		16		5	10	12	16		16		18								
Minium		6		2	2	2														
Arsenic							1				0,5		1	1						
Blanc de zinc		6					3													
Oxyde de fer						**1**														
Oxyde de chrome						**1**														
Oxyde de cuivre						**3**														0,3
Oxyde de cobalt						**0,2**														
Oxyde de manganèse							**15**													
Amiante									**4**		**4**		**4**	4						
Fleur de soufre											**5**									
Uranate de soude																				**1**

C. L. C.

NOUVELLE PATE CÉRAMIQUE. (*Thon. Ind.*, t. XXI, p. 1067 et 1119, 1897.)

MM. C. Schirm et Otto Lessing ont fait breveter une pâte céramique composée de :

Matière dégraissante	6 parties
Matière fondante	1 —
Plâtre	1 —

La matière dégraissante peut être de la poudre broyée de quartz, porcelaine, faïence, argile cuite; la matière fondante est un verre ou émail. Les propriétés de cette pâte sont les suivantes : elle commence à durcir par la prise du plâtre sans qu'il se produise aucun départ de l'eau par évaporation ou imbibition, ce qui permet l'emploi de moules quelconques, en gélatine huilée par exemple. Elle ne prend aucun retrait à la cuisson; sa température de cuisson dépend de la nature du fondant, elle est voisine de 1000° quand ce fondant est du verre ordinaire. Elle prend des glaçures variées. Elle a par contre l'inconvénient de ne pas être très dure, d'être très poreuse, et altérable à l'eau en raison de la solubilité du sulfate de chaux.

Cette pâte convient très bien pour les moulages dits à cire perdue. Au lieu de casser le moule à coups de marteau, ce qui est toujours une opération délicate avec une pièce moulée en plâtre qui n'est pas plus dure que le moule lui-même, on porte à l'étuve et ensuite au four de cuisson la pièce dans son moule. Après cuisson le plâtre du moule a perdu toute consistance et s'enlève avec la plus grande facilité.

C. L. C.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

COUVERTES JAUNES. (*Thon. Ind.*, t. XXI, p. 764, 1897.)

On obtient d'après Ant. Haskover des couvertes jaunes plus ou moins fusibles, analogues à celles des faïences anglaises, avec des mélanges correspondant à des compositions comprises entre les limites ci-dessous :

$$\left.\begin{array}{l} 0{,}83\ PbO \ldots\ldots\ldots\ 0{,}05 \text{ à } 0{,}15\ Al^2O^3 \\ 0{,}04 \text{ à } 0{,}07\ K^2O \ldots\ldots\ 0{,}08 \text{ à } 0{,}15\ Fi^2O^3 \end{array}\right\} 1{,}3 \text{ à } 2{,}4\ SiO^2$$

L'addition d'oxydes d'étain et d'antimoine empêche les couvertes de couler et de se mêler, sans diminuer leur fusibilité.

On obtient une couverte brune analogue à celle des majoliques des XVI^e^ et XVII^e^ siècles avec le mélange :

$$0{,}66\ PbO \left\{\begin{array}{l} 0{,}1\ Fi^2O^3 \\ 0{,}03\ Al^2O^3 \\ 0{,}01\ Sb^2O^3 \end{array}\right\} \begin{array}{l} 1{,}12\ SiO^2 \\ 0{,}2\ \ SuO^2 \end{array}$$

C. L. C.

EFFET DES FONDANTS SUR LA FUSIBILITÉ DU KAOLIN. (*Thon. Ind.*, t. XXI, p. 288, 1897.)

Les recherches poursuivies au laboratoire de H. Seger et E. Cramer ont porté sur deux points : la diminution de fusibilité d'un kaolin préalablement chauffé pendant longtemps à une température élevée ; l'accroissement de fusibilité résultant de l'addition de petites quantités de différents protoxydes.

La diminution de fusibilité du kaolin longtemps chauffé tient à la perte par volatilisation progressive des petites quantités d'alcalis qu'il renferme. Un kaolin renfermant 1,2 p. 100 d'alcalis chauffé en atmosphère oxydante à la température de fusion de la montre 30 (1 730°) ne renfermait plus ensuite que 0,74 d'alcalis ; chauffé en atmosphère réductrice, il n'en renfermait plus que 0,40. En plaçant, à la suite du tube en terre où se faisait le chauffage, un tube en verre pour recueillir les matières volatilisées dans le courant gazeux, on a obtenu un dépôt blanc renfermant tous les éléments des argiles, les protoxydes en plus forte proportion. Voici l'analyse d'un de ces dépôts :

SiO^2	59,6
Al^2O^3	12,4
Fe^2O^3	6,1
CaO	1,2
MgO	7,5
Alcalis	9,95
	99,75

L'argile employée renfermait les divers protoxydes à des teneurs inférieures à 1 p. 100.

Les expériences sur l'accroissement de fusibilité ont porté sur des additions de protoxydes semblables à ceux que les kaolins et argiles renferment naturellement, soit K^2O, Na^2O, CaO, MgO, FeO. Ces additions ont été faites au kaolin de Zettlitz qui constitue la montre 35 de Seger (1830°) et par suite fond à cette température. On a ajouté soit 1/5 d'équivalent de chacun des oxydes ci-dessus, soit 1/10 de deux de ces oxydes, soit

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

1/15 de trois de ces oxydes, à un équivalent de ce kaolin ($2SiO^2$, Al^2O^3, $2H^2O$). Tous ces mélanges ont fondu au voisinage de la montre 33 (1790°). Les écarts observés qui n'ont pas dépassé la moitié de l'intervalle de deux montres successives, soit 10°, ne sont pas supérieurs aux erreurs possibles d'expérience. Si l'on admet la réalité de ces écarts, ils conduiraient à attribuer à la magnésie la plus grande action fondante. La potasse serait à peu près équivalente à la magnésie, la soude un peu moins fondante, puis la chaux, et en dernier l'oxyde de fer. Mais la volatilité des alcalis rend ce classement très incertain.

C. L. C.

ENGOBAGE PAR BROSSAGE. (*Thon. Ind.*, t. XXI, p. 1235, 1897.)

Les briques faites avec une terre dont la couleur n'est pas satisfaisante sont engobées avec une barbotine très claire d'une terre ayant la coloration voulue. Cette opération se fait après dessiccation et avant la cuisson. Mais il arrive parfois qu'à la cuisson l'engobe se détache à la cuisson par écailles en raison de son défaut d'adhérence. On évite cet inconvénient en soumettant la brique après un premier engobage à un brossage, et la plongeant une seconde fois dans la barbotine.

C. L. C.

PAVÉS EN BRIQUE AUX ÉTATS-UNIS. (*Thon. Ind.*, t. XXI, p. 191, 1897.)

L'emploi des pavés en briques a pris, depuis quelques années, un très grand développement en Amérique; il s'étend dans les grandes villes à la moitié de la surface totale des rues. Cette industrie occupe cent soixante-quinze usines, dont quelques-unes fournissent annuellement plus d'un million de briques. Elles se vendent pour les premières qualités 50 francs le mille prises à l'usine.

Les argiles employées à cette fabrication doivent avoir une certaine fusibilité; voici la composition d'une argile employée dans l'État de l'Ohio:

SiO	57 »
Al^2O^3	21,3
Fe^2O^3	7,3
CaO	0,3
MgO	1,5
Alcalis	4 »
Perte au feu	7,3

La cuisson est poussée jusqu'au point où la porosité est encore telle que la brique puisse absorber de 3 à 6 p. 100 d'eau. Une cuisson plus complète qui rendrait la masse absolument compacte augmenterait la fragilité.

Pour les réceptions de ces matériaux la qualité est estimée d'après la valeur numérique d'un certain coefficient V qui est une fonction choisie empiriquement des diverses propriétés mesurables du produit :

$$V = 5\,(18 - R) + 2\,(7 - A \quad \frac{T}{15,4} + \frac{C}{70} + \frac{10}{3,25 - D} + \frac{10}{7,5 - H}.$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

R est la perte de poids après rotation dans un cylindre pendant un temps déterminé ;

A la proportion d'eau absorbable ;

T la résistance à la traction ;

C la résistance à la compression ;

D la densité ;

H la dureté dans l'échelle de Mohr.

Pour la première qualité, celle de la brique normale type, la valeur de V = 100 avec les valeurs suivantes des différents coefficients :

R	A	T	C	D	H
8 p. 100	2 p. 100	155 kil.	700 kil.	2,25	6,5

C. L. C.

CARACTÈRES DES BRIQUES DE BONNE QUALITÉ. (*Thon. Ind.*, t. XXI, p. 97, 18971.)

Les briques ordinaires moyennement cuites qui conviennent pour les travaux d'intérieur, les briques pour les murs extérieurs des constructions et les briques pour le pavage exigent des qualités différentes qui sont résumées dans le tableau ci-dessous :

	I.	II.	III.
Poids d'eau absorbée par 100 parties de matières sèches.	12 à 24 p. 100	4 à 10 p. 100	5 p. 100
Densité apparente..	1,5 à 2 —	1,9 à 2 —	2 à 2,4 p. 100
Résistance à l'écrasement..	200 kil.	300 à 500 kil.	450 à 600 kil.
Résistance à la traction..	60 à 70 kil.	170 à 120 —	120 à 150 —
Dureté dans l'échelle de Mohr . . .	3 à 6 —	6 à 7 —	8 à 9 —

C. L. C.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

NOTES DE MÉCANIQUE

MACHINE *Allen* POUR LA FABRICATION DES RAIS DE VÉLOCIPÈDES

Cette machine a pour objet la fabrication de rais de vélocipèdes d'une section uniforme en partant d'un fil y (fig. 1) passé au dresseur I, et débité d'une façon continue,

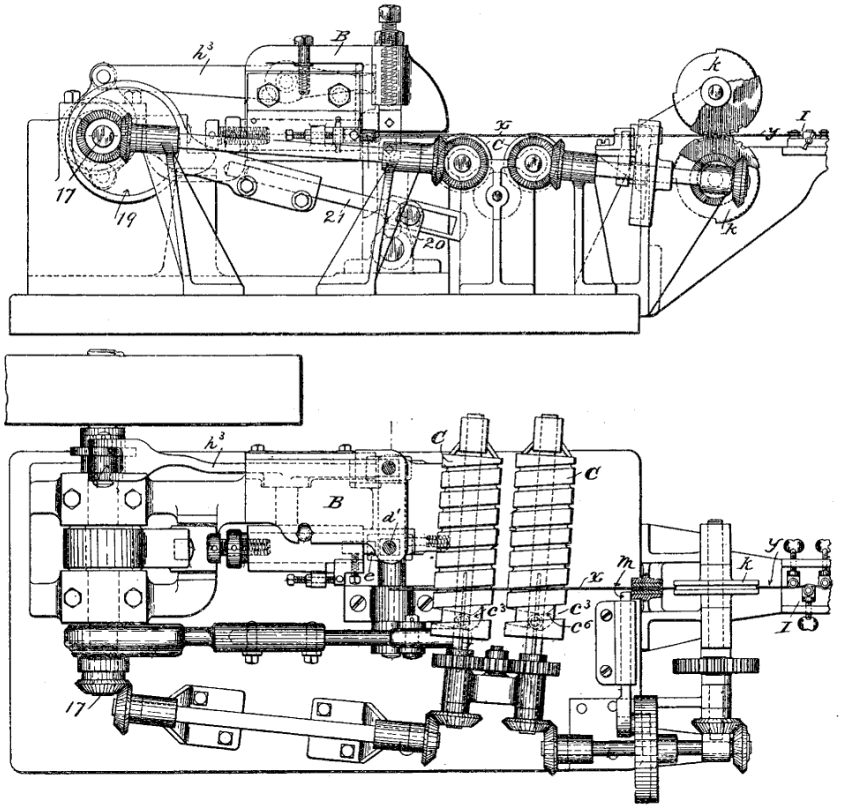


Fig. 1 et 2 — Machine *Allen* à faire les rais de vélocipèdes. Élévation et plan.

par les poulies k, aux cylindres avanceurs C C, après avoir été coupé à longueur en x par le couteau m.

Ces cylindres, qui tournent dans le même sens, ont leurs hélices c_2 parallèles au rai x

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

et sont rainurés en c' pour permettre à leurs cames c_3, en prise avec les galets fixes c_4, de leur imprimer (fig. 3) un mouvement de va-et-vient sur leurs arbres c. Les cames c_3 sont telles que le rai x est, à chaque tour des cylindres C, d'abord brusquement avancé, par la projection c_6 de ces cames, et dans le creux b (fig. 4) de B, devant l'outil, puis maintenu devant cet outil parce que les cames c_3 font reculer les cylindres CC en sens contraire et à la vitesse même que leur imprimerait leur vissage sur x.

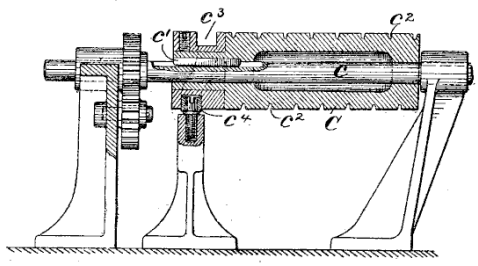


Fig. 3. — Machine *Allen*. Détail d'un cylindre avanceur.

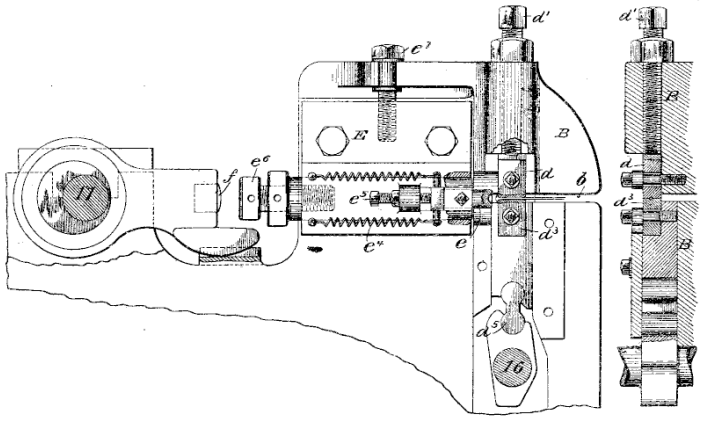


Fig. 4 et 5. — Machine *Allen*. Détail du refouleur.

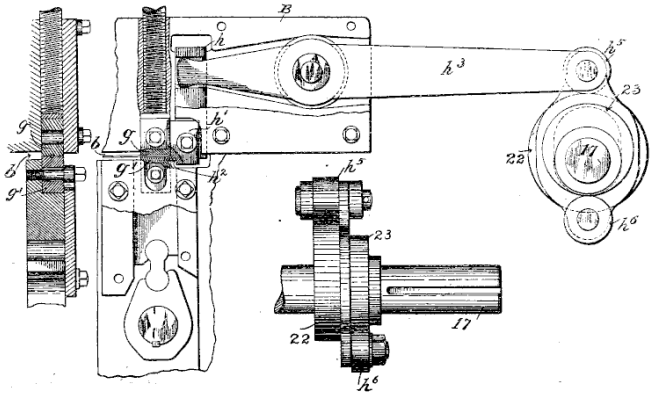


Fig. 6 à 8. — Machine *Allen*. Détail du plieur.

Les outils sont au nombre de deux : le refouleur et le plieur.

Devant le refouleur, le rai est (fig. 4) serré entre deux mâchoires, dont l'une, *d*, fixe

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

et ajustable en d', et l'autre, d_3, commandée par le genou d_5 de l'arbre 16, que mène l'excentrique 19 et le renvoi 20-21 (fig. 2). Le refouleur e, à rappel e_4, monté dans une glissière E de B, réglable verticalement par e_7, est poussé, par sa tête réglable e_6, au moyen du poussoir f, actionné par un excentrique de l'arbre 17. Un taquet e_3 limite le recul de e.

Le plieur consiste (fig. 6) en un bloc hh', qui courbe en g_2 le rai x, maintenu par la mâchoire gg', serrée comme la précécente. Le bloc hh' est commandé, du levier h_3, par deux cames 22 et 23 de l'arbre 17, avec galets h_5 h_6.

RÉGULATEUR POUR TURBINES *Woodward.*

M. E. Woodward a récemment proposé, pour éviter les battements des régulateurs de turbines, le dispositif représenté par la figure 9, et qui peut s'adapter à un régulateur quelconque.

Dès que le régulateur fonctionne, il fait tourner constamment, et toujours dans le même sens, l'arbre B, et tantôt dans un sens tantôt dans l'autre, suivant qu'il ouvre ou ferme le vannage, la roue F′, dont l'arbre, fileté dans le manchon G (fig. 10) du galet

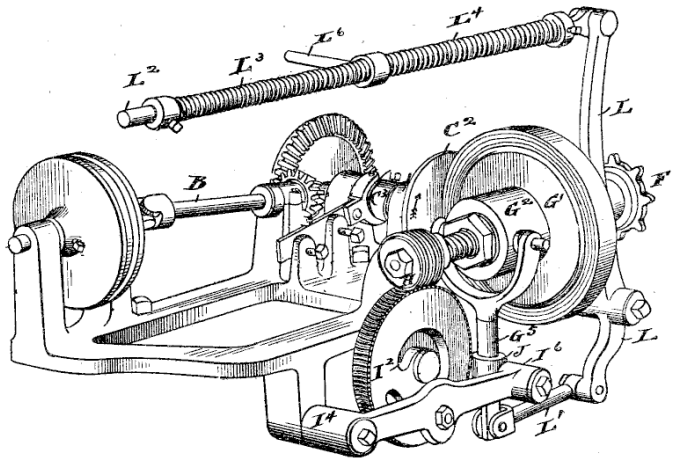


Fig. 9. — Régulateur *Woodward.*

de friction G′ commande par H la came I. Le galet G est commandé, de B, par le plateau C_2 : quand F′ est immobile, G′ se déplace sur sa vis de manière à revenir automatiquement au centre de C_2 et à s'arrêter ; quand F′ tourne dans un sens ou dans l'autre, cette même vis déplace G′ et sa butée G_2 à droite ou à gauche de sa position d'équilibre, et ce déplacement se transmet, par le renvoi G_5 L′ L, à la tige L_2, qui, par les ressorts L_3 ou L_4, presse le bras L_6 sur le manchon du régulateur de façon à le forcer à revenir à sa position primitive et à cesser ainsi graduellement d'ouvrir ou de fermer les vannes avant que la turbine n'ait repris exactement sa vitesse de régime ; puis, F′ étant ainsi redevenu immobile, le plateau C_2 ramène automatiquement G′ G_2 et L_6 à leurs positions normales : on évite ainsi les battements dus aux fermetures et ouvertures trop grandes du vannage.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

En outre, à mesure que L se déplace dans un sens ou dans l'autre, c'est-à-dire à

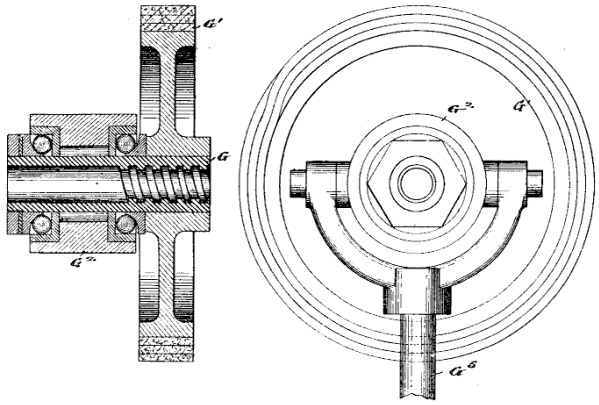


Fig. 10. — Régulateur *Woodward*. Détail du galet G'.

mesure que le vannage s'ouvre ou se ferme, la came I_2 abaisse par I_3 autour de I_4, ou

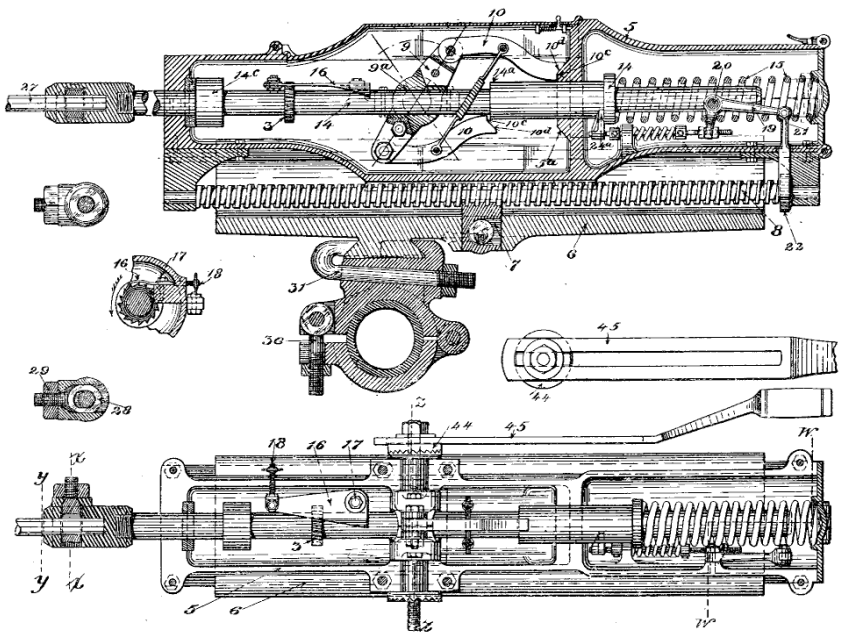


Fig. 11 à 16. — Perforatrice à bras *Jones*. Détail du mécanisme.

relève sur G_5, le pivot J I_6 de G_5, de manière à diminuer la poussée de G_1 sur L_6, à mesure que le vannage est plus ouvert et l'allure de la turbine naturellement plus stable.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

PERFORATRICE A BRAS *Jones*.

Le porte-fleuret 14 (fig. 17 à 19) de cette perforatrice est commandé par un levier 45, qui, par sa coulisse, fait osciller le coulisseau 44, solidaire du balancier 9, à tourillon 9_a. Ce balancier est pourvu de deux cliquets 10, qui, alternativement, repoussent, par 10_c et son collet 14_a, la tige 14, malgré le ressort 15, puis lâchent cette tige quand l'appui

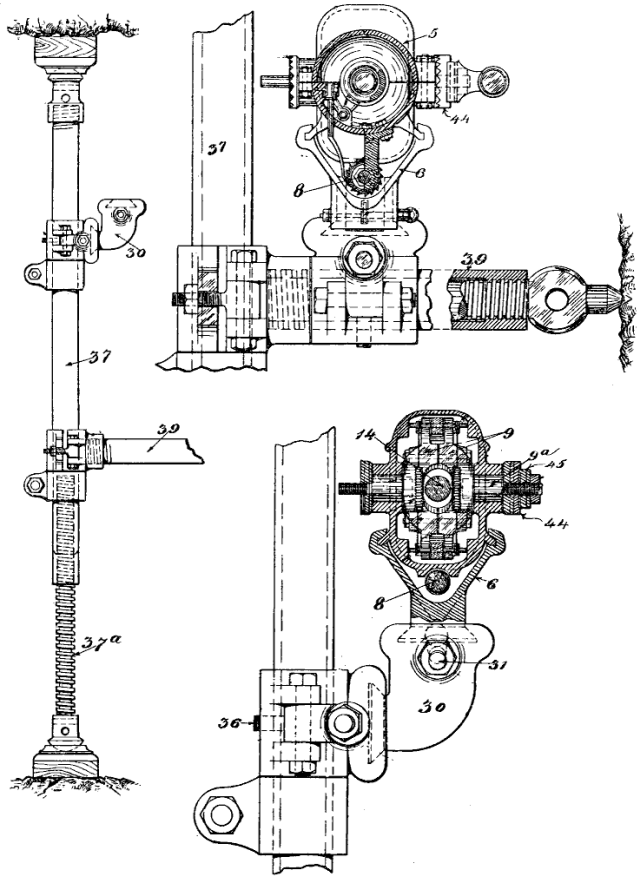


Fig. 17 à 19. — Perforatrice *Jones*. Ensemble du montage et détail du pivotement.

de leurs extrémités 10_d sur le cone 5_a vient déclencher 10_c de 14_a. Quand la tige 14 arrive au fond de sa course dans le bâti 5, c'est-à-dire quand sa bague 14_c vient toucher la butée élastique 5_g, sa bague 14_d, heurtant le toc 24_a, fait, par le renvoi 20, 19, 21 et le rochet 22, tourner d'un cran la vis d'avance 8, prise dans l'écrou du berceau 6. Au retour, la languette 16, pivotée en 17 sur 5 et réglable en 18, fait, par le rochet 3, pivoter d'un cran la tige 14. Le fleuret 27 est fixé à la tige 14 par le serrage de la bague 28 au moyen de l'écrou 29.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le berceau 6 est fixé par le bouton 31 à la glissière 30, serrée par 36 sur la colonne 37, à vérin 37_a et contre-fiche 39 (fig. 17).

TRANSPORTEUR *Kenfield.*

Cet appareil permet de charger ou décharger des bateaux assez éloignés du rivage au moyen d'une installation fort simple.

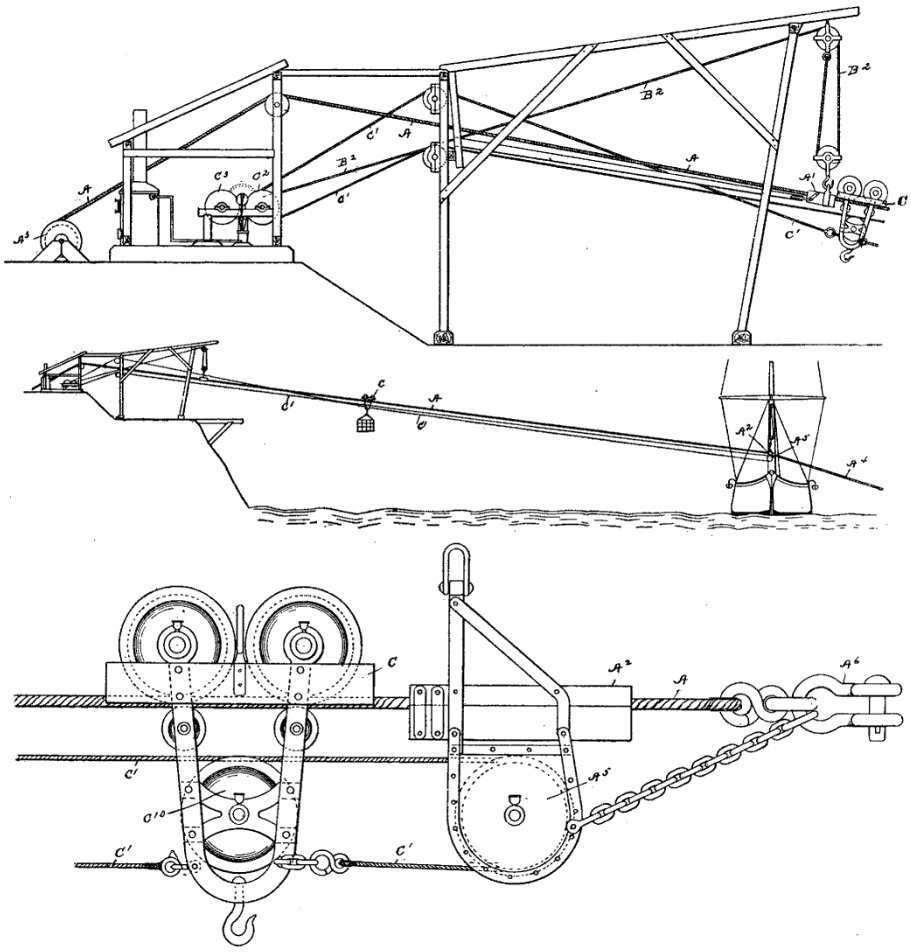


Fig. 20 à 22. — Transporteur *Kenfield.* Ensemble et détail du chariot.

Le câble porteur A (fig. 20), tendu par un treuil A_3, est reçu au navire par un mouflage A_2, qui supporte aussi en A_6 le câble d'ancrage A_4.

Le chariot C, qui porte la charge, roule sur A par le moyen du câble de roulage c' c', passé, au navire, sur la poulie A_5, et, au rivage, sur les tambours c_3 c_2, com-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mandés, du moteur D D (fig. 23), par l'embrayage D′, et à gorges multiples se prêtant aux variations de longueur de A.

Le levage des charges se fait au navire par A_2, et au rivage par le treuil B, à embrayage B_3 et la corde B_2, après avoir amené le chariot C au contact des blocs A_2 ou B_2. La poulie c^{10} du chariot C diminue la flèche brin supérieure de cc'.

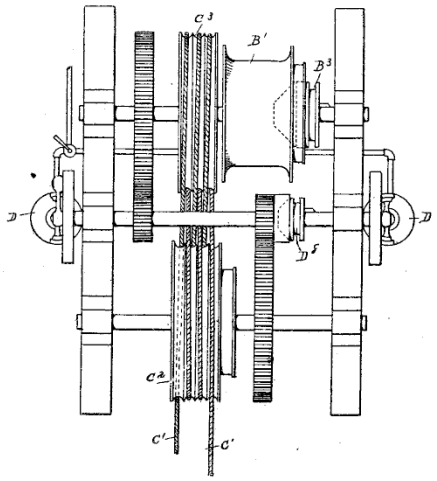


Fig. 23. — Transporteur *Kenfield*. Détail du treuil de manœuvre.

RENDEMENT DES BICYCLETTES, D'APRÈS *M. Carpenter* (1)

M. Carpenter appelle rendement de la bicyclette le rapport du travail réellement utilisé à sa propulsion au travail total dépensé sur les pédales.

Un bicycliste peut développer une puissance allant jusqu'à $\frac{5}{8}$ de cheval, mais pendant quelques secondes seulement, $\frac{1}{3}$ de cheval pendant quelque temps, et, en marche aisée, longue et continue, environ $\frac{1}{3}$ de cheval. Un homme pesant 60 kilos, marchant à la vitesse de $5^{km},6$ à l'heure, développe une puissance d'environ 9 kilogrammètres par seconde, tandis qu'à bicyclette, sur une bonne route horizontale, il n'en dépense que 0,2 à la vitesse de 8 kilomètres; à la vitesse de 16 kilomètres, il faut dépenser 3 kilogrammètres par seconde, ou le $\frac{1}{3}$ du travail de la marche à pied à la vitesse de $5^{km},6$.

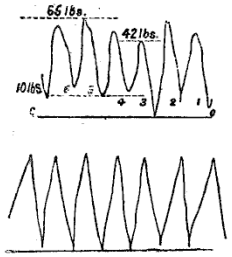


Fig. 24 et 25. — Diagrammes de la pédale avec et sans jeu des chevilles. Les abscisses représentent les demi-tours de pédale (1-2) (2-3) et les ordonnées les pressions sur la pédale en livres anglaises de $0^k,45$.

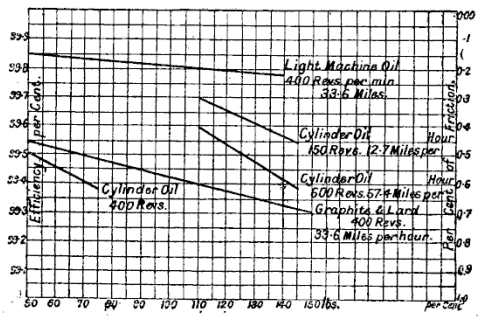


Fig. 26. — Résistance des roulements sur billes. Les abscisses représentent les rendements (*efficiency*) ou les frottements des roulements, en p. 100 des charges comptées sur les abscisses en livres anglaises, pour différentes vitesses en tours de roue par minute ou en miles de 1600 mètres par heure.

(1) *Engineering*, 19 août 1898, p. 256.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ainsi que le montrent les diagrammes (fig 24 et 25), dont les ondulations représentent chacune un demi-tour de pédale, le pied exerce toujours une pression sur la pédale, et la comparaison des deux diagrammes indique, qu'à pressions égales, on réalise un travail plus considérable en faisant jouer les chevilles qu'en marchant avec le pied rigide.

Le frottement des roulements sur billes varie de 0,2 à 0,1 pour 100 de leur charge

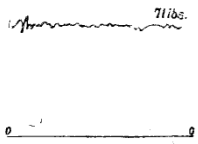


Fig. 27. — Résistance d'une chaine sur une bonne route avec une pression moyenne de 71 livres (32ᵏ) sur les pédales.

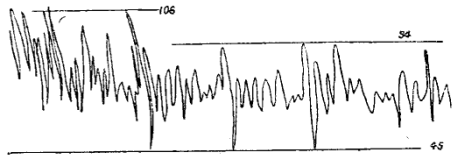


Fig. 27 *bis*. — Résistance d'une chaine engorgée de sable humide. Elle varie de 106 à 45 livres pour une pression de 71 livres sur les pédales.

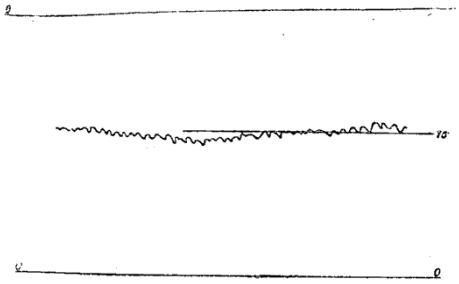


Fig. 28. — Résistance d'une chaîne à dégagements dans les mêmes conditions qu'en figure 27 *bis*.

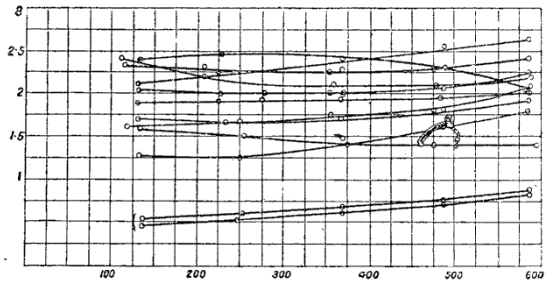


Fig. 29. — Rendement des chaînes. En ordonnées, les frottements des chaînes en p. 100 de leurs tensions portées sur abscisses en livres anglaises de 0ᵏ,45.

quand ils sont graissés avec des huiles légères (fig. 26), et de 0,5 à 0,7 pour 100 avec graissage par un mélange de graphite et de lard.

Le rendement des transmissions par chaînes varie de 95 à 99 p. 100. Leur résistance, sensiblement invariable (fig. 27) en bonne condition, devient plus irrégulière par la boue (fig. 27 *bis*), mais sans diminuer notablement le rendement; on peut d'ailleurs annuler presque (fig. 27) ces irrégularités par l'emploi de pignons de chaîne disposés de manière à rejeter la boue et à faire porter les mailles de la chaîne non sur le fond,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mais sur le flanc des dents. Le rendement des chaînes varie considérablement (fig. 29 30 et 31) d'un type à l'autre. Les transmissions par engrenages les plus perfectionnées

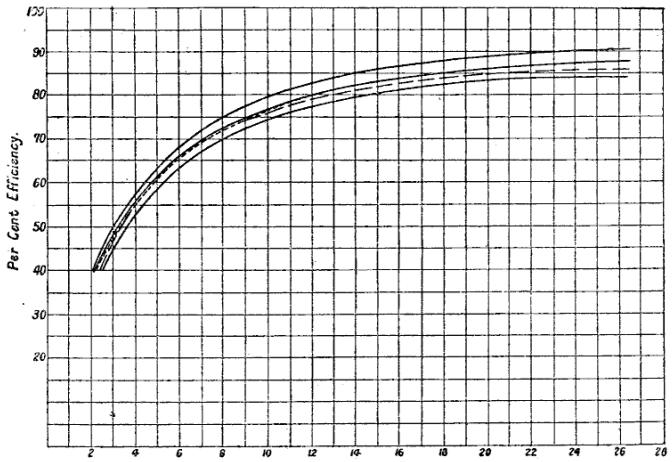


Fig. 30. — Rendement des chaînes. En ordonnées, ce rendement; en abscisses, les travaux en milliers de pieds livres (1 000 pieds livres = 138 kilogrammètres) pour différentes chaînes et, courbe pointillée, pour une excellente akatène, toutes à la vitesse de 33 kilomètres à l'heure et de 90 tours de pédale par minute.

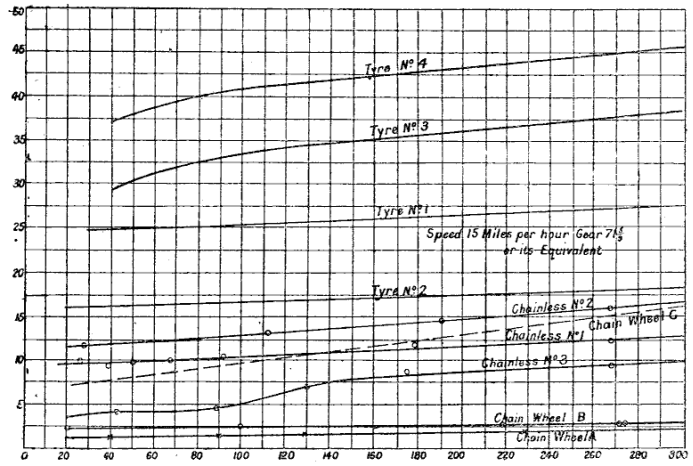


Fig. 31. — Rendement des pneumatiques (*Tyres*) des transmissions à chaînes (*Chains Wheel*) et akatènes (*Chainless*) pour une vitesse de 15 miles (24 kilomètres) à l'heure ou de 71,5 tours de pédale par minute. En ordonnées, le rendement total par tour de pédale en pieds livres de 0 kilogrammètres 138; en abscisses, le travail total en pieds livres par tour.

sont, comme rendement, inférieures à la chaîne (fig. 32), et la moindre imperfection augmente considérablement cette infériorité.

La principale résistance est celle des pneumatiques; elle varie considérablement d'un type à l'autre (fig. 33), faisant, par exemple, passer, toutes choses égales, le rendement de la bicyclette de 42 à 70 p. 100 en changeant de pneumatique.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La vitesse augmente (fig. 34) considérablement les résistances, même sans tenir compte de celle que l'air oppose au corps du bicycliste; cette dernière est, aux grandes vitesses, très considérable; en supposant la surface opposée à l'air réduite à $0^{m2},45$, elle exige, pour être vaincue, des puissances de 5 et 24 kilogrammètres par

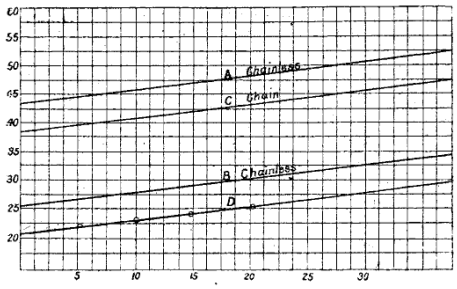


Fig. 32. — Rendement des transmissions à chaînes et sans chaînes pour une charge de 68 kilogrammes. En ordonnées, les travaux en pieds livres par tour de pédale; en abscisses, les vitesses en miles ($1^{kil},6$ par heure).

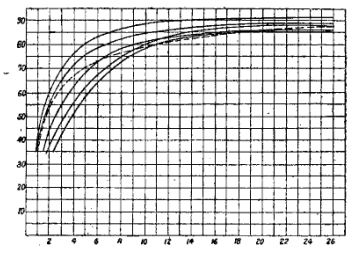


Fig. 33. — Rendement de différents pneumatiques sur une même roue. Transmission à chaînes, excepté pour la courbe pointillée. Vitesse $35^{k},4$ à l'heure, ou 90 tours de pédale par minute. Rendement en ordonnées. En abscisses, le travail en milliers de pieds livres.

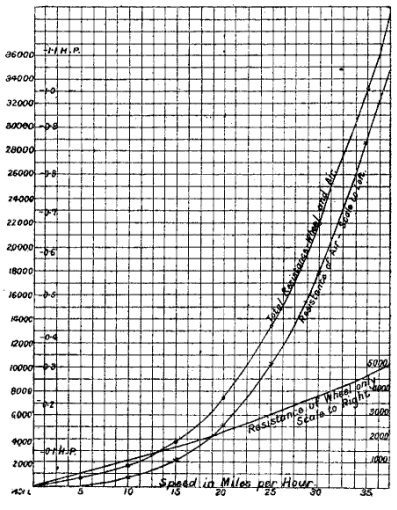


Fig. 34.

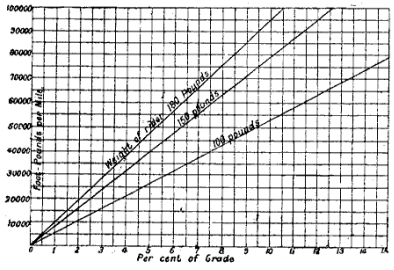


Fig. 35.

Fig. 34. — Puissances, en pieds livres par minute et en chevaux, pour vaincre les résistances de l'air et de la roue aux différentes vitesses, en miles à l'heure, portées en abscisses. L'échelle de droite donne la résistance de la roue en pieds livres par minute ($0^{km},0023$ par seconde).

Fig. 35. — Travail en pieds livres par mile ($0^{km},086$ par kilomètre) pour des charges de 45, 68 et $81^{k},6$ et sur les rampes de p. 100, portées en abscisses.

seconde, aux vitesses de 24 et 40 kilomètres à l'heure, ce qui exige du vélocipédiste, pour vaincre la résistance de l'air et du vélo, la puissance excessive de 31 kilogrammètres par seconde. La résistance de l'air est considérablement diminuée dans les tandems, triplettes, etc.; sans elle, on pourrait marcher à 96 kilomètres.

Le diagramme fig. 35 représente l'effet bien connu des rampes : sur une rampe

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de 9 pour 100, pour un vélocipédiste pesant, avec sa machine, 82 kilos, le travail est de 7 300 kilogrammètres, ce qui oblige à marcher très lentement.

Vitesses en kilomètres à l'heure. . .	8	16 »	24 »	32 »	40 »	48 »
Résistance au vent.						
en kilogrammètres par seconde. . .	0,006	1,8	5 »	12,4	24 »	32 »
— — kilomètre. . . .	2,6	387 »	757 »	1390 »	3380 »	6190 »
Résistance des pneumatiques.						
en kilogrammètres par kilomètre . .	60 »	61 »	63 »	64 »	65 »	65 »
Résistance de la transmission en kilogrammètres par kilomètre.						
Chaîne bonne.	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6
— moyenne.	6 »	6,5	7 »	7,5	7,6	7,8
Akatène bonne	7,8	11 »	14 »	18 »	21 »	24 »
— moyenne.	26 »	29 »	31 »	34 »	36 »	38 »
Résistance totale en kilogrammètres par kilomètre.						
Chaîne bonne.	65,2	450,6	822,6	1456,6	3647,6	6257,6
— moyenne.	68,6	454,5	827,0	1461,7	3652 »	6262 »
Akatène bonne.	70,4	459 »	834 »	1477,1	3666 »	6279 »
— moyenne.	88,6	477 »	851 »	1493,1	3681 »	6303 »
Pente maxima franchissable avec une puissance de 17 kilogrammètres par seconde.						
Chaîne bonne.	9,50	4,25	2,21	0,63	»	»
— moyenne.	9,49	4,25	2,21	0,62	»	»
Akatène bonne.	9,49	4,22	2,19	0,61	»	»
— moyenne.	9,47	4,21	2,18	0,60	»	»
Distances comparatives parcourues pour un même travail.						
Chaîne bonne.	1000 »	1000 »	1000 »	1000 »	1000 »	1000 »
— moyenne.	950 »	907 »	995 »	997 »	998 »	998 »
Akatène bonne.	836 »	935 »	986 »	989 »	995 »	997 »
— moyenne.	737 »	945 »	965 »	979 »	991 »	994 »

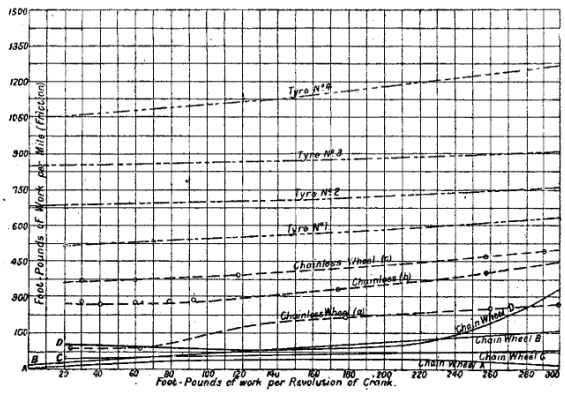


Fig. 36. — En ordonnées, les travaux de frottement en pieds livres par miles. En abscisses les travaux par tour de pédale, pour différents pneumatiques (*Tyres*) et différentes transmissions à chaînes et sans chaînes (*Chainless*).

Le tableau ci-contre et le diagramme fig. 36 donnent, à différentes vitesses, avec et sans chaînes, les résistances d'un vélo chargé de 81ᵏ,6, par kilomètre, et en kilogrammètres par seconde.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

FOUR A GAZ POUR LA TREMPE DES BILLES

Les billes, amassées dans le cone fixe B (fig. 37), sont déversées par l'écope C sur le plan D, qui les amène à la vis E, tournant, par Q P O, avec son cylindre, dans le cylindre extérieur H, qui tourne aussi avec E, et dont les spirales rejettent les billes

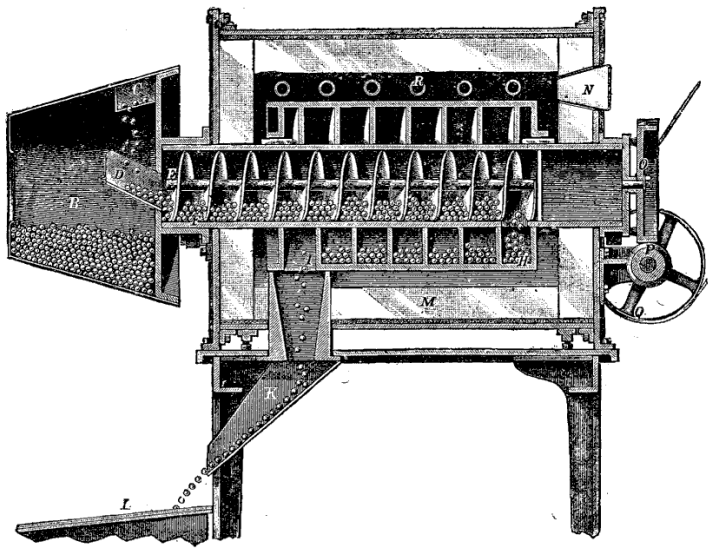


Fig. 37. — Four de l'*American Gaz Furnace C°* pour la trempe des billes.

par I K, au bac de trempe L, après leur chauffage dans le four M au moyen des becs de gaz R, allumés par N.

La chauffe dure environ 45 minutes, on peut ainsi tremper environ 800 kilos de billes par jour (1).

(1) *Engineering*, 19 août 1898.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

LITTÉRATURE

DES

PÉRIODIQUES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE DE LA SOCIÉTÉ

Du 15 Août au 15 Septembre 1898

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.
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).
La . . . . La Locomotion automobile.
Ln. . . . . La Nature.
Ms. . . . . Moniteur scientifique.
Mc . . . . Revue générale des matières colorantes.
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.).
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 reservés au Cnam et à ses partenaires

AGRICULTURE

Avoines. Falsifications. *Ag.* 27 *Août*, 354.
Betteraves à sucre. Expériences sur les. *Ag.* 27 *Août*, 353, 3 *Septembre* 393.
— Associations agricoles allemandes. *Ef.* 3 *Sept.*, 312.
Blé. Expériences sur le. *Ag.* 20 *Août*, 294.
— Prix de revient par culture intensive. *Ap.* 25 *Août*, 268.
— Piétin, maladie du pied du blé (Mangin). *CR.* 22 *Août*, 286.
— Production du globe (Crookes). *N.* 8 *Sept.*, 438.
Drôme. Monographie agricole du département (Bréharet). *BMA. Août*, 811.
Engrais phosphatés au champ d'expériences du parc des Princes. *Ap.* 18 *Août*, 226.
— minéraux. Rôle des. *Id.* 15 *Sept.* 365.
— Coût moyen de la fumure annuelle. *Ap.* 25 *Août*, 265.
— Rôle des matières minérales dans la végétation (Grandeau). *Ap.* 1er *Sept.*, 295.
— Détermination, dans les sols, de la quantité des éléments assimilables (Maxwell). *Ms. Sept.*, 663.
— Dosage de l'azote par la méthode Kjeldahl-Gunning (Wedemeyer). *Id.* 664.
Forêts. Produit des forêts domaniales des Vosges (Mongenot). *BMA. Août*, 868.
Fourrages. Trèfle, luzerne, sainfoin. État de la culture en France (Larbalétrier). *Rgds.* 15 *Août*, 615.
Herbages normands. Ag. 10 *Sept.*, 418.
Irrigations (Augmentation des récoltes par). *Ap.* 18 *Août*, 230.
Lait. Pasteurisation et stérilisation du. *Ap.* 18 *Août*, 236, 1er *sept.*, 269.
— Ecrémage centrifuge. *Ag.* 20 *Août*, 304.
Machines agricoles. Charrues tilbury. *Ap.* 25 *Août*, 276.
— Accidents des machines à battre (Ringelmann). *BMA. Août*, 873.
— Piocheuse Darby. *E'.* 2 *Sept.*, 238.
— Charrues tricycles (Ringelmann). *Ap.* 8 *Sept.*, 340.
Noyer (le) (Fallot). *Ap.* 1er *Sept.*, 305.
Olivier. Culture en France d'Aggalliers. *Rgds.* 15 *Sept.*, 680.
Poiriers à cidre (Heuzé). *Ap.* 1er *sept.*, 306.
Polders français (Les). *Ag.* 27 *Août*, 342, 3 *Sept.*, 379.
Prairies. Entretien et culture (Henri). *Ap.* 8 *Sept.*, 346.
Thé. Plantation à Ceylan. *E'.* 9 *Sept.*, 250.
Vigne. Développement progressif de la grappe de raisin (A. Girard et Lindet). *BMA. Août*, 713.
Warrants agricoles. Ag. 27 *Août*, 332.

CHEMINS DE FER

Chemins de fer de Ceylan. *E'.* 19 *Juin*, 174.
— en Chine. *E.* 26 *Août*, 269.
— métropolitain de Berlin. *Rgds. Sept.*, 145.
— militaire du Soudan. *E'.* 2 *Sept.*, 226.
— souterrains de Londres (Cooper). *Em. Sept.*, 928.
— économiques en Belgique. *E'.* 26 *Août*, 204.
— funiculaire de Glasgow. *Pm. Sept.* 130.
— *à crémaillère.* Divers. *VDI.* 27 *Août*, 959.
Frein rapide Hogan. *RM. Août*, 209.
— calcul des traverses de (Chuch). *Fc Sept.*, 215.
Gare de marchandises du Great Northern Ry. *E'.* 2 *Sept.*, 230.
Locomotives du Great Northern. *E'.* 26 *Août*, 198.
— à 4 cylindres du London and South Western. *E'.* 26 *Août*, 211.
— express de l'État français. *Rt.* 25 *Août*, 361.
— compound de P.-L.-M. *Rgc. Août*, 184.
— anglaises, perfectionnements récents. *Gc.* 3 *Sept.*, 291.
— construites au Creusot. *E.* 2 *sept.*, 284.
— à 3 essieux couplés du Wisconsin Central. *Rgc. Sept.*, 238.
— à 2 essieux couplés des Chemins impériaux japonais. *E.* 9 *Sept.*, 321.
— Crépine d'alimentation Sellers. *RM. Août*, 209.
Matériel roulant. Wagon de 45 tonnes en acier. *Rgc. Août.* 237.
Résistance atmosphérique des trains (Goss). *E'.* 19 *Août*, 180.
Signaux de brouillard Bown. E. 26 *Août*, 282.
— Enclenchements par serrures Bouré. *Ru. Août*, 121.
Voie. Rails en acier dur (Sanberg). *E.* 2 *Sept.*, 308.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TRANSPORTS DIVERS

Automobiles. Concours des fiacres. *Rt.* 25 *Août*, 372, *Gc.* 3-10 *Sept.*, 277, 297.
— Course Paris-Amsterdam. *Rt.* 10 *Sept.*, 403.
— *Électriques* Barrows. *La.* 18 *Août*, 514.
— — Mildé Mondos. *La.* 25 *Août*, 530.
— — Bouquet Garcin et Schivre. *EE.* 10 *Sept.*, 453.
— *à vapeur* Toward. *E'.* 19 *Août*, 178.
— — Brown. *E.* 2 *Sept.*, 294.
— — Freakley. *La.* 1er *sept.*, 552; 3 *Sept.*, 353, 362.
— — Brouhot. *Rt.* 25 *Août* 370.
— — Vallée. *RM. Août*, 210.
— — Serpollet. *Rt.* 10 *Sept.*, 387.
— — chariot Mann. *E'.* 20 *Sept.*, 225.
— *à pétrole* divers. *Ri.* 20-27 *Août*, 335, 344.
— — Dalifol et Thomas. *La.* 1er *Sept.*, 548.
— — Régulateur Wolff. *La.* 15 *Sept.*, 581.
Changement de vitesse Webb. *La.* 18 *Août*, 517.
Commande Lesage. 15 *Sept.*, 586.
Rouleaux compresseurs divers. *Rt.* 25 *Août*, 380.
Tramways. Questions posées à la 10e assemblée de l'Union internationale des tramways. *Rgc. Sept.*, 214.
— *électriques* par contacts Kingsland. *E.* 26 *Août*, 275.
— — à courants alternatifs (Forbes et Davis). *EM. Sept.*, 974.
— — d'Alexandrie. *EE.* 27 *Août* 353.
— — d'Evian-les-Bains. *E.* 9 *Sept.*, 314.
— — de Lausanne. *Gc.* 20 *Août*, 254.
— — Concours par les. *E. 9 Sept.*, 325.
Vélocipèdes. Rendement des — Carpenter. *E.* 19-26 *Août*, 246, 279.
— Construction du vélo (Borlet). *Gc.* 20-27 *Août*, 251, 265; 3-10 *Sept.*, 288, 297.
— Freins Pugh et Parsons. *RM. Août*, 211.
— Pédaliers Kuster. *RM. Août*, 210.
— — Darracq. *Id.*, 211.

CHIMIE ET PHYSIQUE

Acide permanganique. Réduction par le peroxyde de manganèse (Morse et Reese). *CN.* 19 *Août*, 90.
Acoustique. Théorie des tuyaux à anche (Aignan). *CR.* 1er *Août*, 268.
Albumine (Synthèse de l') (Allen). *CN.* 26 *Août* 97.
Ammoniaque (Distillation de l') (Dunnington). *CN.* 19 *Août*, 89.
— Récupération dans la fabrication du coke (Lunge). *Ms. Sept.*, 653.
Bibliographie chimique. 6e rapport du Comité. *CN.* 26 *Août*, 99.
Analyse spectrale des corps conducteurs par les sels fondus (de Grammont) *ScP.* 5 *Sept.*, 742.
Brasserie. Divers. *Cs.* 31 *Août*, 779.
Cadmium, poids atomique (Morse et Arbuckle). *CN.* 26 *Août*, 103.
Caoutchouc commercial (Sources de) (Morris). *IA.* 19 *Août*, 785.
— Plantations de. *E.* 26 *Août*, 268.
Céramique. Argiles dans le Massachusetts. *Eam.* 27 *Août*, 245.
Chaux et ciments. Divers. *Cs.* 31 *Août*, 764.
— Four Foster. *E.* 19 *Août*, 250.
— Résistance à l'eau de mer. *Le Ciment. Août*, 122.
Chocolats. Dosage du sucre. (Carles). *Pc.* 15 *Sept.*, 245.
Égouts (Les boues des) (Adaneg). *E.* 26 *Août*, 277.
— destruction des (Watson). *E.* 9 *Sept.*, 342, à Édimbourg. *E'.* 26 *Août*, 200.
— purification des eaux. *Cs.* 31 *Août*, 786.
Essences, allyliques et propényliques de la série aromatique. *CR.* 22 *Août.* 361.
— Recherches synthétiques et constitution (Moureu). *Acp. Sept.*, 115.
— Kétrol. de la violette et Géraniol (Tieman). *Ms. Sept.* 609.
— Diverses. *Cs.* 31 *Août*, 719.
— Spiritueux (Alcools). Action du charbon de bois dans la purification des. — (Glasenapp). *Cs.* 31 *Août*, 781.
Glucose (Diffusion du) (Beijerinck). *CN.* 19 *Août*, 89.
Farine de froment. Dosage dans la farine de seigle (Weinvurn). *Pc.* 15 *Juin*, 231.
Fusion. Température de fusion de quelques corps à des pressions élevées (Mack). *CR.* 22 *Août*, 361.
Glycérine. Nitrification avec des acides nitreux (Auzenat). *Ms. Sept.*, 635.
Graisses, huiles et savons. Divers. *Cs.* 31 *Août*, 772, 805.
Gaz. (Recherches sur les) (Leduc). *Acp. Sept.*, 5.
— *à l'eau.* (Composition) (Earnshaw). *Fi. Sept.*, 161.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Gaz d'éclairage. Benzine, absorption par l'eau et l'huile de paraffine. *Cs.* 31 *Août*, 749.
— Becs intensifs à Paris. *Ri.* 10 *Sept.*, 365.
— *Acétylène.* Divers. *Dp.* 3 *Sept.*, 176.
— — (Utilisation de). *E'.* 19 *Août*, 171.
— — présence de l'ammoniaque. *Cs.* 31 *Août*, 745.
— — Usine d'acétylène et de gaz d'huile. *E'* 9 *Sept.*, 258.
Laboratoire. Divers. *Cs.* 31 *Août*, 795. Analyse organique qualitative. *Id.*, 797. quantitative. *Id.*, 803.
— Nouveau nitromètre (Jowett et Carr). *CN.* 26 *Août*, 97.
— Dosage de l'étain dans les sels d'étain. *CN.* 26 *Août*, 100.
— — du plomb et de l'antimoine dans les fers-blancs. *CN.* 26 *Août*, 101.
— — de l'acide formique en présence de l'acide acétique et de corps organiques, facilement oxydables (Leys). *Ms. Sept.*, 632.
— — du carbone par combustion dans les produits sidérurgiques (Rorycki). *Ms. Sept.*, 636.
— — de l'azote, réduction du protoxyde d'azote par le cuivre (Giray). *Cs.* 31 *Août*, 741.
— — de l'oxygène dans le cuivre (Lucas). *ScP.* 5 *Sept.*, 795.
Lithium. Chlorures ammoniacaux de. *CR.* 22 *Août*, 367.
Optique. Action du magnétisme sur les spectres des gaz (Aubel). *EE.* 3 *Sept.*, 432.
— Télémètre Zeiss. *Rt.* 10 *Sept.*, 397.
— — pour batteries de côtes Crehore et Sequin. *Ln.* 10 *Sept.*, 255.
— *Rayons X. LE.* 3 *Sept.*, 425, 429.
Ozone, production et usage. *N.* 1er *Sept.*, 416.
Oxycellulose (L'). (Vignon). *ScP.* 5 *Sept.*, 590.
Phosphure d'hydrogène. Action sur le sulfate de cuivre (Rubénovitch). *CR.* 22 *Août*, 270.
Prascodymium et Néodymium. Conductibilité des sels. *CN.* 26 *Août*, 102.
Papier. Divers. *Cs.* 31 *Août*, 78e.
Pétroles. Divers. *Cs.* 31 *Août*, 750.
— de Bakou (Louis). *Em. Sept.*, 986.
Produits médicinaux synthétiques modernes (Coblentz). *Cs.* 31 *Août*, 725.
Pyromètre pneumatique Uehling. *Ri.* 3 *Sep.*, 354.
Roches silicateuses (Analyse des) (Hildebrand) *CN.* 19-26 *Août*, 92, 105.
Sodium (Action du soufre sur le). *CN.* 26 *Août*, 101.
— (Oxydes de) (Forcrand). *CR.* 22 *Août*, 364.
Soude caustique commerciale. Composition (Jurisch). *Ms. Sept.*, 646.
— à l'ammoniaque, eaux résiduelles. *Id.*, 648, 652.
Sucrerie. Inversion de la saccharose par l'eau (Raymon et Sube). *CN.* 19 *Août*, 87.
— Sucre de betteraves, fabrication en Angleterre (Lawes et Gilbert). *Cs.* 31 *Août*, 777.
Stéréochimie et vitalisme (Japp). *N.* 8 *Sept.*, 432.
Sulfate de soude. Température de transition (Richards). *American Journal of Science. Sept.*, 201.
Sulfures de strontium phosphorescents (Composition des) (Mourelo). *CR.* 22 *Août*, 372.
Tannerie. Dosage du tannin. *CR.* 22 *Août*, 369.
— Divers. *Cs.* 31 *Août*, 775.
Teinturerie. Divers. *Cs.* 31 *Août*, 752, 756.
— Synthèse des matières colorantes naturelles. *SiM. Juin*, 196.
— Théorie de la teinture (Guehm et Rotheli). *Cs.* 31 *Août*, 756.
— Indigotine artificielle. *SiM. Juin*, 194.
— Matières colorantes et microbes (Nicolle). *Mc.* 1er *Sept.* 337.
— Colorants azoïques sur la fibre Blondel. *Id.*, 342.
— — Naturels et artificiels (Analyse des) (Rota). *Cs.* 31 *Août*, 798.
— Progrès du blanchiment, teinture et impression en 1897 (Buntrock). *Mc.*, 345.
— Rongeage du rouge turc par la méthode alcaline (Triapkine). *Id.*, 350.
Tungstène (Bioxyde de). (Hallopeau). *ScP. Sept.*, 746.
Urée (Dosage de l') (Morner et Ssoqwist). *Pc.* 1er *Sept.*, 193.
— Détermination volumétrique de l'azote. Moreigne. *Id.* 15 *Sept.*, 241.
Verre. Divers. Cs. 31 *Août*, 763.
Vanadium et Molybdène aux États-Unis (Hillebrandt). *American Journal of Science.*
Vernis et Résines. Divers. *Cs.* 31 *Août*, 774.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

COMMERCE ET ÉCONOMIE POLITIQUE

Accidents du travail et pensions aux ayants droit des ouvriers tués (Cheysson). *Rso.* 1er *Sept.*, 322.

Allemagne. Industrie en 1897. *Ef.* 20 *Août*, 243.

Chômage involontaire (Remède contre le). *Ef.* 20 *Août*, 245.

Espagne. Situation financière. *Ef.* 20 *Août*, 241.

États-Unis. Concurrence à l'Angleterre. *E'.* 26 *Août*, 213.

— Progrès commerciaux depuis 10 ans, *Ef.* 27 *Août*, 278.

Habitations à bon marché (Loi sur les). *Ef.* 10 *Sept.*, 339.

Marchés de quartiers à Paris. *Ef.* 20 *Août*, 247.

Retraites des vieux ouvriers (Zuber). *SiM. Juin*, 149.

Salaires et durée du travail. E. 26 *Août*, 267.

Syndicats professionnels (Capacité civile des) (Hubert Valleroux). *Rso.* 1er *Sept.*, 314.

Transports par voies ferrées et navigables (Prix des). *Ef.* 10 *Sept.*, 343.

Trades Unions (Congrès des). *E'.* 9 *Sept.*, 245.

Unions professionnelles. Loi belge. *Rso.* 1er *Sept.*, 293.

CONSTRUCTIONS ET TRAVAUX PUBLICS

Ciment armé. Réservoir de 4000 m³ à Châtillon-sous-Bagneux. *Le Ciment. Août*, 113.

Constructions légères démontables (Espitallier). *Gm. Août*, 127.

Égouts de Mulhouse (Gruner). *SiM. Mai*, 168.

Fondations à l'air comprimé à Valparaiso. *E'.* 9 *Sept.*, 247.

Four à rivets. E'. 9 *Sept.*, 258.

Incendies. Protection en Europe. *E.* 26 *Août*, 251.

Pont flexible pour charpentes métalliques rivées (Mesnager). *APc.* 1898 (2) 300.

Maison de 30 *étages* à Park-Row. *E.* 2 *Sept.*, 291.

Murs de soutènement (Calcul des) (Maconchy). *E.* 26 *Août*, 257.

Ponts américains (Lindentahl). *EM. Sept.*, 905.

Ponts en bois et fer (Ottewell). *E.* 9 *Sept.*, 315.

— Accident du pont de Tarbes (Bérard). *Rgds.* 30 *Août*, 634.

— Passerelle du Guadalquivir à Séville. *E.* 2 *Sept.*, 283.

— Alexandre III. Construction (Résal et Aeby). *APc.* 1898 (2), 311.

— Viaduc du Viaur (Volontat et Théry). *Id.*, 329.

— Grands ponts du chemin de fer d'Hanoï à la frontière de Chine. *Id.*, 338.

Poutres en bois (Résistance des). *E.* 19 *Août*, 221.

Scène de l'Olympia. E. 9 *Sept.*, 337.

ÉLECTRICITÉ

Accumulateurs dans les usines de force. *Elé.* 27 *Août*, 129.

— Rôle de la diffusion dans les plaques positives de l'accumulateur au plomb (Juman). *EE.* 3 *Sept.*, 413.

Appareils thermiques pour courants alternatifs (Ritter). *EE.* 10 *Sept.*, 450.

Canalisations électriques (Formule économique des). *Rt.* 25 *Août*, 363.

Condensateur Bradley. *EE.* 10 *Sept.*, 456.

Courants alternatifs industriels (Calcul des) (Guye). *EE.* 3 *Sept.*, 397.

Distributions très étendues. E'. 9 *Sept.*, 251.

Dynamos (Commutation dans les). Recherches expérimentales (Everet et Peake). *EE* 20 *Août*, 337.

— (Les) (Parshall et Hobart). *E.* 26 *Août*, 259.

— Remon-Casas, Puyt et Poncin, Badger, Marshall, Lamme (Guilbert). *EE.* 3 *Sept.*, 405.

— Commutatrices (les). Janet. *CR.* 16 *Août.* 351.

— *Moteurs* asynchrones. Amélioration du facteur de puissance. *Elé.* 10 *Sept.*, 177.

— — monophasés. Résistance critique au démarrage (Arno). *EE.* 20 *Août*, 337.

— — alternateurs Steinmetz. *E.* 26 *Août*, 281.

— — polyphasés (étude des). (Hanappe.) *EE.* 10 *Sept.*, 437.

Éclairage. Chambre des députés. *Ic.* 10 *Sept.*, 382. *Gc.* 10 *Sept.*, 312.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Arc. Lampe Duflos. *Ic.* 10 *Sept.*, 387.
— *Incandescence.* Lampes minuscules. *Ln.* 3 *Sept.*, 224.
Électricité de contact (Origine de) (Christiansen). *EE.* 20 *Août*, 344.
Électro-chimie. Divers. *Dp.* 27 *Août*, 150; 10 *Sept.*, 196. *Ms. Sept.*, 637; *Cs.* 31 *Août*, 769, 771.
— Chlore. Procédé Hargreaves et Bird. *EE.* 27 *Août*, 366.
— Fabrication des chlorates (Oettel). *Cs.* 31 *Août*, 769.
— Électrodéposition sur bois. *EE.* 27 *Août*, 367.
— Électrosynthèse (Mixter). *American Journal of Science. Sept.*, 217.
— Fabrication des cyanures (Courcy). *Ms. Sept.*, 637.
— Chlorure de zinc (Électrolyse du) (Foerster et Gunter). *Cs.* 31 *Août*, 771.
— Conductibilité des électrolytes. *EE.* 10 *Sept.*, 461.
— Chlorure de platine (Électrolyse du) (Kohlraush). *EE.* 10 *Sept.*, 468.
— Transport des ions dans les dissolutions très étendues de sels de zinc et de cadmium (Kummel). *EE.* 10 *Sept.*, 466.
Mesures. Potentiomètres industriels (Gosselin). *Sie. Juin*, 246.
— — Elliott. *EE.* 3 *Sept.*, 417.
— Unités électriques. Loi allemande. *EE.* 27 *Août*, 390.
— Compteurs de quantité d'électricité dans les distributions d'énergie électrique (Hospitalier). *Ie.* 25 *Août*, 353.
— Appareils de mesure à écrans magnétiques (Whirter). *Elé.* 3 *Sept.*, 150.
Parafoudres Gattinger. *EE.* 27 *Août*, 365.
— Alioth. *Elé.* 10 *Sept.*, 171.
Piles au charbon. Jacques (Langley). *Fi. Sept.*, 222.
Stations centrales. Regla (Mexique). *EE.* 20 *Août*, 351.
— Columbia. *EE.* 3 *Sept.*, 416.
— Les Cles Yverdon. *Ie.* 25 *Août*, 356.
Télégraphie. Emploi dans les campagnes coloniales. *Gm. Août*, 97.
— sans fils. *Elé.* 10 *Sept.*, 172; *Ln.* 10 *Sept.*, 239.
— — Ducretet. *Sie. Juin*, 235.
— — Théorie des antennes. *EE.* 20 *Août* 316.
Télégraphie transportable Siemens. *E.* 26 *Août*, 281.
— sous-marine. Nouveaux câbles français. *Gc.* 27 *Août*, 271.
Téléphones. Postes à appel pendulaire de la Compagnie des Omnibus de Paris. *Elé.* 20-27 *Août*, 119, 134.
Théories de Lorentz et de Larmor. EE. 27 *Août*, 360.
Transformateurs. Calcul direct de la chute de tension (Kapp). *EE.* 3 *Sept*, 419; (Everest.) *EE.* 10 *Sept.*, 458.
— rotatifs (les). *Ie.* 25 *Août*, 354. 10 *Sept.*, 578.
Transport électrique et la puissance mécanique (Janet). *Rgds.* 30 *Août*, 638.
— à 40 000 volts. Prevost-Mercur et Tintre. *EE.* 3 *Sept.*, 435.

HYDRAULIQUE

Barrages de réservoirs en maçonnerie (Calcul des) (Barbet). *APc.*, 1898 (2), 265.
Eaux de l'East-London. E. 2 *Sept.*, 299.
— de Birmingham. *E'.* 9 *Sept.*, 243.
Écoulement en déversoir (Bazin). *APc.*, 1898 (2), 151.
Élévation d'eau par air comprimé (Pohlé). *Ri.* 20 *Août*, 335.
— de Vienne. *ZOI.* 19 *Août*, 489.
Forces naturelles en France. (Utilisation des). *Ri.* 10 *Sept.*, 367.
Pipe lines (Calcul des). (Cazin). *Fi. Sept.*, 177.
Pompes Stumpf. *RM.* 2 *Août*, 212.
— diverses (Lee). *E.* 26 *Août*, 262.
— inodores Edson. *RM. Août*, 211.
— à air comprimé (Josse). *VDI.* 3 *Sept.*, 982.
Presse hydraulique Vickers. *RM. Août*, 212.
Purification des eaux de table (Cottrell). *E.* 26 *Août*, 253.
Puissance hydraulique et de la vapeur. Prix comparatif (Webber). *CM. Sept.*, 922.
Turbines à injection partielle (Rateau). *RM. Août*, 146.

MARINE, NAVIGATION

Ascenseurs du canal de la Marne à la Saône. *Ac. Sept.*, 170.
Constructions navales sur la Tamise pendant le règne de Victoria. *E'.* 2 *Sept.*, 222.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Brise-lames Case. *Gc.* 20 *Août*, 257.
Hélices. Diverses. *Dp.* 3-10 *Sept.*, 161, 181.
— reversibles Winand. *RM. Août*, 222.
Machines marines construites au Creusot. *E.* 26 *Août*, 257.
— à triple expansion. Essais des machines de l'*Amiral-Trehouart*, du *Jemmapes* et du *Valmy* (Roche). *RM. Août*, 162.
Marines de guerre. Éléments essentiels (Colomb). *EM. Sept.*, 889.
— Guerre hispano-américaine (Maxim). *EM. Sept.*, 899. *Rmc. Juillet*. 80.
— Blindages Carnegie, Krupp. Essais. *E'.* 2 *Sept.*, 235.
— Torpilleurs à propulsion électrique. *EE.* 3 *Sept.*, 423.
Phare d'Eckmuhl. *Elé.* 20 *Août*, 113; *EE.* 27 *Août*, 368.
Pont-canal de Briare (Mazoyer). *APc.*, 1898, 2, 1.
Ports. Nouveaux docks de Liverpool. *E'.* 26 *Août*, 195.
— d'Anvers. *Gc.* 20 *Août*, 245.
— Propulseurs divers. *Dp.* 27 *Août*, 141.
— Docks de Penarck à Cardiff. *Gc.* 27 *Août*, 268.
— de Glasgow. *E. Sept.*, 287.
Scaphandres Buchanan Gordon. *Ln.* 20 *Août*, 177.
Voilures diverses. *Dp.* 20 *Août*, 121.

MÉCANIQUE GÉNÉRALE

Chaudières (Choix d'une). *E'.* 2 *Sept.*, 232.
— *à tubes d'eau* Migabara. *E'.* 19 *Août*, 173. Herreshoff. *RM. Août*. 207. Serpollet. *Dp.* 10 *Sept.*, 188. Willard. *E.* 2 *Sept.*, 307. Yarrow (Essais). *Rmc. Juillet*, 131.
— les calorifuges. *E.* 19 *Août*, 226.
— Épuration des eaux d'alimentation (Archbutt). *E.* 19 *Août*, 230.
— Foyer à charbon pulvérisé Wegener. *RM. Août*, 208.
— Grille Proctor. *Ri.* 20 *Août*, 333.
— Injecteur Huber. *RM. Août*, 206.
— Rivures (Explosions par avaries aux) (Baclé). *Gc.* 27 *Août*, 269.
— Surchauffeur Willoughby. *RM. Août*, 206.
— Tubes : nettoyeurs Bromell. *Ri.* 3 *Sept.*, 356.
Chaudières. Tubes de niveau Schnitzlein et Grant. *RM. Août*, 208.
— Valve de vidange Lunkenheimer. *RM. Août*, 207.
Concasseur Edison. *RM. Août*, 222.
Embrayage Villard et Bonnafous. *RM. Août*, 222.
— hydraulique Herschmann. *Ri.* 10 *Sept.*, 361.
Engrenages moulés (Horner). *E.* 19 *Août*, 223 9 *Sept.*, 313.
Froid. Machine Wepner. *RM. Août* 222.
Levage. Élevateurs Broodbank et Stamford. *RM. Août*, 214.
— — pneumatiques (Les) (Buhle). *VDI.* 20, 27 *Août*, 921, 953. — (G. Richard). *RM. Août*, 181.
— Grue locomotive Stephenson. *E'.* 29 *Août*, 210.
— Palans Speidel, Eades et Matthews. *RM. Août*, 213.
— Monte-charges Blackburn et Spence. *RM. Août*, 214.
— Monte-cendres Link Belt. *RM. Août*, 215.
— Drague à succion pour le gouvernement russe. *E.* 9 *Sept.*, 324.
Machines-Outils diverses. *Dp.* 3 *Sept.*, 167.
— Cisaille hydraulique Cameron. *E.* 19 *Août*, 245.
— Machine à tailler les engrenages, de Gleason. *RM. Août*, 194.
— — à tourner les bouchons Beucrel. *RM. Août*, 221.
— Centreuses Herbert. *RM. Août*, 215.
— Meule pour rasoirs Wilkinson et Latham. *RM. Août*, 215.
— Presse hydraulique à emboutir Leavitt. *RM. Août*, 201.
— — à emboutir Farrel. *Id.*, 219.
— — à découper Schuler. *Dp.* 10 *Sept.*, 187.
— Perceuse Langelier. *RM. Août*, 217.
— — à air comprimé Phœnix. *RM. Août*, 221.
— Riveuses diverses. *Dp.* 10 *Sept.*, 154.
— Taraudeuses Curtis. *E.* 26 *Août*, 263.
— Tour-Revolver Bullard. *RM. Août*, 216.
— — Outils. Von Pitler, Vérificateur Perrigo. *RM. Août*, 217.
— Tubes, Laminoirs Stiefel et Booker. *RM. Août*, 219.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Machines-Outils *à bois*. Couvre-Scies Pickles. *E.* 26 *Août*, 262.
— — Scies Egan Robb. *RM. Août* 221.
Moteurs à vapeur. Évaluation du rendement. Règles des « Civil Engineers ». *E'.* 2 *Sept.*, 236, 263.
— Compression dans l'espace mort (Dwelshauvers Dery). *RM. Août*, 121, 139.
— Verticale de 2000 chevaux Coales. *RM. Août*, 226.
— Compound rapide Coulthard. *E'.* 2 *Sept.*, 227.
— à piston oscillant Trucks. *RM. Août*, 224.
— Distributions Corliss. *E'.* 19 *Août*, 183.
— — Zvonicek. *VDI.* 3 *Sept.*, 988.
— Piston Marschall. *RM. Août*, 225.
— Régulateur Robinson. *Ri.* 3 *Sept.*, 353 ; Williams, Repey. *RM. Août*, 225.
— **à gaz**. Globe. *EE.* 20 *Août*, 334.
— — Rossel, Cwens, Rowden, Chandun, Katz, Ricci. *RM. Août*, 226, 228.
— — de hauts fourneaux à Seraing. *SuE.* 1er *Sept.*, 805 ; *Ru. Août*, 113.
— *à pétrole*. Myers, Maxim. *RM. Août*, 228.
— — Locomobile Campbell. *E.* 2 *Sept.*, 292.
Résistance des matériaux. Fers et aciers suédois. *E.* 19 *Août*, 248.
— Tubes sans soudures. Essais. *E.* 26 *Août*, 260.
— Essais des matériaux destinés au matériel roulant des chemins de fer. *E'.* 2 *Sept.*, 219.
Transmission par friction Sellers. *Dp.* 27 *Août*, 148.

MÉTALLURGIE

Aluminium. Four à recuire. *E.* 2 *Sept.*, 239.
Coke. (Principes de la chimie du) (Simmerbach). *Ru. Août*, 182.
Fer et acier. Sidérurgie en Suède (Akermann). *E.* 29 *Sept.*, 309, 339 ; — dans la Russie du Sud. *SuE.* 1er *Sept.*, 800.
Fer et acier. Convertisseur Tropenas. *Gc.* 20 *Août*, 255.
— Machine de laminoir du Creusot. *E.* 9 *Sept.*, 314.
— *Hauts fourneaux*. Machine soufflante Litteshall. *Ri.* 20 *Août*, 334.
— — de Lorain. *Eam.* 13 *Août*, 187.
— — Tuyère Benni. *E.* 26 *Août*, 282.
— — Chauffage du vent (Braune). *VDI.* 18 *Sept.*, 1013.
Laminoirs américains. *Pm. Sept.*, 133.
Métaux divers. Progrès de leur métallurgie. *Pm. Sept.*, 141.
Or. Divers. *Cs.* 31 *Août*, 768.
— Au Colorado. *E.* 19 *Août*, 221.
— Amalgamation. Influence de la température. *Eam.* 13 *Août*, 183.
— Analyse des dissolutions cyanurées. *Eam.* 20 *Août*, 217.
Plombs argentifères. Traitement à Broken-Hill. *Eam.* 27 *Août*, 248.

MINES

Accidents (des). *E.* 20 *Août*, 270.
Asphaltes à Santa Barbara (Californie). *Eam.* 3 *Sept.*, 278.
États-Unis. Production minérale en 1897. *Ru. Août*, 160.
Fer. Dans le Nord de la Suède. *E.* 2 *Sept.*, 300, 322 ; — mines de Suède (Lundbohn). *E.* 9 *Sept.*, 340.
— En Afrique. *SuE.* 1er *Sept.*, 809.
Grisou. Rôle de l'oxyde de carbone dans les explosions (Haldana). *AM. Juillet*, 86.
— — et la météorologie endogène. *Ru. Août*, 196.
Houillères. Bassin crétacé de Fuveau et bassin houiller du Nord (Bertrand). *AM. Juillet*, 1.
Mansfield (le) (Dory). *Ru, Août*, 137.
Or. Au Murchison Range (Bordeaux). *AM. Juillet*, 75.
— A. Headley. *NY. Eam.* 3 *Sept.*, 275.
— Nouvelle-Zélande. *Gc.* 27 *Août*, 261.

Le Gérant : Gustave Richard.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

7e ANNÉE. Cinquième Série, Tome III. OCTOBRE 1898.

BULLETIN
DE
LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT
POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

ARTS MÉCANIQUES

CONGRÈS INTERNATIONAL POUR L'UNIFICATION DES FILETAGES A ZURICH, DU 2 AU 4 OCTOBRE 1898

Le *Bulletin de la Société d'Encouragement* (1) a rendu compte des travaux de l'*Union Suisse des industriels mécaniciens* et du *Comité d'action* qu'elle a nommé en vue d'arriver à une unification internationale des filetages pour les vis mécaniques. Ces travaux ont abouti à la réunion d'un Congrès international tenu à Zurich du 2 au 4 octobre 1898.

Ce Congrès a réuni un grand nombre d'ingénieurs et de constructeurs, délégués par les sociétés techniques auxquelles l'Union Suisse s'était adressée, et notamment par l'Association des Ingénieurs allemands, la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale (2), la Société des Ingénieurs et Architectes de Milan, la Société des Ingénieurs et Architectes de Turin, l'Institut royal Hollandais des Ingénieurs, l'Union Suisse des industriels mécaniciens, l'Association des chemins de fer suisses, l'Association des Ingénieurs et Architectes suisses, l'Association des anciens élèves de l'École polytechnique (de Zurich), l'Association Suisse électrotechnique.

Le *Bulletin de la Société* donnera un compte rendu complet des travaux

(1) Années 1897, p. 849 et 1898, p. 203.

(2) La Société d'Encouragement était représentée par M. Linder, inspecteur général des mines; par M. le général Sébert, membre de l'Institut; par M. Marre, ingénieur constructeur, et par M. Sauvage.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

du Congrès, et reproduira les rapports et les documents qui lui ont été soumis. Il en publie aujourd'hui les résolutions, fort importantes, qui ont été votées à l'unanimité.

RÉSOLUTIONS DU CONGRÈS

« Le Congrès a entrepris la tâche d'unifier les filetages des vis mécaniques; il recommande à tous ceux qui veulent adopter un système de filetage à base métrique de se servir du système qu'il propose.

« Ce système est celui qui a été établi par la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale, avec les modifications qui suivent, adoptées par le Congrès :

« 1° Le jeu au fond des sommets creux ne doit pas dépasser le seizième de la hauteur du triangle primitif. La forme de l'approfondissement qui en résulte est laissée à l'appréciation des constructeurs. Le Congrès recommande toutefois d'adopter un profil arrondi pour cet approfondissement.

« 2° La série des vis envisagées s'étend du diamètre de 6 millimètres à celui de 80 millimètres.

« 3° Le tableau des diamètres normaux admis est celui qui a été proposé par le Comité d'action Suisse (1); on y remarquera spécialement que le pas de $1^{mm},25$ est adopté pour le diamètre de 8 millimètres, et le pas de $1^{mm},75$ pour le diamètre de 12 millimètres.

« Entre les diamètres normaux indiqués au tableau, on peut intercaler, par exception, d'autres diamètres; le pas reste alors celui de la vis normale de diamètre immédiatement inférieur.

« Les règles, adoptées à l'unanimité des membres du Congrès, seront rédigées par les soins de l'Union Suisse des industriels mécaniciens, de l'Association des Ingénieurs allemands et de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale.

« Le système sera désigné sous le nom de *Système international* (S. I.).

« La question des ouvertures de clefs sera l'objet d'études qui seront soumises à l'Union des industriels suisses.

« Le Congrès adresse ses remerciements à tous ceux qui se sont occupés de la question et tout spécialement à l'Union Suisse des industriels et à son Comité d'action ».

(1) Ce tableau est donné ci-après.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Tableau du filetage proposé par le Comité d'action Suisse.

Angle du filet : 60°. Troncature : 1/8.

L'angle rentrant du boulon et de l'écrou sera arrondi au moyen d'un arc de 60° (1).

Diamètre. — Millimètres.	Pas. — Millimètres.	Diamètre. — Millimètres.	Pas. — Millimètres.
6.	1,0	33.	3,5
7.	»	36.	4,0
8.	1,25	39.	»
9.	»	42.	4,5
10.	1,5	45.	»
11.	»	48.	5,0
12.	1,75	52.	»
14.	2,0	56.	5,5
16.	»	60.	»
18.	2.5	64.	6,0
20.	»	68.	»
22.	»	72.	6,5
24.	3,0	76.	»
27.	»	80.	7,0
30.	3,5		

On voit que le système de filetages adopté, à l'unanimité, par le Congrès international est celui de la Société d'Encouragement, avec de très légères modifications. Une seule de ces modifications entraîne un changement des dimensions déjà adoptées pour le système français : les pas des vis de 8 millimètres et de 12 millimètres de diamètre ont été portés respectivement de 1 millimètre et $1^{mm},5$ à $1^{mm},25$ et à $1^{mm},75$. Cette modification a été réclamée par la généralité des membres du Congrès; notamment, des constructeurs allemands, tout en exprimant une opinion très favorable au système de la Société d'Encouragement, l'ont déclarée fort désirable. La Société d'Encouragement, pour obtenir un système aussi simple que possible, avait cru devoir faire varier les pas par demi-millimètre seulement, dès le commencement de la série de vis, bien que les pas qui en résultent pour les vis de 8 et de 12 millimètres, surtout pour celles de 8 millimètres, pussent paraître un peu trop fins. Bien qu'en France on ne semble avoir constaté en pratique aucun inconvénient résultant de ces pas un peu fins, et il est clair qu'on doit se rallier à une modification

(1) Il est bon de remarquer que cette proposition de définir avec précision le profil de l'approfondissement des sommets creux n'a pas été adoptée.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

aussi légère réclamée par la grande majorité des intéressés. La vis de 9 millimètres aura de même le pas de $1^{mm},25$ et celle de 13 millimètres le pas de $1^{mm},75$.

L'indication donnée par le Congrès, relative au jeu ménagé au fond des angles rentrants ou *sommets creux*, n'infirme pas la règle générale posée par la Société d'Encouragement, qui définit le profil théorique des vis comme un profil limite, que ne doit franchir ni la vis pleine, ni la vis creuse. Le Congrès indique que le jeu, au fond des sommets creux, ne doit pas dépasser le seizième de la hauteur du triangle primitif; en d'autres termes, l'approfondissement ne doit pas être supérieur à la moitié de la distance qui sépare la troncature du sommet du triangle primitif. En pratique, cette valeur de l'approfondissement n'est pas dépassée, et plusieurs constructeurs avaient déjà adopté cette manière de le déterminer. L'arrondi est recommandé pour éviter les angles vifs rentrants sur les vis et pour réduire l'effet de l'usure des outils. Cette conclusion du Congrès a terminé une discussion où l'on proposait de fixer avec précision la forme de l'approfondissement des sommets creux : le principe de la Société d'Encouragement, qui ne définit, par une prescription ferme, que le profil théorique limite, a donc été admis.

Le Congrès limite ensuite à 80 millimètres le diamètre le plus grand de la série de vis prévue, tandis que le système de la Société d'Encouragement s'étend beaucoup plus loin. La grande majorité des vis de fabrication courante ayant un diamètre bien inférieur à 80 millimètres, et les vis plus grosses étant exécutées pour des applications spéciales, cette limitation ne peut avoir aucun inconvénient au point de vue de l'unification générale.

En troisième lieu, le tableau des diamètres adoptés comprend, outre tous les diamètres principaux de la Société d'Encouragement, un certain nombre d'intercalaires : les diamètres sont comptés d'abord de un en un millimètre, puis de deux en deux, de trois en trois, et enfin de quatre en quatre millimètres. Les autres diamètres seraient exceptionnels. Il est bien à désirer qu'on puisse se limiter, dans la majorité des cas, à un nombre de diamètres aussi faible que possible; mais l'emploi des diamètres intercalaires est inévitable dans certaines circonstances; c'est la pratique seule qui indiquera jusqu'à quel point ils peuvent rester exceptionnels. En somme, le Congrès n'interdit l'emploi d'aucun diamètre exprimé en nombre entier de millimètres.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le nom de *Système international* paraît heureusement choisi; les nouvelles vis pourront être distinguées par les initiales S. I.

Le paragraphe des résolutions relatives à l'ouverture des clefs a trait à une proposition de fixer ces ouvertures, présentée par le Comité d'action Suisse; cette proposition a été retirée, le Congrès ne paraissant pas en mesure de trancher définitivement cette question délicate, et d'ailleurs secondaire à côté de la question primordiale des filetages, malgré sa grande importance pratique.

Les résolutions du Congrès qui viennent d'être rapportées, jointes aux règles données par la Société d'Encouragement en 1894 (1), suffisent à définir le nouveau système international; mais il est nécessaire d'en donner les règles, avec une grande précision, dans un document unique. L'Union Suisse des industriels mécaniciens a été chargée de la préparation de ce travail avec le concours de l'*Association des Ingénieurs allemands* et de la *Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale.*

On doit rendre hommage au zèle et aux travaux de l'Union Suisse des industriels mécaniciens et de son Comité d'action, qui ont obtenu un résultat si heureux, ainsi qu'à la courtoisie et au bon vouloir de tous les membres du Congrès. On sentait que tous ces membres étaient sincèrement animés du désir d'arriver à une solution pratique du problème qui leur était posé; chacun était préparé à faire le sacrifice de ses préférences particulières pour se rallier à un système uniforme. Cet esprit du Congrès est un sûr garant des efforts que feront tous ses membres, chacun dans son pays, pour la mise en pratique du système dont il a fixé les règles.

(1) *Bulletin de la Société*, juin 1894, p. 311.

ED. SAUVAGE.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS CHIMIQUES

ÉTUDE SUR LA DILATATION DES PATES CÉRAMIQUES, par **M. Coupeau,** *ingénieur civil des mines.*

La Société d'Encouragement m'a fait l'honneur de me confier une étude sur la dilatation des pâtes céramiques.

L'objet de la première partie de ce mémoire est d'exposer la méthode expérimentale suivie et de décrire les appareils employés.

Dans la seconde partie du mémoire, on trouvera les résultats de mesures faites sur des couvertes et des verres, sur des pâtes industrielles et enfin sur des pâtes artificielles de composition variable, choisies de façon à mettre en évidence le rôle particulier de chacun des éléments constitutifs des pâtes.

Ces recherches ont été exécutées sous la direction de M. Vogt, qui a bien voulu, en outre, se charger de faire préparer à la manufacture de Sèvres le plus grand nombre des échantillons que j'ai étudiés.

M. Le Chatelier m'a aidé de ses conseils pour toute la partie expérimentale.

Je dois encore adresser tous mes remerciements à MM. Haton de la Goupillière et Carnot, qui ont bien voulu m'ouvrir les laboratoires de l'École des Mines, à M. Damour, aux conseils de qui j'ai eu souvent recours, et à M. Boulenger, directeur de la faïencerie de Choisy-le-Roi, qui a subvenu à une partie des dépenses occasionnées par ces recherches.

But des recherches. — Les objets céramiques se composent essentiellement d'une *pâte* argileuse cuite, mais non fondue, poreuse dans les poteries et faïences, en partie vitrifiée et compacte dans les grès et porcelaines, qui forme le corps de l'objet; d'une *couverte* complètement fondue, qui garde le plus souvent, après refroidissement, l'état vitreux.

Pendant sa fusion, la couverte se soude sur la pâte avec laquelle elle est en contact. De cette liaison peuvent résulter, quand il n'y a pas accord de dilatations entre les deux éléments ainsi soudés, deux défauts graves : la *tressaillure* et l'*écaillage*.

Tressaillure. — Lorsque la dilatation de la pâte est plus petite que celle de la couverte, après refroidissement, la couverte sera en tension et la pâte en compression.

Si les déformations élastiques, qui seraient nécessaires pour compenser la différence de dilatation, dépassent les limites d'élasticité de l'un ou l'autre des éléments, il y aura rupture.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Dans le cas actuel, ce sera la couverte qui cédera, parce que son épaisseur est moindre que celle de la pâte, et qu'en outre les résistances de rupture à la traction sont beaucoup plus faibles que les résistances de rupture à la compression.

Il se produira dans la couverte un réseau de petites fentes d'autant plus serré que l'écart de dilatations sera plus grand.

La pâte, dans ce cas, sauf pour les pièces en porcelaine très mince, reste indemne. Les objets ne sont pas détruits; ils sont seulement dépréciés par l'altération de la couverte.

Nous devons cependant faire une restriction pour certains craquelés et truités de fantaisie qui, au lieu de déprécier les objets céramiques, en augmentent la valeur.

Écaillage. — Si la dilatation de la pâte est supérieure à celle de la couverte, la répartition des efforts après refroidissement est inverse : c'est la pâte qui est en tension et la couverte en compression.

Les ruptures qui peuvent se produire affectent, suivant les cas, des caractères variés. Si l'épaisseur des pièces est faible, la pâte fend, et les fentes se poursuivent à travers la couverte, de sorte que l'objet tombe en morceaux et est complètement détruit. Si l'épaisseur des pâtes est suffisante pour résister à la rupture, c'est la couverte qui saute; elle se détache par éclats, entraînant même avec elle des fragments de pâte, quand l'adhérence est suffisante.

Lorsque l'écart des dilatations n'est pas trop grand, ces soulèvements d'éclats ne font que s'amorcer par des fentes localisées dans la couverte, et celle-ci se soulève de part et d'autre de la ligne de rupture en produisant une surélévation sensible au doigt ou visible à l'œil.

Une pâte donnée ne peut recevoir qu'un nombre limité de couvertes, celles dont la dilatation diffère en plus ou en moins, de quantités assez faibles pour que les tensions élastiques résultantes ne dépassent pas les limites de résistance des deux éléments des produits céramiques.

La perfection même serait, si cela était possible, d'avoir des pâtes et des couvertes rigoureusement d'accord.

En effet les tensions qui subsistent d'une façon permanente dans les objets fabriqués, tendent à faciliter les ruptures sous l'influence de certaines circonstances extérieures. Par exemple, une rayure suffit pour amorcer une fente dans une couverte qui est restée en tension. Les variations répétées de température produisent le même effet.

On conçoit donc l'importance qu'il y a à connaître la dilatation des pâtes céramiques et des couvertes que l'on réunit.

La méthode de mesures que nous avons employée est assez simple pour être introduite dans les laboratoires d'usines.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Son usage permettra de réduire considérablement les tâtonnements si longs, que nécessite actuellement l'étude empirique de tout produit céramique nouveau.

I

Études antérieures sur la dilatation des pates céramiques. — 1° *Expériences de MM. Sainte-Claire Deville et Troost* (1). En 1864, MM. Sainte-Claire Deville et Troost, dans leurs études sur la mesure des températures élevées, furent conduits à chercher le coefficient de dilatation de la porcelaine de Bayeux, matière qui constituait leurs ballons d'expériences.

Ils procédèrent par mesure directe de l'allongement d'une tige de porcelaine.

Cette baguette, mesurant $0^m,30$ de longueur environ, était suspendue à l'extrémité d'une chaîne de platine, et chauffée dans un creuset de plombagine placé au sein d'une masse de charbon en incandescence.

Les mesures étaient faites, au moyen d'un cathétomètre de Gambey permettant l'évaluation du centième de millimètre, par deux trous percés dans le creuset : on visait à travers ces trous deux repères placés à chaque extrémité de la tige en porcelaine.

La température était déterminée au moyen d'un thermomètre à air.

Les résultats donnés par MM. Sainte-Claire Deville et Troost sont relatifs à trois séries d'expériences. Ce sont les suivants :

Séries.	Températures.	Coefficient de dilatation cubique.
I.	1 106	0,0000162
	1 324	0,0000168
	1 446	0,0000172
	1 466	0,0000182
II	1 266	0,0000162
	1 352	0,0000160
III	1 298	0,0000160
	1 457	0,0000160
	1 524	0,0000203

Ces nombres conduisent entre 15° et 1 300° à un coefficient moyen de dilatation linéaire égal à 0,0000054.

2° *Expériences de M. Le Chatelier.*

Une seconde série d'expériences a été faite par M. Le Chatelier.

Une tige de porcelaine ou autre matière, portant deux repères placés à $0^m,10$ de distance à la température ambiante, était placée horizontalement dans le laboratoire d'un four à tubes Mermet, dont les deux faces latérales, parallèles à la tige, étaient chacune percées de deux trous, l'un des trous d'une face correspondant avec un trou de la face opposée.

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. LIX, p. 162.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ce système d'ouvertures permettait d'apercevoir les repères de la tige de porcelaine.

Le procédé consistait à photographier, à diverses températures, les deux repères simultanément, et c'est sur les clichés obtenus qu'on mesurait leur écartement.

Une telle mesure était possible au centième de millimètre près.

Pour obtenir des clichés suffisamment exacts, M. Le Chatelier, au lieu d'un seul objectif, qui aurait donné des déformations de l'image variable avec la mise au point, a employé un système de deux objectifs spéciaux, invariablement liés l'un à l'autre, de façon qu'à la température ambiante leurs axes optiques soient exactement distants entre eux de 10 centimètres, distance séparant à la même température les deux repères tracés sur la tige à étudier.

L'un des premiers corps qu'il ait ainsi étudiés est la porcelaine de Bayeux qui a donné un coefficient de dilatation sensiblement constant entre 0° et 1000°, et égal 0,0000036, chiffre notablement inférieur à celui trouvé par MM. Sainte-Claire Deville et Troost.

Dans une communication faite à l'Académie des sciences en 1888, M. Le Chatelier fait observer que ces premières mesures n'atteignent probablement pas toute l'exactitude désirable, à cause de l'irrégularité du chauffage de la tige sur toute sa longueur. Il se propose de reprendre ces expériences en se plaçant dans des conditions meilleures de chauffage.

Cette nouvelle série d'expériences a été exécutée et lui a donné les résultats suivants qui doivent être considérés comme plus exacts, ainsi que nous le montrerons plus tard en comparant entre eux ces différents résultats au moyen de notre méthode d'observation qui se prête à des comparaisons semblables.

Voici les résultats qu'il a obtenus pour quelques corps que nous avons étudiés aussi :

TEMPÉRATURES.	PORCELAINE de BAYEUX.	FAIENCE de BOURG-LA-REINE.	TUYAU DE PIPE.	TERRE BRUNE de MUSSIDAN.
Degrés.	mill.	mill.	mill.	mill.
15	»	»	»	»
280	0,11	0,19	0,27	»
400	»	»	»	0,26
490	0,21	0,45	0,38	»
530	»	»	»	0,39
640	»	»	»	0,38
700	»	0,83	0,34	»
860	0,40	0,106	0,38	»
1000	0,47	0,117	0,38	0,38
1060	0,48	0,132	0,38	»

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

3° *Expériences de MM. Holborn et Wien* (1).

En 1892, MM. Holborn et Wien, dans leurs recherches sur la mesure des hautes températures, pour la comparaison du pyromètre Le Chatelier avec le thermomètre à air, furent conduits à mesurer le coefficient de dilatation de la porcelaine de Berlin, qui constituait le réservoir thermométrique.

Une tige en porcelaine portant deux repères était chauffée dans un manchon en terre réfractaire avec un mélange d'air et de gaz soufflés.

La tige était maintenue horizontale par un disque de terre réfractaire sur lequel elle reposait. Ce disque, percé d'une ouverture, permettait d'apercevoir les repères de la tige, dont l'image était renvoyée horizontalement par l'intermédiaire d'un miroir dans deux lunettes parallèles.

Ces lunettes portaient chacune un réticule formé de deux fils croisés dont l'un était fixe, l'autre mobile, ce qui permettait de l'amener en coïncidence avec le repère correspondant de la tige.

Pour mesurer l'écartement des deux repères, on remplaçait la tige en porcelaine par une échelle divisée qu'on éclairait à froid par une lampe à incandescence.

Ces expériences ont donné les résultats suivants. Le coefficient de dilatation de la porcelaine de Berlin a varié de 0,0000038 à 0,0000044, résultats très voisins de ceux qu'avait obtenus M. Le Chatelier.

La série d'expériences qui suit donne le coefficient de dilatation de divers échantillons de porcelaine de même composition avec la température finale et son écart avec la température initiale.

Plaques.	T_2.	T_2-T_1.	Coefficient de dilatation linéaire.
I.	1 062	1 044	0,0000046
IV.	1 131	1 023	0,0000044
	1 016	896	0,0000043
V	1 122	1 102	0,0000047
V	1 122	1 031	0,0000048

4° *Expériences de M. Damour* (2). — A la demande des fabricants de porcelaine de Limoges, M. Damour a fait une étude très intéressante sur les dilatations des pâtes céramiques entre 15° et 100°, par la méthode de Fizeau simplifiée par M. Le Chatelier.

Les résultats auxquels il est arrivé sont les suivants.

Influence de la température de cuisson sur la dilatation des pâtes :

(1) *Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale*, 3e sér., t. I, p. 1012.
(2) *Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale* (février 97).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

1° Faïence de Choisy-le-Roi (1). Les nombres du tableau doivent être multipliés par 10^{-8}.

	A	B	C	E	G
Cuisson normale au four à biscuit . .	455	521	526	646	904
— à 1500° au four Seger	374	391	329	512	887

2° Porcelaine nouvelle de Sèvres.

Porcelaine nouvelle de Sèvres cuite à Sèvres à. . . . . 1270° — 523×10^{-8}
— — — . . . . . 1370° — 501×10^{-8}
— cuite au four Seger à.. . . . . 1500° — 299×10^{-8}

Pour ses études sur les couvertes, M. Damour a fait, à un poids de couverte de pâte nouvelle, une addition de 2 p. 100 des corps les plus usités en céramique.

Le tableau suivant donne les dilatations auxquelles il est arrivé entre 0° et 100°.

Couverte nouvelle de Sèvres.	10^{-8} 514
Addition de silice.	— 523
— acide borique.	— 495
— — 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 (réducteur).	— 524
— — (oxydant)	— 462
— phosphate de chaux.	— 546
— fluorine.	— 596
— amblygonite.	— 545

Cette méthode, suffisante pour les couvertes vitrifiées, ne le serait peut-être pas pour les couvertes cristallisées, qui peuvent avoir une allure de dilatation irrégulière.

(1) Les compositions de ces pâtes ont été données dans le *Bulletin* de février 1897, susmentionné.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

II

Procédés de mesure. — Les procédés de mesure directe de la dilatation des pâtes céramiques présentent de grandes difficultés expérimentales.

Nous avons renoncé aux divers procédés scientifiques employés jusqu'ici, considérant qu'il était indispensable d'appliquer à nos recherches une méthode pouvant être mise en service par l'opérateur le moins expérimenté. Nous nous sommes contentés de faire des mesures de dilatation relative en procédant par comparaison avec une substance de dilatation connue, la porcelaine dure par exemple. Les résultats concordants de tous les savants qui se sont occupés antérieurement de l'étude de cette matière permettent de penser que d'une fabrication à une autre sa dilatation varie peu et reste comprise entre 400×10^{-8} et 500×10^{-8}.

Principe de la méthode. — Considérons deux tiges A, B, invariablement liées l'une à l'autre en deux points *a*, *b*. A une distance de 10 centimètres de *a b* est coïncidé entre les deux baguettes un miroir *m n*.

Les deux baguettes A, B, sont de nature différente. Il en résulte que si nous chauffons le système ainsi formé, la dilatation des deux pièces étant généralement différente, le miroir *m n* va s'incliner dans un sens ou dans l'autre. S'il s'infléchit vers la droite, la dilatation de la tige supérieure sera plus faible que celle de la tige inférieure. Si le déplacement a lieu vers la gauche, c'est l'inverse qui se passe.

De même si les dilatations des deux tiges sont identiques, il est clair que l'orientation du miroir ne sera pas modifiée.

A une distance λ du miroir *m n*, sont placées une règle divisée et une lunette.

Nous mettons la lunette au point sur l'image donnée par le miroir d'un objet lumineux pouvant se déplacer le long de la règle.

Lorsque le miroir s'infléchit on n'aperçoit plus l'objet en coïncidence avec les fils croisés du réticule de la lunette. Il faut déplacer le point lumineux d'une longueur *l* qu'on lit sur la règle.

Soit α l'angle de déplacement du miroir, on a

$$\operatorname{tg} 2\alpha = \frac{l}{\lambda}.$$

Soit l' la longueur du miroir et δ la différence de dilatation des deux pièces, correspondant à la température, lorsque l'équilibre est obtenu. On a

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\delta}{l'}.$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

En raison des faibles différences de dilatation entre les deux baguettes, nous pouvons écrire que

$$\operatorname{tg} 2\alpha = 2 \operatorname{tg} \alpha.$$

D'où

$$\frac{l}{\lambda} = \frac{2\delta}{l'},$$

$$\delta = \frac{l\,l'}{2\lambda}.$$

Dans nos expériences $l' = 9$ millimètres. Nous avons placé la règle à 45 centimètres du miroir dans chaque expérience. On a donc

$$\delta = \frac{9\,l}{900} = \frac{l}{100}.$$

La disposition de notre appareil nous permet, comme on le verra, de lire le dixième de millimètre. On peut donc théoriquement apprécier la différence de dilatation δ des deux tiges au millième de millimètre près.

En réalité nous n'obtenons pas cette approximation.

L'une des erreurs provient de ce que nous avons supposé

$$tg\ 2\alpha = 2\ tg\ \alpha$$

L'erreur correspondante est

$$\frac{\operatorname{tg}\alpha}{1 - \operatorname{tg}^2\alpha} - \operatorname{tg}\alpha = \frac{\operatorname{tg} 3\alpha}{1 - \operatorname{tg}^2\alpha} = \frac{\delta^3}{l'\,(l'^2 - \delta^2)}.$$

Dans la majorité des cas que nous avons étudiés, la valeur de δ ne dépassa pas sept dixième de millimètre, entre 0 et 1 000 degrés. Supposons-la de 1 millimètre pour nos calculs. L'erreur correspondante est

$$\frac{1}{9\,(81 - 1)} = \frac{1}{720}.$$

Soit δ' la valeur réelle de la différence de dilatation, on a :

$$\frac{\delta - \delta'}{l'} = \frac{1}{720} \qquad \text{ou} \qquad \delta - \delta' = \frac{9}{720} = \frac{1}{80} \text{ millimètre.}$$

Soit une erreur relative sur la dilatation de 1,2 p. 100.

D'autres causes d'erreur qui peuvent s'introduire proviennent des déplacements de la tige, de même que des points d'articulation du miroir. Nous verrons plus loin les dispositifs employés pour réduire au minimum ces erreurs.

Préparation des supports. — Nous avons vu précédemment que nous étudiions la dilatation des baguettes par comparaison avec une tige de dilatation

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

connue qui sert dans chaque expérience. Ces supports ont été préparés à la manufacture de Sèvres avec la pâte de porcelaine dure.

C'est une baguette plate, de 12 centimètres de longueur environ, et présentant la forme ci-contre à l'état brut. Elle porte sur sa face supérieure, à une de ses extrémités, une rainure longitudinale de 2 millimètres de profondeur environ et 4 à 5 millimètres de largeur.

A l'autre extrémité, une proéminence prismatique tronquée obliquement à la face supérieure de la baguette.

Cette pièce, cuite à 1370°, a été soumise aux opérations suivantes : les deux faces formant par leur intersection l'arête *ab* ont été usées de façon que *ab* soit sensiblement perpendiculaire au plan de symétrie de la pièce et que sa distance au-dessus de sa face supérieure soit de 8 millimètres.

A une distance de $0^m,10$ exactement de la projection de l'arête *ab* sur la face supérieure de la pièce, ont été faites deux entailles obliques sur les dièdres

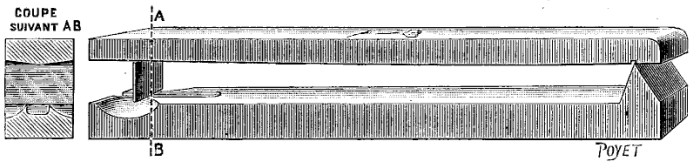


Fig. 1.

latéraux, une de chaque côté, jusqu'à la gouttière médiane, de façon à former par intersection avec les faces latérales de cette gouttière deux angles vifs sur lesquels viendra reposer par deux points l'arête inférieure du miroir.

Préparation des échantillons à étudier. — Après beaucoup de tâtonnements, nous nous sommes arrêtés à la disposition suivante.

Les baguettes mesurent 11 à 12 centimètres après cuisson; elles ont 1 centimètre de largeur et 5 millimètres d'épaisseur. A l'une des extrémités on creuse une rainure perpendiculaire au plan diamétral de l'échantillon. A l'autre extrémité on abat les dièdres contigus à la face sur laquelle on a creusé la rainure, de façon que la rencontre des plans d'abatage donne une arête dirigée sensiblement suivant l'axe de l'échantillon.

La rainure est destinée à recevoir l'arête *AB* du support, et l'arête médiane de l'échantillon à étudier, destinée à s'appuyer sur l'arête supérieure du miroir.

Ce dernier est ainsi maintenu exactement à $0^m,10$ de *ab* et conserve sa position verticale sous l'influence du poids de la tige supérieure à étudier.

Le système ainsi formé est suffisamment stable pour que de petits chocs donnés au système ne produisent aucun changement dans la position du miroir.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Miroirs. — Nous nous sommes servis de miroirs en silice fondue au four électrique de M. Moissan. On pourrait sans doute employer également de l'argile réfractaire, non sableuse cuite entre 1 500 et 1 600°, soit dans le laboratoire au four Seger, soit dans les usines au four à acier. Cette matière très compacte, extrêmement dure, prend un beau poli.

Dans l'échantillon de silice que nous possédions, nous avons fait tailler des lames de 1 millimètre environ d'épaisseur. L'une des faces a été soigneusement

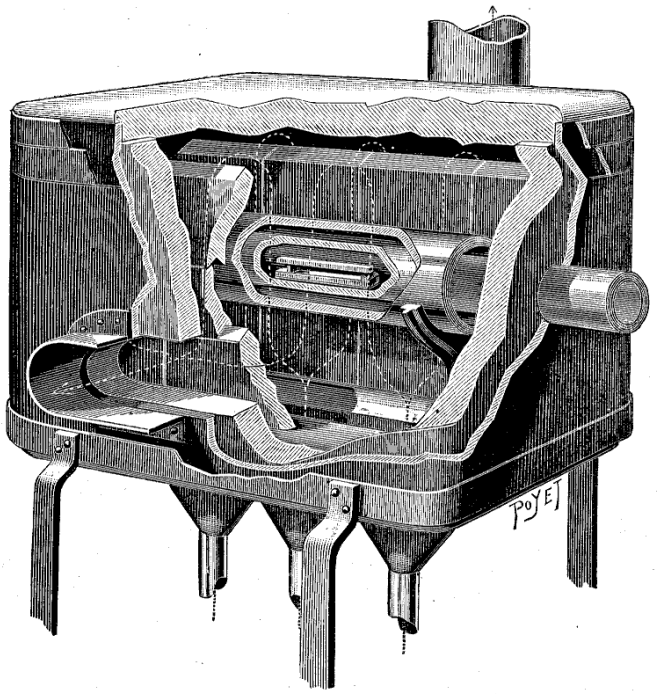


Fig. 2.

polie, l'autre est restée dépolie. Deux arêtes parallèles de la face dépolie ont été abattues jusque dans le plan de la face polie, de façon à former deux arêtes vives servant d'appui au miroir. La hauteur de chaque miroir était d'ailleurs exactement de 9 millimètres, sa largeur supérieure a 6 millimètres.

Appareil de chauffage. — Nous avons employé à cet effet un four Mermet chauffé par une rampe à gaz à trois becs.

Ce four porte à chacune de ses extrémités un trou circulaire permettant de faire passer un tube de porcelaine sensiblement plus long que le four lui-même.

Pour protéger ce tube contre l'action de la flamme directe des becs, nous

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'avons entouré d'un tube de terre réfractaire de diamètre plus grand, l'espace vide entre les deux étant comblé par de l'amiante tassée.

Sous l'influence de la chaleur, les éléments du four se dilatent, entraînant avec eux dans leur mouvement le tube de porcelaine, dans le cas où ce dernier repose directement sur le four. Nous avons vite reconnu que nous avions des causes d'erreur notables provenant de cette disposition. Nous avons alors amené l'indépendance du tube en faisant appuyer chacune de ses extrémités sur un support extérieur, de façon à n'avoir aucun contact avec le four.

Les supports en briques, que nous avions employés tout d'abord, étaient

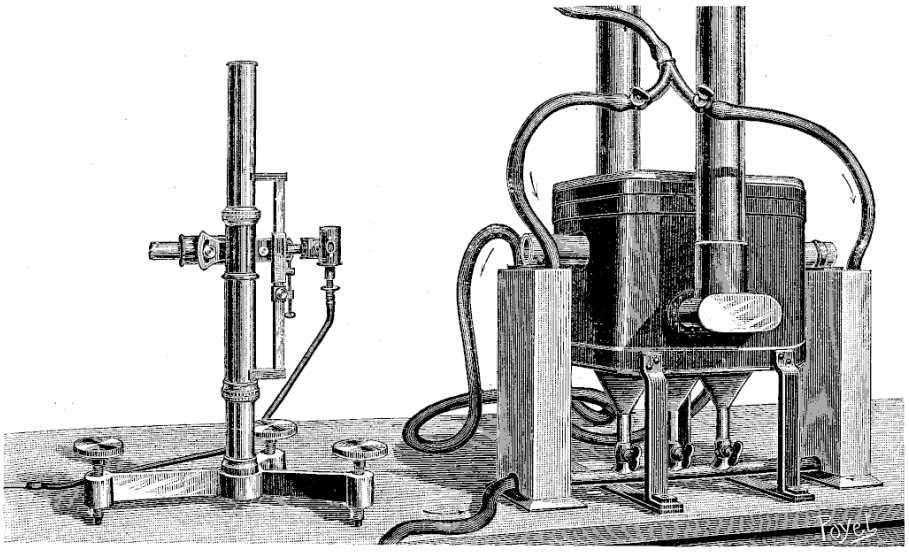


Fig. 3.

encore une entrave à l'exactitude de nos mesures. La dilatation d'un tel massif sous l'action de la chaleur rayonnée du four amenait des déplacements verticaux du tube.

Nous avons alors remplacé les supports en maçonnerie par des boîtes en zinc à circulation d'eau, ce qui nous a permis de conserver dans de tels supports une température constante pendant la durée entière d'une expérience.

Le tube est scellé sur l'une des boîtes par du ciment, mais repose sur la seconde par l'intermédiaire d'un petit rouleau d'acier, dont l'effet est de permettre la libre dilatation du tube dans le sens de son axe, en supprimant le frottement sur la boîte-support.

L'expérience nous a montré qu'une semblable disposition supprime toute cause d'erreur dans la mesure des dilatations.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Appareil de mesures. — Cet appareil se compose d'une colonne verticale fixée sur un pied à trois vis calantes. Sur cette colonne peut glisser et être fixé en une position quelconque, par une vis de pression, un tube portant une règle divisée au millimètre. Cette règle porte elle-même un chariot, mobile sur toute sa longueur, muni d'un vernier permettant d'apprécier le dixième de millimètre.

Sur ce chariot est greffée une boîte cubique contenant un prisme à réflexion totale sur l'une des faces rectangulaires duquel est tracé un trait horizontal éclairé par un bec de gaz latéral ou une petite lampe à essence minérale : la face à 45° du prisme à réflexion totale ayant pour objet de diriger les rayons lumineux dans la direction de l'axe du tube de chauffe.

Sur le tube portant la règle divisée et le système éclairant peut coulisser un anneau portant une lunette mobile dans un plan vertical autour d'un axe, de façon à pouvoir faciliter l'admission des rayons réfléchis sur le miroir suivant la direction de l'axe de la lunette.

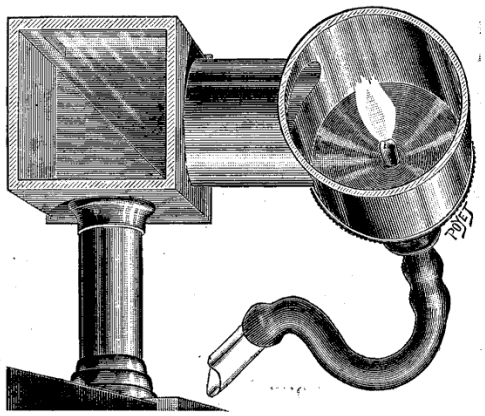


Fig. 4.

Cette lunette porte en outre un réticule composé de deux fils croisés.

Pour se servir d'un tel appareil, on place le système composé du support, de la tige dont on mesure la dilatation et du miroir dans le tube de porcelaine toujours à la même distance de l'ouverture du tube. Puis on place en avant l'appareil de mesure, en s'arrangeant de façon que la face avant du prisme à réflexion totale soit à 45 centimètres du miroir. Ceci est facile à obtenir, au moyen d'une tige métallique possédant cette longueur. On vise alors dans la lunette par réflexion dans le miroir l'image horizontale du fil du prisme éclaireur, on l'amène en coïncidence avec les fils croisés du réticule de la lunette, et on déplace la lunette de façon à faire passer l'image de la raie par la croisée du réticule.

Pour cela, on cherche d'abord par tâtonnements à faire tomber dans la lunette le faisceau lumineux réfléchi par le miroir. Puis changeant la mise au point de la lunette, on vise le miroir et on déplace tout l'appareil parallèlement à lui-même, de façon à amener la croisée du réticule au centre du miroir. Enfin, remettant au point sur la raie, on la ramène sur la croisée des fils.

La position de la lunette ainsi réglée sera maintenue invariable pendant toute la durée des expériences. On ramènera l'image de la raie sur la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

croisée du réticule en déplaçant seul le prisme éclaireur qui porte cette raie.

Pour faire une expérience, on commence par noter la division de la règle en coïncidence avec le zéro du vernier, et on chauffe le système peu à peu. Un manomètre permet de régler l'admission du gaz de façon à ne pas avoir entre deux mesures consécutives des écarts de température trop grands.

Quand l'équilibre de température est obtenu, ce que l'on reconnaît à ce que, pendant quelques minutes, l'image du fil visé et le croisement des fils du réticule restent en coïncidence, ou encore le fil du pyromètre avec une division de son micromètre (1), on note la température et la nouvelle division en coïncidence avec le zéro du vernier. La différence de deux lectures permet de calculer la différence de dilatation des deux tiges.

Pour l'obtenir, on divisera par 100 la grandeur lue sur la règle, et l'on pourra, si les expériences comportent une précision suffisante, tenir compte du terme correctif dont nous avons donné l'expression page 19. Cela est inutile pour des expériences industrielles; nous avons négligé cette correction.

Graduation des supports. — Nous avons vu précédemment que nous avions gradué nos supports par comparaison avec une tige de dilatation connue. Nous avons pris comme point de départ une baguette de porcelaine de Bayeux dont M. Le Chatelier avait étudié la dilatation par mesure directe.

Nous devons montrer, avant d'aborder l'exposé des résultats généraux sur l'étude des pâtes céramiques, que notre méthode est bien comparable à elle-même.

Par la même occasion nous contrôlerons l'exactitude du coefficient de dilatation admis pour la porcelaine de Bayeux en le comparant, ce que notre méthode permet de faire, aux autres mesures indépendantes faites par M. H. Le Chatelier sur différents corps.

Le système de l'appareil et des tiges ayant été mis en place, nous avons chauffé progressivement et avec soin les deux baguettes. Lorsque l'équilibre de température fut obtenu, nous avons noté la différence de dilatation de la tige de porcelaine de Bayeux et du support en pâte dure. Un calcul simple nous a permis, connaissant la courbe de dilatation de la première en fonction de la température, de déduire celle de la seconde.

Ceci obtenu, nous avons remplacé la tige de Bayeux par un certain nombre des mêmes tiges que M. Le Chatelier avait étudiées, et qu'il avait conservées. C'étaient :

Faïence de Bourg-la-Reine;

Terre brune de Mussidan;

Grès de Bagnoles;

(1) La température est déterminée au moyen du pyromètre de M. Le Chatelier, la soudure du couple étant située légèrement en arrière du miroir.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Tridymite ;

Charbons de cornues, etc.

Dans ces différents cas, nous avons constaté un écart entre nos mesures et celles de M. Le Chatelier, mais jamais cet écart, dans les cas les plus défavorables, n'a atteint plus de $0^{mm},04$. Ce qui est l'ordre de grandeur des incertitudes que comportent les expériences de M. Le Chatelier, chaque pointé n'ayant été fait qu'à $0^{mm},01$ près, et chaque comparaison nécessitant l'intervention des quatre pointés.

Cette comparaison nous a conduits à admettre que la courbe de dilatation de la porcelaine de Bayeux était bien réellement rectiligne, c'est-à-dire que son coefficient de dilatation ne changeait pas avec la température, et nous l'avons pris égal à $440 \times 10\text{-}8$.

Nous nous sommes assurés, en outre, de la comparabilité de la méthode à elle-même.

Pour cela, après une quinzaine de mesures opérées avec le même support, nous avons à nouveau pris la dilatation de la tige étalon.

Cette opération, exécutée tous les quinze jours environ, nous a donné la même graduation pour nos supports.

Voici d'ailleurs quelques-unes de ces graduations successives de nos supports faites par comparaison avec la porcelaine de Bayeux.

Les allongements rapportés au décimètre sont exprimés en centièmes de millimètre.

TEMPÉRATURE.	TIGE ÉTALON en porcelaine DE BAYEUX.	SUPPORT EN PATE DURE.		
		1re EXPÉRIENCE.	2e EXPÉRIENCE.	3e EXPÉRIENCE.
Degrés.				
100	3,3	3,7	3,5	3,6
200	7,5	8,0	8,2	8,3
300	11,9	12,4	12,2	12,0
400	16,6	17,2	17,0	17,4
500	21,5	22,3	22,5	22,0
600	26,6	27,7	28,0	27,5
700	30,7	33,0	32,8	33,2
800	36,7	37,5	37,2	37,6
900	40,0	44,1	43,9	44,3

L'invariabilité de dilatation de ces supports nous assurait la comparabilité de la méthode à elle-même.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Exposé des résultats obtenus. — Nous avons divisé notre étude en trois parties distinctes :

Étude des dilatations des couvertes;

Étude des dilatations des pâtes industrielles;

Étude des dilatations de pâtes artificielles, de compositions qualitative et quantitative connues, de façon à mettre en évidence le rôle de chacun des éléments constitutifs des pâtes.

Dans ces deux derniers cas, nous avons étudié en outre le rôle de la température de cuisson.

III

1° Dilatation des couvertes. — Nous appelons ainsi tout corps glacé superficiellement et sensiblement homogène. Nous ne nous sommes pas occupés dans cette étude de la catégorie des couvertes cristallisées.

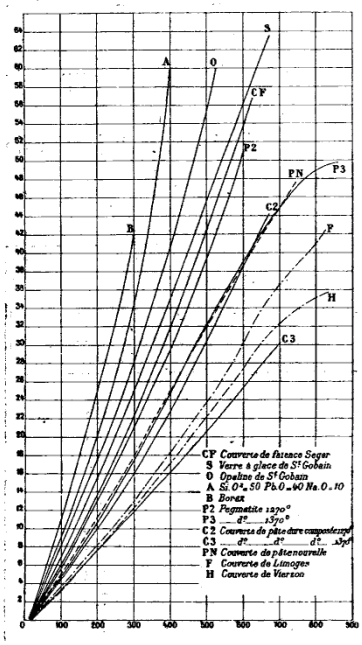


Fig. 5.

Dans la figure n° 5, nous avons tracé les courbes de dilatation absolue de quelques verres et de quelques couvertes industrielles. L'axe des abscisses porte les températures, celui des ordonnées, les dilatations absolues en centièmes de millimètre. La dilatation absolue de chaque corps est relative à une baguette de ce corps de 10 centimètres de longueur.

Il est à remarquer que nous avons arrêté certaines courbes à des températures très basses; cela tient à deux causes, suivant les cas :

1° A la grande dilatabilité du corps en expérience qui ne nous permettait plus de faire la visée;

2° A la crainte du voisinage du point de ramollissement de la baguette. Dans plusieurs cas, nous avons observé qu'en dépassant ce point, en outre de ce que nous n'avions plus la dilatation réelle, la flexion intervenant, il arrivait encore qu'il y avait soudure entre le miroir et la baguette, cause de mise hors de service des miroirs.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Dans le tableau suivant, nous donnons les dilatations absolues des couvertes étudiées de 100° en 100° en centièmes de millimètre.

NATURE DES COUVERTES.	FORMULE CHIMIQUE.	100	200	300	400	500	600	700	800
Borax.	Na^2O, $2Bo^2O^3$.	11	25	42	»	»	»	»	»
Cristal.	$0{,}45Na^2O$ / $0{,}55PbO$ } $2{,}5SiO^2$.	9	20	34,4	60	»	»	»	»
Opaline de Saint-Gobain	»	8,2	17,4	28,2	41	55,6	»	»	»
Verre à glace de Saint-Gobain .	$0{,}40Na^2O$ / $0{,}60CaO$ } $2{,}5SiO^2$.	6,8	13,6	25	35,2	45,8	56,2	»	»
Couverte de faïence	$0{,}5Na^2O$ / $0{,}5CaO$ } $0{,}5Bo^2O^3$ $2SiO^2$. .	6	13,8	22,2	32	42,5	54	»	»
Pegmatite. 1270.	$0{,}8KNaO$ / $0{,}2CaO$ } $1{,}3Al^2O^3$ $9SiO^2$. .	5,7	12,9	21	29,5	39,3	51	»	»
Pegmatite. 1370.		4,7	10,7	17,4	24,8	32,1	39	44,8	49
Couverte composée. 1270.	$0{,}3K^2O$ / $0{,}7CaO$ } Al^2O^3 $10SiO^2$. .	4,4	10	16	22,8	30,4	38,5	»	»
Couverte composée. 1370.		3,3	7,6	11,8	16,2	20,6	25,4	30,1	»
Couverte de pâte nouvelle. . . .	$0{,}2Na,KO$ / $0{,}8CaO$ } $0{,}4Al^2O^3$ $4SiO^2$. .	5	11,3	18	25	32	38,6	44,8	»
Couverte de Limoges. . 1370.	$0{,}56Na^2O$ / $0{,}07K^2O$ / $0{,}37CaO$ } Al^2O^3 $7{,}7SiO^2$.	3,6	8,1	12,9	18,4	23,7	30,4	36,6	41
Couverte de Vierzon. . . 1370.	$0{,}55Na^2O$ / $0{,}15K^2O$ / $0{,}30CaO$ } $1{,}1Al^2O^3$ $9{,}5SiO^2$.	3,5	7,7	12,2	17,1	22,1	27,3	32,2	35,1

De l'examen de ces résultats, on conclut que pour les corps vitreux le coefficient de dilatation augmente en général avec la température. Ce coefficient de dilatation peut être traduit par une formule parabolique.

Exception toutefois doit être faite pour la pegmatite fondue à 1370°. La courbe de dilatation présente un point d'inflexion, et la courbure change de sens. La concavité qui, dans le cas général, est tournée vers le haut, cesse de l'être, et se présente vers le bas. C'est là un fait dont nous ferons ressortir l'importance quand nous comparerons les dilatations de ces couvertes à celles des pâtes sur lesquelles on les applique.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Au moyen de l'appareil dont nous nous sommes servis pendant le cours de ces expériences, nous pouvons, en même temps que la dilatation, déterminer approximativement le point de ramollissement des couvertes. La température où ce ramollissement se produit est très intéressante, car nous avons vu précédemment que c'est au-dessous et à partir de ce point que nous devons avoir accord de dilatation jusqu'à la température ordinaire.

Quand le ramollissement commence, la tige, qui n'est maintenue horizontale que par un point d'appui à chacune de ses extrémités, fléchit sous l'influence de son poids dans sa partie médiane. Cette flexion n'est pas compensée par la dilatation, de sorte qu'elle donne lieu à un changement brusque dans l'allure de la courbe. C'est le point où ce changement s'opère qui donne la température de ramollissement de la couverte.

Dans les couvertes que nous avons étudiées, cette température de ramollissement n'a pas en général dépassé 600 degrés. Il y a exception pour les couvertes de pâte dure : dont les points de ramollissement sont voisins de 800°.

IV

2° Dilatations des pates industrielles. — Nous avons commencé par étudier les dilatations de quelques pâtes industrielles cuites dans les conditions de leur fabrication normale (fig. 6). Nous avons complété cette première étude en examinant l'influence de la température de cuisson sur le grès et la porcelaine nouvelle de Sèvres (fig. 7).

Composition des pâtes de Sèvres étudiées.

ÉLÉMENTS.	PATE A GRÈS.	PATE TENDRE.	PATE NOUVELLE.	PATE DURE.
SiO^2	79,32	74,52	69,37	60,75
Al^2O^3, Fe^2O^3, TiO^2	18,42	2,70	23,61	32
CaO	0,36	16,10	1,22	4,15
MgO	»	0,61	0,08	0,08
K^2O	1,82	3,45	2,58	3,02
N^2O	0,32	2,63	2,42	
	100,24	100,01	99,28	100,00

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les pâtes de Limoges ont une composition très semblable à celle de la pâte nouvelle de Sèvres.

La composition de la pâte à faïence stannifère n'a pas été déterminée, mais on sait que les pâtes semblables, de composition très uniforme, sont constituées par un mélange en parties égales d'argile proprement dite, sable quartzeux et carbonate de chaux.

La composition de pâte à faïence fine de Choisy-le-Roi a été donnée par M. Damour dans un mémoire antérieur

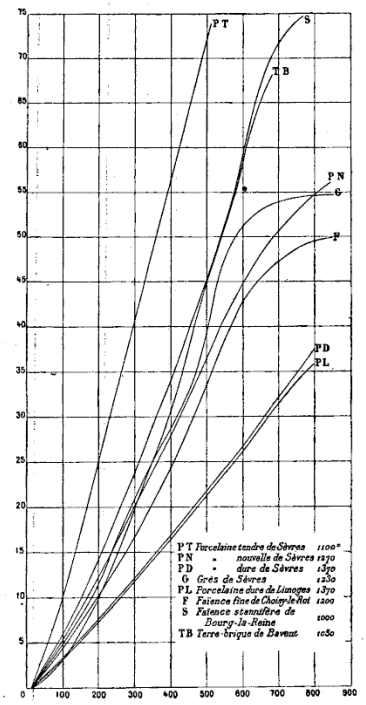


Fig. 6.

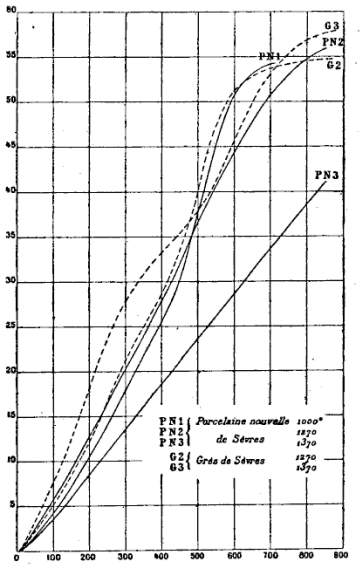


Fig. 7.

déjà cité. La terre à briques de Bavent (Calvados) présente la composition suivante.

Silice (par différence)	62,3
Alumine et fer	17,2
Eau	7,5
Carbonate de chaux	12
Sulfate de chaux	1
	100,0

Nous ignorons encore le rôle de chacun des éléments constitutifs des pâtes. Les observations que nous avons à faire sur ces courbes sont, par suite, peu nombreuses.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

	100	200	300	400	500	600	700	800
Pâte tendre, cuisson normale 1100°.	11	27	42	57,3	72	»	»	»
Pâte nouvelle, cuisson 1000°. .	4,4	11	18,4	26	38,2	51,2	54,4	»
Pâte nouvelle, cuisson normale 1270°.	5,6	12,8	20,6	28,2	37,4	45	51,2	55
Pâte nouvelle, cuisson 1370°. .	4	9	14	18,8	24	29	34,2	39
Pâte dure 1000°.	5,1	10,2	17,3	24	30,4	36,5	42	44,3
Pâte dure, cuisson 1370°. . . .	3,4	7,8	12,4	17,2	22	27	32,4	37,8
Pâte de Limoges, cuisson normale, soit 1370°.	3,4	7,6	12,2	16,8	21,8	26,8	31,8	36
Grès de Sèvres à 1000°.	4,1	9	14,2	20	18,6	39,4	41	38,8
Grès de Sèvres, cuisson normale 1270°	4,8	12	21,2	28,6	40,4	51,7	54,1	54,8
Grès de Sèvres, cuisson 1370°. .	7,5	18	28	33,4	38,2	46,4	54	57,5
Terre à brique de Bavent, cuisson normale 1050°.	5	9,6	20	35	45	61	70	82
F. stannifère de Bourg-la-Reine, cuisson normale 950°.	5,7	14,7	24,5	35	46	60	72	»
Faïence fine de Choisy-le-Roi, cuisson normale 1200°. . . .	4,5	10	17	24	33	47	57	50

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

1° *Pâte tendre.* — Le coefficient de dilatation de la pâte tendre est très élevé et sensiblement constant pour les températures auxquelles nous avons opéré. Nous avons été obligé de nous arrêter à 550° environ en raison de l'énorme dilatation de la pâte. Les échantillons de 10 centimètres donnaient une inflexion du miroir trop considérable, qui ne nous a pas permis, au delà de cette température, de recevoir les rayons réfléchis du prisme dans la lunette. La mesure aurait dû être exécutée sur une tige de 5 centimètres de longueur seulement.

2° *Pâte nouvelle.* — La pâte nouvelle, cuite à 1 000°, présente une grande analogie avec les pâtes à faïence de Choisy-le-Roi que nous avons étudiées. La forme de la courbe de dilatation est semblable, le maximum de dilatation a lieu à 800° environ, comme pour la faïence. Ce fait semble se produire dans toutes les pâtes incomplètement cuites, c'est-à-dire qui n'ont pas subi un commencement de vitrification à la cuisson.

A 1 270°, la courbe de dilatation se redresse, tout en restant voisine de la courbe de dilatation à 1 000°. Il y a tendance de la part de la pâte nouvelle cuite à 1 270° à se rapprocher du mode de dilatation des verres et couvertes. A cette température en effet, la pâte a subi un commencement de vitrification. C'est à cette température que la pâte nouvelle est cuite à Sèvres.

Après cuisson à 1 370°, le coefficient de dilatation de cette pâte est à peu près constant jusqu'à 800°, la courbe est sensiblement une droite et est très voisine de la courbe de dilatation de la pâte dure cuite à la même température dont elle diffère de deux centièmes de millimètre environ, par excès, au maximum.

3° *Pâte de Limoges.* — La composition de la pâte de Limoges est sensiblement identique à celle de la pâte nouvelle de Sèvres. Les cuissons à la même température doivent donc donner des dilatations comparables. C'est pour vérifier ce fait que nous avons étudié la pâte nouvelle cuite à 1 370°, et que nous avons étudié un échantillon de pâte de Limoges cuite à Limoges. Les résultats sont très voisins, différant entre eux de deux centièmes et demi au maximum.

4° *Grès de Sèvres.* — Le grès de Sèvres a fait l'objet d'une étude toute particulière de notre part par suite de la mise en évidence d'une irrégularité dans sa dilatation.

Pour l'échantillon cuit à 1 000°, la dilatation est analogue à celle des faïences de Choisy-le-Roi et des pâtes de porcelaine cuites à la même température.

L'échantillon cuit à 1 270° nous accusa, jusqu'à 500°, une dilatation voisine de la pâte nouvelle cuite à 1 270°; au delà de cette température, sa courbe se rapproche beaucoup plus de la courbe de dilatation de la pâte nouvelle cuite à 1 000°. Au lieu d'observer comme dans les pâtes industrielles précédemment étudiées une augmentation du coefficient de dilatation avec la température

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

suivant une formule parabolique, dont la concavité serait tournée vers le haut, nous avons remarqué un changement de courbure vers 200°. La concavité de la courbe était alors tournée vers le bas pour, ensuite, reprendre sa forme normale.

Ce phénomène se retrouve dans la baguette cuite à 1 370°, mais beaucoup plus sensible. Sur une baguette de grès cuite à 1 250° environ, dans les cazettes d'un four situées dans les parties les moins chaudes de ce four, nous avons constaté l'absence complète du renflement de la courbe à la température précédemment indiquée. Toutefois cette baguette était insuffisamment cuite pour constituer un grès proprement dit. La porosité d'une telle baguette était beaucoup plus considérable que celle des grès. Nous verrons plus loin que cette anomalie provient d'un changement d'état de la silice sous l'influence de la température, cette température devant toutefois être supérieure à 1 250°.

Quelques observations sur l'accord des pâtes et des couvertes. — Rapprochons les tableaux des dilatations des couvertes de celui des dilatations des pâtes.

1° Couverte de porcelaine nouvelle de Sèvres et pâte nouvelle de Sèvres cuites à 1 270°.

Les dilatations en sont les suivantes.

	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
Pâte nouvelle, cuisson normale . .	5,6	12,8	20,6	28,2	37,4	45	51,2	55	»	»
Couverte de pâte nouvelle	5	11,3	18	25	32	38,6	44,8	»	»	»

La dilatation de la couverte est inférieure à celle de la pâte, nous avons tendance à l'écaillage, avec un écart maximum à la température ordinaire de $0^{mm},068$.

Cet écart n'est pas suffisant pour vaincre la limite de rupture à l'écrasement, puisque la couverte tient bien.

Considérons les courbes de dilatations de la pegmatite fondue à 1 270°, et de la couverte composée fondue à la même température. La première de ces couvertes a une dilatation plus forte que la pâte nouvelle cuite à 1 270°, mais l'écart qui existe est très faible, comme il peut être vérifié sur les tableaux de dilatations. Bien qu'il y ait tendance à la tressaillure, en raison du faible écart de dilatation, nous pouvons affirmer que la pegmatite fondue sur la pâte nouvelle à 1 270° donnera un résultat très satisfaisant.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

De même, comparons la dilatation de la couverte de pâte dure comparée à la couverte de pâte nouvelle, ces deux courbes sont à très peu près les mêmes. Comme la seconde se comporte bien sur les pièces, la première ne devra donner lieu à aucun accident. Ces essais ont été successivement exécutés à Sèvres, et ont donné des résultats conformes aux prévisions. Des vases ainsi émaillés, après avoir été refroidis, ont été repassés au moufle, la couverte n'a cédé nulle part, ce qui montre suffisamment que ces couvertes conviennent bien à la pâte nouvelle cuite à 1 270°.

2° Couvertes de pâte dure de Sèvres et pâte dure de Sèvres cuites à 1 370° :

	100	200	300	400	500	600	700	800	900
Pâte dure de Sèvres.. . .	3,4	7,8	12,4	17,2	22	27	32,4	37,8	45,7
Couverte de pâte dure. Pegmatite naturelle.. .	4,7	10,7	17,4	24,8	32,1	39	44,8	49	49,9
Couverte de pâte dure composée.	3,3	7,6	11,8	16,2	20,6	25,4	30,1		

Le tableau précédent met en présence deux couvertes s'appliquant également bien sur la pâte dure. L'une est très voisine de la dilatation de la pâte dure dont elle diffère par défaut. Elle est dans d'excellentes conditions pour bien tenir, étant en très faible compression.

L'autre, la pegmatite naturelle, s'applique aussi sans donner lieu à aucun accident, bien que sa dilatation soit notablement supérieure à celle de la pâte. L'explication que nous allons donner de ce phénomène nous a été fourni par la forme de la courbe de dilatation. Le coefficient de dilatation d'abord sensiblement uniforme diminue à mesure que la température augmente à partir de 600° environ jusqu'au point de ramollissement qui a lieu vers 950°. A ce moment l'écart entre la pâte et la couverte n'est plus que de $49,9 - 45,7 = 4,2$. Il faut diminuer toutes les différences d'ordonnées entre les deux courbes de cette quantité, c'est-à-dire que les écarts des deux courbes après soudure sont de 100° en 100° les suivants :

15	100	200	300	400	500	600	700	800	900
— 4,2	— 3,9	— 1,3	0,8	3,4	5,9	7,8	8,2	7	0

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les écarts deviennent moins considérables, ce qui explique l'accord entre les deux éléments de l'objet.

On a observé à la manufacture de Sèvres que lorsque la couverte n'était pas fondue à 1 370°, mais à une température inférieure, on avait souvent de la tressaillure.

Ce fait est immédiatement mis en évidence par la comparaison de deux courbes de dilatation de la pegmatite fondue à 1 270° et à 1 370°.

La dilatation de la pegmatite fondue à 1 270° est plus considérable que celle fondue à 1 370°, et les écarts entre la pâte dure et la couverte fondue à 1 270° sont doublés, d'où tressaillure.

Enfin si nous rapprochons les courbes de dilatation de la pâte nouvelle et de la pâte dure cuite à la même température 1 370°, on a un faible écart entre les deux. La même couverte, celle de pâte dure par exemple, devrait donc pouvoir s'appliquer sur la pâte nouvelle cuite à 1 370°.

Ce fait a été vérifié à Sèvres. Sur un dégourdi de pâte nouvelle on a appliqué une couverte de pâte dure et on a cuit à 1 370°. Les objets sortis du four n'ont donné trace ni d'écaillage ni de tressaillure.

De cette étude comparative des couvertes et des pâtes, il résulte que, étant donné deux éléments : une couverte et une pâte, on pourra, d'après l'étude de leurs dilatations, dire s'il y a chance d'avoir accord entre les deux en cuisant à une température favorable.

Nous ne pouvons pas l'affirmer, ignorant la latitude permise dans les écarts de dilatation. Cette latitude étant d'ailleurs fonction de l'élasticité des deux éléments de l'objet et pouvant de ce fait varier d'une couverte à une autre.

Une autre déduction de ces expériences est que la mesure des dilatations jusqu'à 100° par la méthode de Fizeau peut ne pas être suffisante dans beaucoup de cas. De son étude on ne peut pas conclure d'une manière certaine qu'une pâte et une couverte possédant le même coefficient de dilatation de 0° à 100° s'accorderont parfaitement, en raison des irrégularités à 200° que nous avons signalées à propos du grès de Sèvres.

V

Rôle des éléments constitutifs des pates. — L'élément plastique ayant servi de base à la constitution de toutes les pâtes qui vont être étudiées est une argile naturelle, l'argile de Mussidan, qui est naturellement presque complètement exempte de sable siliceux et qui a été débarrassée par lavage des petites quantités qu'elle en renfermait; sa composition centésimale déterminée par M. Vogt est la suivante :

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

	Soluble dans $30^{h}H^{2}$.	Insoluble.
SiO^2.	41,73	3,20
Al^2O^3	34,38	0,15
TiO^2.	1,26	
Fe^2O^3	1,65	
CaO.	0,42	
MgO.	0,05	
KO	0,87	traces.
NaO.	0,65	
Perte au rouge.	11,69	
Humidité	3,57	
	96,27	3,35

Rôle de la silice. Sable quartzeux. — Nous avons étudié les mélanges suivants faits avec l'argile de Mussidan et du sable de Nemours broyé aux trois températures de cuisson : 1 000°, 1 270°, 1 370°.

Pâte A. Argile de Mussidan. . 30 / Sable de Nemours. . 70 } A

Pâte A_2. Argile de Mussidan . 30 / Sable de Nemours. . 70 } A_2

Dans la figure n° 8, nous avons ajouté aux mélanges précédents le sable de Decize qui a pour composition totale :

SiO^2.	85,36
Al^2O^3.	9,06
CaO	1,00
MgO	0,11
K^2O	2,20
Na^2O.	0,52
Perte au rouge..	2,36
	100,61

Dilatation de 100° en 100° de chacun de ces corps :

	TEMPÉRATURE de cuisson.	100	200	300	400	500	600	700	800	900
Argile de Mussidan. . . .	1 000	3,8	8,1	12,6	17	22,1	28	33,7	38,9	»
	1 270	7,4	16	22,4	28,8	36,3	43,6	49,8	55,2	»
	1 370	8,4	17,4	24	29,8	35,2	40,4	45,5	50,6	»
Sable de Decize.	1 000	6,4	14,5	23,8	35	61,4	80,8	83,5	83,2	»
	1 270	6,8	13,0	23,4	33	45,4	64,5	66,7	67,1	»
	1 370	6	12,6	17,6	21,9	26,5	32,2	36,4	36,9	»
Pâte A	1 000	6,5	14,7	24	36	63	74,3	74,2	»	»
	1 270	10,2	29,5	52,6	64,8	82	112	»	»	»
	1 370	10,4	55	73,8	85	96,4	110	»	»	»
Pâte A_2. . . .	1 000	4,4	9,4	14,8	20,6	27,7	38,4	43,5	45,2	»
	1 270	9,4	22	30	38	46	54,8	63	65	»
	1 370	10,4	32	39,6	45,6	52	59,5	64,6	67,8	»

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

1° *Argile de Mussidan.* — Cuite à 1 000° l'argile de Mussidan a une dilatation très voisine de celle de la pâte dure cuite à 1 370°. Quand on élève la température de cuisson, la dilatation augmente. Les courbes à 1 270° et 1 370° présentent une interversion vers 500°.

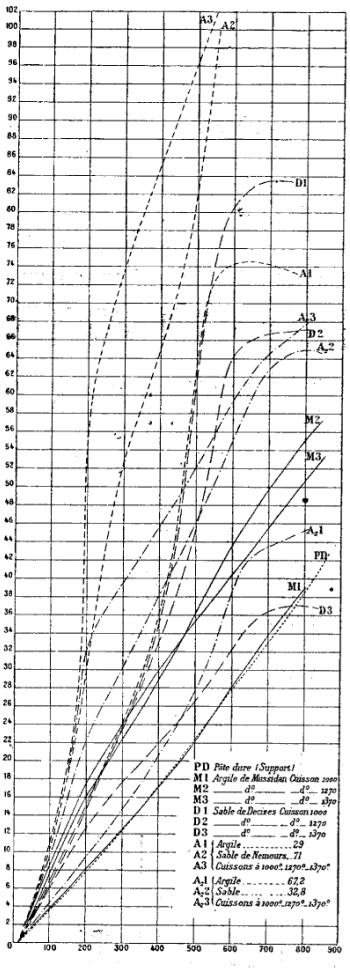


Fig. 8.

2° *Sable de Decize.* — Au contraire pour le sable de Decize, la dilatation diminue à mesure que la température de cuisson augmente. Dans la dilatation de la tige cuite à la température 1 370°, on aperçoit nettement le phénomène que nous avons signalé pour le grès de Sèvres à 200° dans la composition duquel il entre du reste.

3° *Mélange A : Argile de Mussidan et sable de Nemours.* — La dilatation croît à mesure que la température de cuisson augmente. Ce résultat est bien en rapport avec la dilatation de l'argile de Mussidan, mais nous constatons que la dilatation du mélange est augmentée dans des proportions considérables. C'est le sable seul qui peut avoir causé cette augmentation. Dans ce mélange A nous avions 30 d'argile et 70 de sable.

Dans le second mélange où le sable était à 30 p. 100 environ et 70 p. 100 d'argile, nous avons à nouveau constaté une augmentation de dilatation sur l'argile de Mussidan. De plus la dilatation croît à mesure que la température de cuisson augmente.

Silex. — Le silex broyé qui est employé dans la fabrication de la faïence fine, a été étudié dans les mêmes conditions que le sable de Nemours.

Le mélange composé de 30 d'argile de Mussidan et 70 de silex broyé après calcination préalable a été étudié sur des baguettes cuites aux deux températures de 1 000°, 1 270°.

	100	200	300	400	500	600	700
1 000°	7	20	42	46	52	58	63
1 270°	10	70	82	89	96	102	»

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On retrouve donc avec le silex la même anomalie à 200° qu'avec le sable quartzeux broyé qui entrait dans la composition des mélanges précédents. Elle est même, à température égale, de cuisson beaucoup plus accentuée et se manifeste déjà à la cuisson à 1 000°.

Influence de la grosseur du sable. — Le sable quartzeux de Nemours introduit en quantité donnée dans une pâte se comporte très différemment suivant la grosseur des grains. Trois grosseurs de sable ont été séparées par les tamis n° 60 et n° 120. On a pris comme gros sable ce qui n'a pas traversé le tamis n° 60, comme sable moyen ce qui a traversé le tamis n° 120 et comme sable fin la poussière obtenue en lévigeant le sable moyen de façon à séparer moitié environ de ce sable.

30 Argile de Mussidan.
70 Sable quartzeux de Nemours.
H Sable ne passant pas au tamis n° 60.
A Sable moyen passant au tamis n° 120.
F Sable lévigé.

CUISSON.		100	200	300	400	500	600	700	800
H. . . .	1 270	7,4	16,2	24,9	33,4	41,6	51,7	67,7	69
	1 370	7,8	17,6	27,2	38	49,7	62,4	»	»
A. . . .	1 000	6,5	14,7	24	36	63	74,3	74,2	»
	1 270	10,2	29,5	52,6	64,8	82	112	»	»
	1 370	10,4	55	73,8	85	96,4	110	»	»
F. . . .	1 270	9	42	71	97,2	»	»	»	»
	1 370	10,7	75	86,4	94,8	107,8	116,8	121,7	»

Dans la cuisson à 1 000°, les dilatations sont sensiblement indépendantes de la grosseur du sable employé ; les résultats n'ont pas été reproduits dans le tableau pour les grosseurs antérieures. Le sable gros à 1 270° a sensiblement la même influence que le sable moyen à 1 000° ; et le sable fin à 1 270° la même que le sable moyen à 1 370°. C'est-à-dire que la transformation que les pâtes quartzeuses prennent sous l'action de la chaleur se produit à d'autant plus basse température que le sable est plus fin.

Tous ces résultats relatifs à la silice semblent absolument contradictoires à première vue ; ils se classent au contraire et s'expliquent très bien quand on les rapproche des propriétés connues de la silice pure comme nous le ferons dans la conclusion de ce travail.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Rôle du feldspath. — Nous avons, pour étudier le rôle du feldspath, étudié deux nouveaux mélanges contenant :

	B	B_2
Argile de Mussidan . . .	30	30
Sable de Nemours . . .	60	40
Feldspath	10	30

Ces deux mélanges cuits aux températures précédemment indiquées présentent les dilatations suivantes réunies en courbes sur la figure n° 10 :

TEMPÉRATURE de cuisson.		100	200	300	400	500	600	700	800
B.	1 000	5,4	12,2	20,2	29,9	46	66,2	67,6	68,3
	1 270	9,4	21,6	34	43,5	54	69	78	79
	1 370	10,4	32	48,6	55,6	63,6	74,4	80	82,8
B_2.	1 000	4,6	10	15,6	23,4	35,2	48,4	51,8	»
	1 270	5	11	17,6	25,4	34	43	48,4	52,2
	1 370	3,5	7,7	12,0	16,6	21,3	26,7	30,8	32,2

Comparons les mélanges A et B. Leurs compositions sont :

	A	B
Argile de Mussidan . . .	30	30
Sable de Nemours . . .	70	60
Feldspath	»	10

Dans le deuxième mélange, 10 p. 100 de feldspath ont remplacé 10 p. 100 de sable de Nemours. Si le feldspath jouissait des mêmes propriétés que le sable au point de vue de la dilatation, il n'y aurait pas eu de modification sensible dans la dilatation. Nous constatons sur les tableaux une diminution de dilatation par rapport à A. Nous sommes amenés à conclure que le feldspath diminue la dilatation des pâtes par rapport au sable. Le même fait est à remarquer aux cuissons de 1 270° et 1 370°.

Nous n'avons pas étudié de baguettes ne contenant que de l'argile et du feld-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

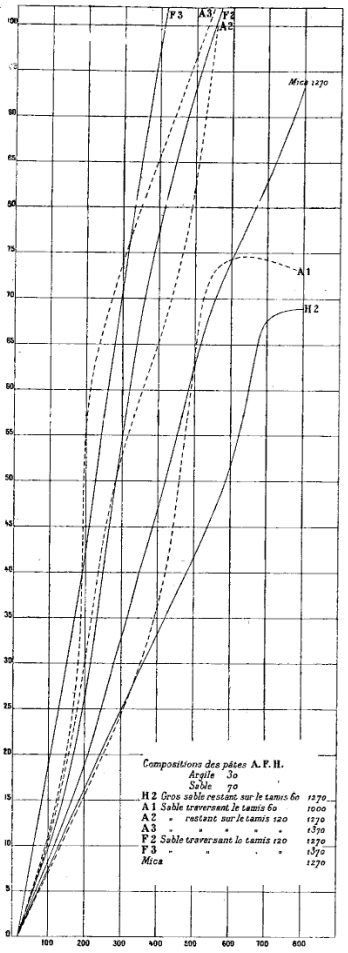


Fig. 9.

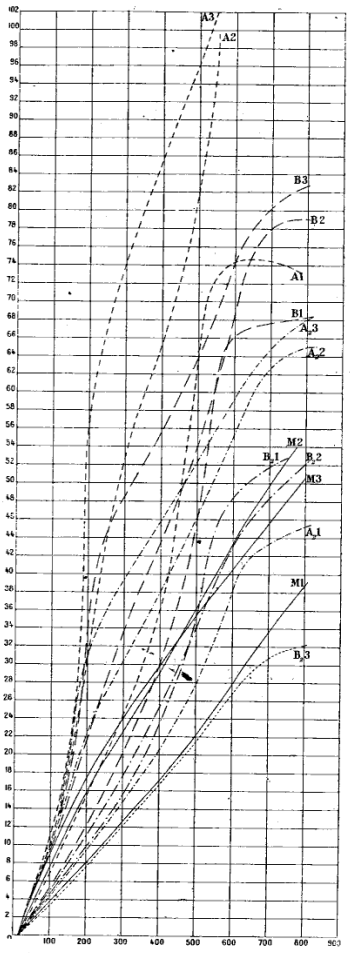


Fig. 10.

M—1	Argile de Mussidan. Cuisson		1 000
M—2	— —		1 270
M—3	— —		1 370
A —1	Argile Mussidan.	29	1 000
A —2	Sable Nemours.	71	1 270
A —3			1 370
A_2—1	Argile Mussidan.	67	1 000
A_2—2	Sable Nemours.	33	1 270
A_2—3			1 370
B —1	Argile.	30	1 000
B —2	Sable	60	1 270
B —3	Feldspath.	10	1 370
B_2—1	Argile.	30	1 000
B_2—2	Sable	40	1 270
B_2—3	Feldspath.	30	1 370

spath, de sorte que nous ne connaissons pas le rôle du feldspath par rapport à l'argile. Nous pouvons cependant le prévoir par l'examen des courbes B_2.

Comparons le mélange B_2 avec le mélange B. La proportion d'argile reste constante dans les deux, et la proportion de sable diminue. D'après ce que nous venons de voir précédem-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ment, la dilatation doit diminuer. Nous l'observons sur la courbe. Par rapport à l'argile seule, nous avons une augmentation de dilatation due au sable. Il est à remarquer que quand la température de cuisson augmente, au lieu d'avoir croissance de dilatation, nous avons diminution, et la courbe passe au-dessous de l'argile cuite à la même température. Ce fait nous montre suffisamment deux effets du feldspath :

1° Il fait changer le mode de dilatation des pâtes avec la température de cuisson quand il est en proportions suffisantes;

2° Il a tendance à se rapprocher de l'argile comme dilatation, provoquant même, dans certains cas, une diminution de dilatation par rapport à cette dernière.

Rôle de la chaux et de l'acide phosphorique. — Dans la figure n° 11, nous avons réuni les courbes de dilatation de baguettes composées de la façon suivante :

	C	C_2	Ph	Ph_2
Argile de Mussidan.	30	30	80	30
Sable.	65	55	60	40
Chaux	5	15	»	»
Phosphate des os.	»	»	10	30

Dilatation de 100° en 100° de ces baguettes.

TEMPÉRATURE de cuisson.		100	200	300	400	500	600	700	800	900
C. .	1 000	7,4	17	27,4	39,4	55	86,2	89,4	»	»
	1 270	13,6	34,4	41	47,8	59,5	86,8	»	»	»
	1 370	14,6	37,6	43,8	50,8	58	66	»	»	»
C_2 .	1 000	7	16,6	27	38,9	54,2	80	85,7	»	»
	1 270	7	16,6	25	37,7	41	48	54,3	62,4	»
	1 370	»	»	»	fondu	»	»	»	»	»
Ph .	1 000	6,6	15,4	25	36,4	49,8	74	80	»	»
	1 270	»	41,7	52,2	63	77	91,2	103	»	»
	1 370	»	45,8	53,8	61,2	68,2	75,3	82	87,5	»
Ph_2.	1 000	7,8	17,4	28	42	56,7	77,3	82,1	»	»
	1 270	»	»	»	»	fondu	»	»	»	»
	1 370	»	»	»	»	fondu	»	»	»	»

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les compositions, que nous avons données précédemment relatives aux

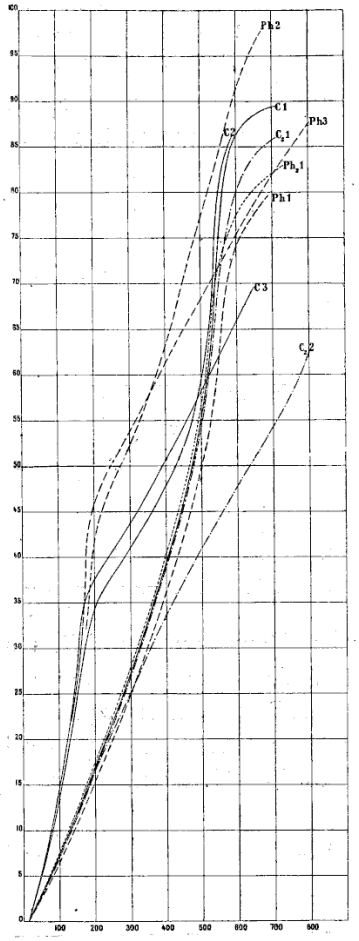


Fig. 11.

C —1	Argile	30	1 000
C —2	Sable	65	1 270
C —3	Chaux	5	1 370
C_2 —1	Argile	30	1 000
C_2 —2	Sable	65	1 270
C_2 —3	Chaux	15	1 370
Ph —1	Argile	30	1 000
Ph —2	Sable	60	1 270
Ph —3	Os calcinés	10	1 370
Ph_2 —1	Argile	30	1 000
Ph_2 —2	Sable	40	1 270
Ph_2 —3	Os calcinés	30	1 370

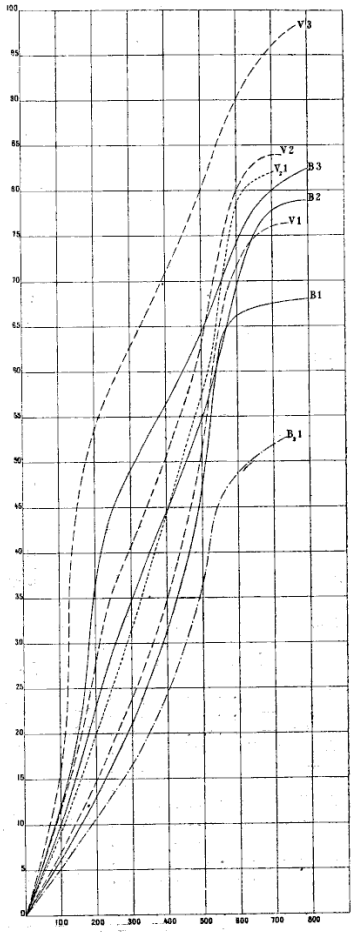


Fig. 12.

B —1	Argile	30	1 000
B —2	Sable	60	1 270
B —3	Feldspath	10	1 370
B_2 —1	Argile	30	1 000
	Sable	40	
	Feldspath	30	
V —1	Argile	30	1 000
V —2	Sable	60	1 270
V —3	Verre de Stass	10	1 370
V_2 —1	Argile	30	1 000
	Sable	40	
	Verre de Stass	30	

mélanges C et Ph, ont été préparées de telle sorte que la chaux y soit en même proportion dans chaque baguette correspondante. Si l'acide phosphorique

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

n'avait aucun rôle prépondérant, il est clair que nous devrions avoir dans le mélange Ph des dilatations plus faibles que dans les mélanges C, puisque dans ce dernier mélange la proportion de sable est plus grande. Au lieu de ce fait, nous constatons à 1 270° et à 1 370° une augmentation notable de dilatation. Nous ne pouvons, certes, attribuer cette augmentation qu'à l'acide phosphorique contenu dans la pâte.

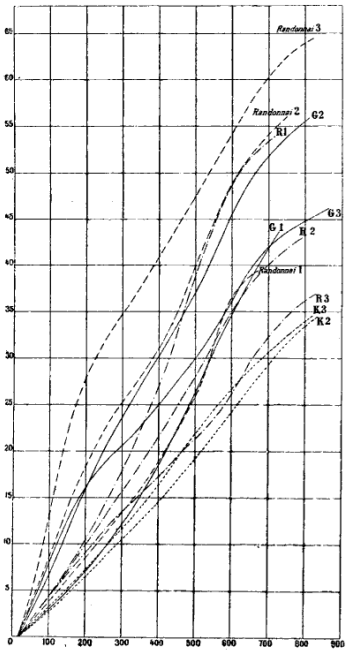


Fig. 13.

Randonnai 1	(Argile)	1000
— 2	—	1270
— 3	—	1370
R—1	Argile de Rambervillers	1000
R—2	— —	1270
R—3	— —	1370
G_1	Argile de Gatines	1000
G_2	— —	1270
G_3	— —	1370
K_2	Kaolin	1270
K_3	—	1370

Rôle du verre. — Nous avons enfin étudié des mélanges dans lesquels l'élément fondant était un verre alcalin, le verre de Stass.

COMPOSITIONS.	V.	V_2.
Argile de Mussidan .	30	30
Sable de Nemours . .	60	40
Verre de Stass. . . .	10	30

Nous avons obtenu pour ces différents mélanges des dilatations que nous allons comparer aux mélanges B et B_2, dans lesquels l'argile et le sable sont dans les mêmes proportions. Nous aurons ainsi le rôle du verre par rapport au feldspath.

Dilatations absolues des mélanges comparés.

	CUISSON.	100	200	300	400	500	600	700	800
B.	1 000	5,4	12,2	20,2	29,9	46,»	66,2	67,6	68,3
	1 270	9,4	21,6	34 »	43,5	54,»	69 »	78 »	79 »
	1 370	10,4	32 »	48,6	55,6	63,6	74,4	80 »	82,8
B_2.	1 000	4,6	10 »	15,6	23,4	35,2	48,4	51,8	»
V.	1 000	7	14,8	23,8	35 »	51,2	71,7	76 «	»
	1 270	11,8	27,8	40,7	50,6	63 »	80 »	83,9	»
	1 370	15,6	53,4	62,7	70,8	80, »	90 »	96 »	»
V_2.	1 000	9,2	19,9	31,5	44.2	57,4	78,3	82 »	»
	1 270	fondu.	»	»	»	»	»	»	»

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L'examen des courbes réunies sur la figure n° 12 nous montre que le verre de Stass a pour effet immédiat de rendre plus dilatables que le feldspath les pâtes dans la composition desquelles il entre. Ce phénomène s'accentue beaucoup pour le mélange V_2 cuit à 1 000°, en raison de l'augmentation de la proportion de verre sur le mélange B_2. Nous n'avons pas étudié le mélange V_2 cuit à 1 270° et 1 370° ; le mélange fondait à cette température.

ÉLÉMENTS.	KAOLIN.	ARGILE des Gatines.	ARGILE de Rambervillers.	ARGILE de Randonnai.
SiO^2	47,07	64,17	65,94	62,32
TiO^2	»	0,82	traces.	1,52
Al^2O^3	38,40	20,56	20,13	25,20
Fe^2O^3	»	1,00	1,76	
CaO	0,32	0,23	0,44	0,06
MgO	0,02	»	0,77	0,05
K^2O	0,32	1,82	2,88	1,24
Na^2O	0,12	0,32	0,49	0,46
Perte au rouge	13,81	6,44	5,06	7,66
Humidité	»	4,42	2,92	1,26
CuO	»	»	»	0,12
Total	100,07	99,78	100,39	99,89

Tableau de la dilatation des argiles.

NATURE.	CUISSON.	100	200	300	400	500	600	700	800
Mica	1 270	8,4	19	32,8	47	62,7	74	83	93,4
Kaolin	1 000	»	»	»	»	»	»	»	»
Id.	1 270	2,8	6,7	10,6	14,6	19	24	27,2	33,5
Id.	1 370	3,3	7,4	11,8	16,7	21,6	26,8	31,8	34
Argile de Gatines	1 000	3	7	12	18	26	35	42	»
Id.	1 270	7,8	16	24	30	37	45	52	55,4
Id.	1 370	8	16	20,5	25	30	36	42	45
Argile de Rambervillers	1 000	4,5	10,6	18	27	39	49	53,4	»
Id.	1 270	4,5	9	16	21,5	28	35	40	43
Id.	1 370	4,5	9	13	17,5	21,5	26	32	41,5
Argile de Randonnai.	1 000	4	8	13	19	26	37	40	»
Id.	1 270	8,6	18	25	31	40	49	54	57
Id.	1 370	13	28	35	41	47,5	14,5	60	64
Argile de Mussidan	1 000	4	8	12,5	17	22	28	33,5	39
Id.	1 270	8	16	22	29	36	43	50	55
Id.	1 370	9	17,5	24	30	35,5	40,5	46	50,5

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Dilatations de quelques argiles naturelles. — Dans la figure n° 13, nous avons réuni les courbes de dilatation de quelques argiles naturelles dont les compositions précèdent ainsi que celle du mica blanc.

VI

CONCLUSION

La conclusion la plus importante qui ressort de ce travail est relative aux rôles des différentes variétés de silice dans la dilatation des pâtes céramiques. Avant de résumer les résultats obtenus, rappelons en quelques mots les résultats des recherches de M. H. Le Chatelier sur la dilatation de la silice pure. Elles ont montré qu'il existait au moins quatre variétés de silice présentant des dilatations très différentes, et le plus souvent très irrégulières.

Le quartz présente une dilatation croissant régulièrement, mais de plus en plus rapidement jusqu'à 570°; à cette température, il éprouve un changement d'état brusque accompagné d'une augmentation notable de ses dimensions; au-dessus de cette température et au moins jusqu'à 1100°, la dilatation devient négative, le quartz se contracte lentement et d'une façon continue. Tous ces changements sont réversibles; à une même température, les dimensions sont les mêmes à l'échauffement et au refroidissement.

La tridymite, autre variété également bien définie de la silice, présente aux basses températures une dilatation beaucoup plus forte que celle du quartz, mais qui décroît à mesure que la température s'élève, et finit par s'annuler vers 800°; à cette température, la dilatation a sa valeur maxima, il y a ensuite pour la température supérieure une légère contraction, comme cela avait lieu pour le quartz, au-dessus de 570°.

Toutes les variétés de silice calcinées à la température des fours à acier, soit 1600°, au contact d'une petite quantité de fondants, 2 à 3 p. 100 de chaux ou alcalis, arrivent à un état stable qui doit être celui de la silice amorphe. En tout cas, la dilatation varie régulièrement avec la température, et reste toujours très faible; elle présente certaines analogies avec celle des verres, dont cette silice serait la limite extrême.

Il existe enfin une quatrième variété de silice qui n'a pu être rattachée jusqu'ici d'une façon certaine à aucune des formes cristallisées et connues de la silice; peut-être est-ce la christobalite, variété très rare dans la nature et qui a été découverte par Mallard. Elle a été obtenue en chauffant au-dessus de 1000° une variété quelconque de la calcédoine (silex, agate, bois fossile). Elle est caractérisée par une dilatation toute spéciale; elle éprouve vers 200° une augmen-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tation brusque qui se traduit par un allongement d'environ 1 p. 100. Au-dessus de cette température, la dilatation continue à croître, mais très lentement.

La calcédoine naturelle forme une cinquième variété de silice, mais il n'y a pas lieu de s'en préoccuper dans les études de céramique parce qu'elle est toujours transformée par la chaleur pendant la cuisson. Au-dessous de 570° sa dilatation est sensiblement identique à celle du quartz. Au-dessus de cette température elle commence à se transformer, en éprouvant un gonflement considérable qui persiste après refroidissement. Ce n'est pas alors un phénomène réversible, une véritable dilatation.

Le tableau graphique ci-contre, emprunté à une publication antérieure de M. H. Le Chatelier, résume l'ensemble de ces données :

Reprenons maintenant les résultats obtenus dans nos recherches personnelles. Nous avons reconnu que l'addition de sable quartzeux à une argile augmentait sa dilatation d'autant plus que la proportion en était plus élevée. Si l'on n'envisage d'abord que les produits cuits à 1 000°, ceux qui sont riches en quartz ont une dilatation très analogue à celle du quartz pur. La forme de la courbe est la même. Accroissement rapide de la dilatation vers 500°; absence d'accroissement et même contraction au-dessus de 600°. En valeur absolue, les dilatations sont moindres que pour le quartz pur en raison de la dilatation moindre de l'argile qui enrobe le sable et s'oppose à sa libre dilatation. Il en résulte des tensions inégales qui déplacent les

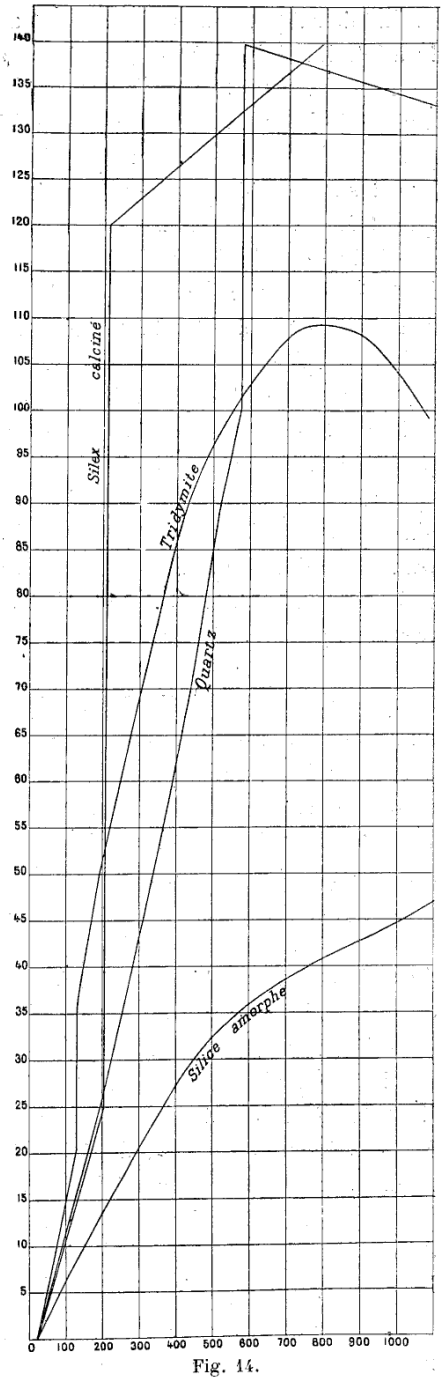


Fig. 14.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

grains de sable les uns par rapport aux autres, de telle sorte qu'une partie de la dilatation doit se faire aux dépens de la porosité qui doit diminuer.

Nous avons reconnu d'autre part que l'addition de silex calciné à une argile augmente beaucoup plus encore la dilatation que ne le fait le quartz. La majeure partie de la dilatation se produit entre 200° et 300°. Ceci est bien d'accord avec les propriétés du silex calciné qui, à 200°, éprouve un accroissement brusque et énorme de dimensions.

Enfin le sable de Decize, riche en alcalis, présente une dilatation décroissant régulièrement à mesure que la température de cuisson s'élève. Son quartz, sous l'influence des fondants, se transforme progressivement et directement en silice amorphe.

Tous ces résultats pouvaient en quelque sorte être prévus *a priori*. Mais ce qui était tout à fait imprévu et ce qui semble devoir présenter une réelle importance pratique, c'est que le sable quartzeux peut, dans certaines conditions, éprouver la même transformation que la calcédoine calcinée et occasionner ainsi des accroissements énormes de dilatation avec l'anomalie de 200°. Cette transformation se produirait d'autant plus facilement que le quartz est plus fin et la température de cuisson plus élevée, au moins tant qu'on ne dépasse pas 1 370°. Mais cette variété de silice n'est pas stable non plus et tend à son tour à se transformer en silice amorphe d'autant plus complètement que la température est plus élevée, que les fondants sont plus abondants et la finesse du sable plus grande. Le quartz pur fond vers 1 800° en donnant la silice vitreuse amorphe; le sable quartzeux additionné de 3 p. 100 de chaux se transforme à 1 600° en silice amorphe; le sable de Decize, riche en alcalis, commence à éprouver cette transformation dès 1 200°. Enfin le sable très fin mêlé à de l'argile relativement très pure, après avoir pris une dilatation énorme par cuisson à 1 270°, recommence à présenter une dilatation moindre par la cuisson à 1 370°.

On voit donc tous les mécomptes que peut occasionner la présence inévitable du sable quartzeux dans la pâte céramique; les plus légers changements dans les conditions de composition, ou celles de cuisson, pourront amener des changements considérables et impossibles à prévoir dans la dilatation, et surtout occasionner des dilatations irrégulières avec lesquelles aucune couverte ne saurait s'accorder. C'est là l'origine de toutes les difficultés que présente la fabrication des faïences fines et des grès, dont la composition et les points de cuisson correspondent précisément à la période d'état variable de la silice quartzeuse.

Si l'on voulait éviter ces inconvénients, il faudrait accepter des restrictions dans la composition et la cuisson des pâtes céramiques qui entraîneraient d'autres inconvénients non moins graves.

On pourrait d'abord proscrire la silice libre, le sable, de la composition des pâtes céramiques. Les anciennes faïences Henri II, le Parian anglais présentent

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

des compositions semblables, mais on sait que les pâtes peu siliceuses sont beaucoup plus difficiles à couvrir d'un émail vitreux. La glaçure de la couverte disparaît dès que l'on dépasse un peu trop son point de fusion.

On pourrait s'astreindre à n'employer que des pâtes cuites de façon à obtenir leur vitrification complète, à rendre la silice totalement amorphe, c'est-à-dire à ne faire que de la porcelaine. Mais ce mode de cuisson entraîne, par suite des conditions d'encastage, des déchets de fabrication, et de la température élevée nécessaire, des dépenses considérables qui maintiendront toujours son prix de revient bien supérieur à celui de la faïence.

On pourrait au contraire limiter la cuisson à des températures peu supérieures à 1000°, de façon à éviter la transformation du quartz. On a alors des pâtes qui peuvent recevoir des couvertes très variées et même à haute dilatation, comme les émaux alcalins des statuettes égyptiennes, dont la pâte est formée de sable presque pur, et ceux d'un très grand nombre de faïences d'art moderne également très siliceuses. Mais alors pâtes et couvertes sont nécessairement tendres et par suite peu satisfaisantes pour un grand nombre d'usages.

La conséquence pratique de ces recherches sera plutôt, en montrant aux céramistes pourquoi et comment la silice est leur ennemie, de les aider à en triompher plus facilement. Dans cet ordre d'idées, le point essentiel à retenir est que le quartz non transformé par la chaleur tend à donner aux courbes de dilatation une *convexité* assez accentuée vers l'axe des températures, le quartz transformé par la chaleur une concavité très accentuée dans la même direction. Entre ces deux extrêmes, il existera le plus souvent une courbe de dilatation sensiblement rectiligne, la plus convenable pour l'application des couvertes. Elle sera obtenue par une température de cuisson appropriée, dépendant de la composition de la pâte, de la nature des fondants, de la finesse des éléments et de l'intimité de leur mélange.

OBSERVATIONS DÉDUITES DE L'ÉTUDE SUR LES DILATATIONS CÉRAMIQUES DE *M. Coupeau*

PAR **M. Georges Vogt.**

L'influence de la dilatation sur l'accord des pâtes et couvertes céramiques est restée longtemps ignorée; ce n'est qu'en 1882 que M. Seger en a établi nettement l'importance, dans une étude sur la faïencerie fine publiée dans le *Thon-Industriezeitung*.

M. Seger, dans ce travail, s'est contenté de voir empiriquement comment les couvertes appliquées sur les pâtes se comportaient après cuisson; il jugeait les différences de dilatation par le plus ou moins de finesse du réseau des tressaillures

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ou par l'importance plus ou moins grande de l'écaillage. Il reconnut ainsi : 1° que dans les pâtes la substitution du kaolin à une argile plastique en diminue le coefficient de dilatation; 2° que l'augmentation du quartz, le fait croître et cela d'autant plus que ce quartz est plus finement broyé; 3° que l'addition de feldspath abaisse le coefficient de dilatation, et enfin 4° que le coefficient augmente quand on élève la température de cuisson.

Les recherches sur les dilatations des matières céramiques, que M. Coupeau, ingénieur civil des mines, vient de présenter à la Société d'Encouragement, apportent à cette très importante question non seulement la rigueur scientifique, que l'empirisme n'avait pu lui donner, mais encore quelques faits nouveaux.

M. Coupeau s'est servi pour ses mesures d'un appareil simple et précis, qui permet de suivre les dilatations jusqu'à près de 1 000°.

Les matières plastiques naturelles, qui ont été étudiées, sont de provenances très diverses, ce sont le kaolin de Marsaguet près Saint-Yrieix, les argiles réfractaires de Mussidan (Dordogne) et de Randonnai (Orne), les argiles à grès de Rambervillers (Vosges), des Gatines près Saint-Amand (Nièvre) et enfin le sable fusible et légèrement plastique de Decize (Nièvre).

Ces matières ont, au point de vue de la dilatation, donné des résultats très différents. Si, comme le faisait Seger et le font encore la plupart des chimistes céramistes allemands, on considère comme argile proprement dite la partie des terres qui est attaquée par l'acide sulfurique, on ne se rend pas bien compte des divergences qu'on observe; mais si on admet, comme je crois l'avoir démontré (1), que la partie attaquable par l'acide sulfurique contient, outre l'argile, des quantités variables de mica qui peuvent s'élever au delà de 30 p. 100, on peut s'attendre à ce que ce corps, qui est fusible par lui-même, ait une action sur le coefficient de dilatation. Dès lors le coefficient dans les argiles variera non seulement d'après la quantité de sable et de matière soluble dans SO^4H^2 qu'elles contiennent, mais aussi d'après la quantité de mica que la partie soluble contiendra.

Le kaolin de Marsaguet étudié est une variété très pure, qui contient près de 96 p. 100 de $2SiO^2.A^2I^3O.2H^2O$. Aussi donne-t-il, cuit à 1270°, une courbe de dilatation très régulière, après cuisson à 1370°, sa dilatation est encore très régulière et un peu supérieure à ce qu'elle était après cuisson à 1270°. De toutes les argiles, c'est le kaolin qui est le moins dilatable, ce qui explique et confirme le dire de Seger que l'introduction dans une pâte de kaolin à la place d'une argile plastique diminue le coefficient de dilatation.

L'argile réfractaire de Mussidan contient 98 p. 100 de matière soluble dans

(1) *Bulletin de la Société d'Encouragement*, mai 1897.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

SO^4H^2 composée de 84,3 d'argile proprement dite et de 13,7 de mica et 2 p. 100 de sable quartzeux insoluble; cuite à 1 000° environ, elle se comporte à peu près comme le kaolin cuit à 1 270°, cependant le coefficient de dilatation est un peu plus grand. Si on cuit cette argile à 1 270°, sa dilatabilité augmente fortement, ce qui est conforme aux données de Seger; mais si on porte la cuisson de cette argile à 1 370°, on voit que son coefficient de dilatation tend à diminuer, ce qui est l'inverse de ce que Seger et les céramistes admettent.

L'action du quartz qui se trouve naturellement dans les argiles est la même que celle du quartz ajouté artificiellement : elle consiste à augmenter le coefficient de dilatation. Ainsi, si on compare les courbes de dilatation pour les mêmes températures de cuisson de l'argile de Mussidan qui contient 85,3 d'argile, 13,7 de mica et 2 de quartz avec celles de l'argile de Randonnai, composée de 48,8 d'argile, 13,7 de mica (et 1,54 de rutile) et 36 p. 100 de quartz, on voit que l'argile la plus quartzeuse a le plus fort coefficient de dilatation, et que, pour l'argile de Randonnai, ce coefficient ne tend pas à décroître quand elle est cuite à 1 370°, comme cela arrive pour l'argile de Mussidan.

Je serais enclin à attribuer le décroissement du coefficient de dilatation de l'argile de Mussidan cuite à 1 370° à la présence du mica, qui est fondu à cette température; le même phénomène ne se présente pas pour l'argile de Randonnai parce que l'action du mica fondu est contre-balancée par la forte quantité de quartz qui se trouve dans cette argile.

Quand la quantité de mica contenu dans les argiles augmente, la teneur en quartz restant à peu près la même, les coefficients de dilatation se modifient plus profondément lorsque la cuisson est faite à plus haute température. Nous avons vu que le coefficient de dilatation de l'argile de Mussidan, qui contient 13,7 de mica, croît avec la température de cuisson jusqu'à 1 270°, qu'il tend ensuite à diminuer quand on atteint 1 370°; le phénomène est encore du même sens, mais plus marqué pour l'argile des Gâtines, qui contient 30,4 de mica, 36,1 d'argile vraie et 43,5 de sable quartzeux. Cuite à 1 000°, elle se dilate comme argile de Randonnai; à 1 270° elle atteint un maximum de dilatabilité, et quand on la cuit à 1 370° son coefficient de dilatation diminue et redevient, à peu de choses près, égal à ce qu'il était à 1 000°.

L'observation de ces fortes variations dans la dilatabilité des argiles n'avait pas été faite avant les recherches de M. Coupeau.

Pour l'argile de Rambervillers, où le mica s'élève à 36,5, le reste étant formé de 23,3 d'argile pure et 40,2 de quartz, le coefficient de dilatation décroît fortement à mesure que cette argile est cuite à plus haute température; son coefficient de dilatation, qui, lorsque cette argile est cuite à 1 000°, est très supérieur à celui du kaolin, lui redevient presque égal quand elle est cuite à 1 370°.

D'après ces résultats il n'est donc plus permis d'admettre d'une façon géné-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

rale que la substitution d'une argile au kaolin dans une pâte augmentera son coefficient de dilatation. Il faut, pour se rendre compte de l'action qu'apportera cette substitution, connaître le point de cuisson du produit qu'on veut obtenir et la composition chimique de l'argile employée, en ne se contentant pas, comme le font la plupart des chimistes allemands, de prendre pour argile la partie décomposable par SO^4H^2, contenue dans une terre.

En somme, le mica qui est une matière fusible agit sur la dilatabilité des pâtes comme les feldspaths, tend à la diminuer, quand il arrive à son point de ramollissement.

En envisageant ainsi son action, on s'explique pourquoi la dilatabilité des argiles de Mussidan et des Gâtines atteint un maximum quand elles sont cuites vers 1270°; lorsque le mica fond et que son action chimique commence, la dilatation diminue. L'argile de Rambervillers, qui contient moins d'argile et plus de mica, subit plus nettement l'influence de ce dernier, et son coefficient de dilatation décroît à mesure qu'on augmente la température de cuisson.

On retrouve les mêmes phénomènes pour le sable de Decize, sable fusible qui contient environ 9 p. 100 d'argile 1,0 de chaux et 2,5 d'alcalis; il faudrait connaître la composition de ce sable en quartz, argile pure et feldspaths ou mica pour pouvoir se rendre compte pourquoi cette matière riche en silice se comporte, au point de vue de la dilatabilité, à l'inverse du sable quartzeux pur.

Il serait intéressant pour en comparer les dilatabilités d'étudier des mélanges en poids connus, répondant à des compositions chimiques déterminées de sable quartzeux et de kaolin, additionnés soit de mica soit de feldspath.

Le feldspath et le mica, qui ont par eux-mêmes un fort coefficient de dilatation, abaissent celui des pâtes dans lesquelles ils entrent, et cela d'autant plus que l'on cuit ces pâtes plus fortement; ils ont, en résumé, une action juste opposée à celle du quartz.

De ces faits, il semble qu'on puisse conclure que lorsqu'une matière fusible entre dans la composition d'une pâte et qu'on atteint son point de fusion, l'action chimique, qu'elle exerce sur les matières réfractaires avec lesquelles elle se trouve en contact, en change la nature et qu'en même temps le coefficient de dilatation diminue.

Les variations de la dilatation observées par M. H. Le Chatelier (1) pour le quartz chauffé de 0° à 1000° se retrouvent dans toutes les argiles qui contiennent des quantités notables de cette variété de silice, telles que celles de Randonnai, de Rambervillers, des Gâtines, pour lesquelles on constate d'abord un accroissement très rapide, puis vers 500° une diminution progressive du coefficient de dilatation.

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, juillet 1890.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Mais c'est surtout dans les pâtes non vitrifiables, riches en quartz, étudiées par M. Coupeau, que ces phénomènes se montrent nettement; ainsi la pâte (A) faite de 70 de sable et 30 d'argile, se dilate fortement de 350 environ à 530°, puis elle diminue rapidement de 600° à 800°, quand sa cuisson n'a été faite qu'à 1000°. Si sa cuisson a eu lieu à 1270° ou à 1370°, sa dilatation jusqu'à 530° est encore plus rapide, tellement rapide que l'appareil employé par la mesure n'a plus permis de faire d'observations au delà de cette température.

Il serait, je crois, très difficile pour des pâtes céramiques de cette nature de trouver des couvertes dont le coefficient de dilatation présenterait les mêmes variations, et par suite d'éviter les accidents qui résulteraient de ce désaccord.

Les mêmes variations de dilatabilité à diverses températures s'observent, bien que moins marquées, pour la pâte (A_2) qui ne contient plus que 30 p. 100 de sable quartzeux pour 70 d'argile. Pour cette pâte, il serait probablement facile de trouver un émail parmi les émaux alcalins, qui lui conviendrait sans crainte de tressaillures ou d'écaillage.

La substitution dans cette pâte de 10 de feldspath à 10 de quartz ne change pas le sens de ces variations de dilatation, mais elle en diminue la grandeur (pâte B). Il serait encore délicat pour cette pâte feldspathique, qui correspond à peu près à une faïence fine, d'obtenir une couverte d'un accord parfait avec la pâte. On sait du reste combien il est rare de voir des faïences fines qui n'arrivent pas tôt ou tard à tressailler. Le coefficient de dilatation de cette pâte à 10 p. 100 de feldspath croît encore, quand on élève sa température de cuisson jusqu'à 1370°.

Quand la pâte arrive à contenir 30 p. 100 de feldspath, 40 de sable et 30 d'argile, outre des phénomènes analogues à ceux que nous venons de signaler, on voit le coefficient de dilatation diminuer à mesure que la cuisson de cette pâte est faite à plus haute température; la présence d'une forte quantité de matière fusible change le sens de l'accroissement du coefficient de dilatation; ce fait qui ressort des courbes dressées par M. Coupeau, amène dans ce cas à une conclusion inverse de celle qui était admise au sujet de l'influence du degré de cuisson sur la dilatabilité des pâtes.

Le changement amené dans la dilatabilité des pâtes par le feldspath se retrouve quand on le remplace dans les compositions par d'autres matières fusibles par elles-mêmes ou qui peuvent se vitrifier avec les matières siliceuses qu'elles rencontrent, telles que le verre pilé, le phosphate de chaux des os et la craie; parmi ces pâtes, celles contenant du verre pilé, du phosphate de chaux ou de craie et cuites vers 1000 ou 1100° sont aptes à supporter des émaux de forte dilatation comme les émaux dits alcalins.

Mais c'est surtout dans les pâtes à porcelaine, riches en silice, et ne contenant qu'environ 40 p. 100 de kaolin, comme la porcelaine nouvelle de Sèvres,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

que le fait de diminution de dilatabilité, quand s'élève le point de cuisson, est bien marqué; la dilatabilité de cette pâte reste presque la même, qu'elle soit cuite à 1 000° ou à 1 270°, température qui est celle de sa cuisson normale; mais si on élève sa cuisson à 1 370°, température employée pour cuire la porcelaine dure proprement dite, son coefficient de dilatation diminue et devient presque égal à celui de cette pâte dure, dont la composition diffère cependant beaucoup de la précédente, car elle contient 65 p. 100 de kaolin pur.

Cuite ainsi à 1 370°, la pâte nouvelle de Sèvres perd toutes ses propriétés, qui la rapprochent des porcelaines orientales, c'est-à-dire celles de pouvoir porter une couverte calcaire et des émaux transparents; elle prend exactement les propriétés de la porcelaine dure, et elle s'accorde alors avec la couverte convenant à cette pâte, qui est à Sèvres, comme on le sait, la pegmatite.

J'ai vérifié par des expériences directes ces faits qui se déduisaient des mesures de M. Coupeau. De cette observation, il résulte une conclusion importante pour l'industrie porcelainière : c'est que la porcelaine de Limoges, par exemple, pourrait acquérir toutes les propriétés des porcelaines de Chine, sans rien changer à sa composition, en abaissant simplement sa température de cuisson vers 1 270° et en ne modifiant que légèrement sa couverte, si celle employée présentement n'acquérait pas à cette température un glacé suffisant.

Les mesures de M. Coupeau permettent ainsi d'expliquer un fait qui restait très obscur, c'est-à-dire la raison pour laquelle les porcelaines de Chine diffèrent tant par leurs propriétés décoratives de celles de Limoges, bien que ces deux porcelaines aient des compositions presque identiques, comme l'indiquent les deux analyses ci-dessous :

	Chine.	Limoges.
Silice	70,0	70,7
Alumine et oxyde de fer	23,5	23,4
Chaux et magnésie	0,8	1,0
Potasse et soude	6,3	4,8
	100,6	99,9

On voit d'après ces mesures nouvelles que la différence dans les propriétés de ces deux porcelaines ne dépend que de la température de cuisson, qui change profondément leurs coefficients de dilatation.

Il résulte de là que, pour préparer une pâte à porcelaine, il suffit d'introduire assez d'argile pour avoir la plasticité nécessaire au façonnage, assez de matières fusibles pour amener la transparence sans atteindre un trop grand ramollissement et la température de cuisson fait le reste pour donner à cette porcelaine telle ou telle qualité désirée.

Toutes les pâtes assez riches en matières fusibles pour se vitrifier tendent, à mesure qu'on élève leur température de cuisson, à se rapprocher du coefficient

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de dilatation de la porcelaine dure, et cela quelle que soit la matière qui amène la vitrification, que ce soit en majeure partie la chaux comme dans la pâte dure de Sèvres, ou bien exclusivement le feldspath, comme dans la pâte dite nouvelle.

Quand les pâtes ne renferment que peu de matières vitrescibles, comme celles des grès ou des faïences fines, le coefficient de dilatation augmente, quand la température de cuisson augmente; c'est ce qui résulte de l'inspection de la courbe de dilatation du grès de Sèvres.

De plus, ces pâtes pauvres en matières fusibles et riches en quartz se dilatent d'une façon fort irrégulière, présentant toutes les perturbations apportées par le quartz signalées par M. Le Chatelier; de là sans doute, le défaut, que présentent les grès, de mal supporter les fortes variations de température, de ne pas être une pâte à feu, d'après l'expression technique. Il est probable que la meilleure pâte à feu serait celle qui aurait une dilatabilité faible et régulière.

M. Coupeau n'a étudié que quelques couvertes céramiques; il ressort néanmoins de ces mesures sur des couvertes non homogènes comme la pegmatite, roche formée de 75 de feldspaths et de 25 de quartz, ou une couverte composée calcaire répondant à la formule $10\,SiO^2\,Al^2O^3$, $0{,}7\,CaO$, $0{,}3\,K^2O$ que le coefficient de dilatabilité de ces matières diminue quand on augmente leur température de cuisson.

Ainsi la pegmatite, dont le coefficient de dilatation, quand elle est fondue à 1270°, est assez notablement supérieur à celui de la pâte dure sur laquelle elle doit s'appliquer, s'en rapproche après une cuisson de 1370°. Ce fait explique pourquoi la pegmatite tressaille fortement sur la pâte dure, quand la température de cuisson n'est pas assez élevée, et pourquoi aussi cette tressaillure disparaît quand la température de cuisson atteint 1370°.

Ce phénomène, qui ne se présente pas en général pour les porcelaines du commerce, est très marqué pour celle de Sèvres; je crois qu'on ferait bien de modifier la couverte de Sèvres de façon à ne pas être tributaire d'une trop grande exactitude dans la température de cuisson pour établir un équilibre stable; car avec la pegmatite, une pièce un tant soit peu incuite peut avec le temps arriver à tressaillir; j'en connais des exemples.

L'important travail de M. Coupeau ne répond pas encore à toutes les questions que soulève le problème difficile d'amener l'accord parfait entre les pâtes et les couvertes, il élucide cependant déjà bien des points qui restaient obscurs en céramique.

En résumé ces recherches confirment d'une part, en en montrant l'importance relative, que :

1° Le quartz augmente le coefficient de dilatation, et cela d'autant plus qu'il est plus finement broyé;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

2° Que le feldspath, et en général les matières vitrescibles, le diminuent;

3° Que le coefficient de dilatation augmente, pour les pâtes non vitrifiables, avec le degré de température de cuisson.

D'autre part, elles établissent les faits nouveaux suivants :

1° Que les argiles, suivant leurs compositions, augmentent ou diminuent le coefficient de dilatation;

2° Que dans les pâtes vitrifiables, le coefficient de dilatation décroît quand la température de cuisson s'élève.

J'espère que ce travail, qui donne déjà tel qu'il est des résultats très intéressants, sera continué; car il serait utile de compléter les mesures des coefficients de dilatation, à différentes températures, des feldspaths purs, des micas, des oxydes colorants parmi les matières premières, de voir leur influence ainsi que celle des ciments de différentes grosseurs dans les pâtes, et surtout d'insister sur l'étude des coefficients de dilatation des couvertes et émaux qui n'a, pour ainsi dire, été qu'esquissée dans le présent travail de M. Coupeau.

L'étude sur les couvertes pourrait ne porter que sur celles dont la pratique a établi la bonne qualité au point de vue de la résistance aux actions physiques et chimiques; l'on sait que ces couvertes, pour les porcelaines et produits céramiques cuits à haute température, sont compris dans les formules extrêmes : 4 SiO^2 0,4 Al^2O^3, MO et 10 SiO^2, Al^2O^3, MO dans lesquelles MO peut être la potasse, la soude, la chaux, la baryte ou des mélanges de parties de molécules de ces corps; et pour les faïences fines, ces formules limites sont environ de : 2,5 SiO^2 0,1 Al^2O^3, MO et 4,5 SiO^2 0,4 Al^2O^3, MO dans lesquelles la silice peut être remplacée par une quantité d'acide borique Bo^3O^2 variant du cinquième à la moitié de la silice et MO être représenté par l'oxyde de plomb, la chaux, la baryte, l'oxyde de zinc, la soude, la potasse, ou par des mélanges de fractions de molécules formant une somme égale à un MO; et enfin pour les pâtes à grand coefficient de dilatation les émaux dits alcalins qui peuvent varier pratiquement de : 2 SiO^2, MO à 3,5 SiO^2, MO; MO désignant comme précédemment les mêmes oxydes ou leur mélange.

Pour compléter ce travail, il serait bon d'étudier aussi l'influence des oxydes colorants les plus usuels, tels que ceux de cobalt, cuivre, chrome, fer, étain, urane, etc., sur le coefficient des émaux ou couvertes colorées dans la préparation desquels ils entrent.

Les courbes de dilatation ainsi établies pour toutes les matières qui intéressent le céramiste le guideraient d'une façon certaine, et lui permettraient pour ainsi dire de donner à coup sûr à ses produits toutes les propriétés qu'il désirerait leur voir, tant au point de vue de l'usage qu'au point de vue de la décoration.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

SUR QUELQUES PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DES PATES CÉRAMIQUES, par **M. Le Chatelier**, *Membre du Conseil.*

Il m'a semblé qu'il serait intéressant d'étudier les échantillons que M. Vogt a bien voulu préparer pour les mesures de dilatation de M. Coupeau, à des points de vue plus variés, de mesurer quelques autres de leurs propriétés physiques : *retrait, porosité, coefficient d'élasticité, ténacité.* J'ai fait faire ce travail par mon fils, M. Charles Le Chatelier, et j'en publie actuellement les résultats.

Pour mesurer le *retrait*, on s'est servi d'un pied à coulisse donnant le dixième de millimètre. Dans le tableau des résultats numériques, la colonne intitulée retrait p. 100 donne le rapport de la différence entre la longueur des échantillons cuits et secs à la longueur de ces derniers.

Pour mesurer la *porosité*, on a déterminé l'augmentation de poids des échantillons maintenus dans l'eau à l'ébullition pendant une heure et refroidis dans cette eau. Le nombre inscrit dans la colonne intitulée porosité p. 100 est le rapport de la différence entre le poids de l'échantillon imbibé d'eau et desséché à l'étuve au poids de ce dernier.

Pour mesurer le *coefficient d'élasticité*, les échantillons appuyés sur deux supports distants de 100 millimètres ont été soumis en leur milieu à l'action d'une force de 1 kilogramme, et l'on a déterminé l'inclinaison relative prise par les deux extrémités de l'échantillon. Pour cela, ces deux extrémités portaient deux petits miroirs sphériques, de 1 mètre de rayon se faisant vis-à-vis. Un oculaire micrométrique permettait d'observer après double réflexion sur les miroirs l'image d'un fil éclairé par une source lumineuse. L'oculaire et le fil étaient chacun au foyer principal, c'est-à-dire à $0^m,50$ du miroir qui les regardait, mais un peu en dehors de l'axe optique du système pour que les deux miroirs ne se fissent pas mutuellement écran. Le coefficient d'élasticité donné dans le tableau numérique est suivant l'usage habituel exprimé en kilogrammes par millimètre carré.

La *ténacité* a été calculée d'après l'effort nécessaire pour rompre par flexion les échantillons appuyés sur deux supports distants de 100 millimètres et sollicités par une force appliquée au milieu de l'intervalle de ces deux points d'appui. Pour exercer cet effort, on a employé un vase se remplissant d'eau avec une vitesse constante et suspendu à l'extrémité d'un bras de levier qui transmettait une force décuple. La vitesse de mise en charge était telle que la rupture se produisait au bout d'un temps compris, suivant la résistance des pièces essayées, entre un quart de minute et deux minutes. Dans le tableau numérique, la ténacité est exprimée en kilogramme par millimètre carré.

Il n'a pas été possible d'étudier, à tous ces points de vue, chacun des

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

échantillons. Quelques-uns avaient été détruits, d'autres présentaient des défauts qui, sans s'opposer aux mesures de dilatation, rendaient d'autres mesures impossibles. Par exemple, les bulles qui se forment dans certaines pâtes ramollies par une température trop élevée, rendent illusoire toute détermination du coefficient d'élasticité. On aurait dû, en se plaçant à un point de vue semblable, supprimer toutes les mesures de porosité relatives aux échantillons très compacts, dans lesquels les vides le plus souvent complètement isolés ne peuvent être remplis d'eau. On a cependant donné les résultats obtenus dans ce cas, parce qu'un essai de porosité fait dans ces conditions est d'usage courant pour la réception des grès. Mais il ne semble pas que l'on doive accorder une confiance quelconque aux chiffres de porosité inférieurs à 5 p. 100; ils n'ont tout au plus qu'une valeur comparative.

Les résultats de ces expériences donnent lieu aux observations suivantes :

Retrait. — Le retrait est dans certains cas remplacé par un gonflement; ce phénomène se produit dans deux conditions tout à fait différentes. Soit sous la première action de la chaleur, il doit alors être attribué au début de certaines actions chimiques, combinaison de la chaux et de l'argile; vitrification commençante du feldspath ; soit sous l'action de la température la plus élevée, il résulte alors de la transformation du quartz de densité 2,6 en une quelconque des variétés de silice de densité 2,2 lesquelles sont seules stables à chaud. En tout cas, ces divers gonflements ne se produisent que dans les pâtes pauvres en argile; ils n'ont lieu que dans un intervalle limité de température, de telle sorte qu'après une cuisson complète, le résultat final est toujours un retrait.

Le retrait le plus considérable a été obtenu avec le kaolin pur, 18 p. 100. Il est assez remarquable de voir que les argiles étudiées n'ont donné qu'un retrait moitié moindre, mais il ne faudrait pas généraliser outre mesure ce résultat. Le retrait le plus faible (à la température la plus élevée de cuisson, 1 370°) a été obtenu avec la pâte Ph. renfermant 10 p. 100 de cendres d'os.

Porosité. — On pourrait à première vue penser qu'il y a une relation constante entre les changements de porosité et le retrait. Les nombres obtenus n'indiquent aucune relation semblable bien nette; c'est que la densité absolue des éléments qui entrent dans ces pâtes varie de façon très inégale. Tandis que le quartz et le feldspath prennent des densités rapidement décroissantes par des élévations de plus en plus grandes de température, l'argile et les silicates de chaux doivent éprouver des changements inverses. Or, la porosité est à la fois fonction du retrait et de la densité des éléments constitutifs de la pâte.

Coefficient d'élasticité. — Les résultats des expériences montrent d'une façon très nette que le coefficient d'élasticité de la pâte est à la fois fonction de la compacité de la pâte, ce qui est évident *a priori* et de sa teneur en alumine. Cela ressort très nettement de la comparaison des trois porcelaines dure nouvelle et

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

MARQUE.	COMPOSITION des PATES.	TEMPÉRATURE de CUISSON.	RETRAIT.	POROSITÉ.	C. D'ÉLASTICITÉ.	TÉNACITÉ.
			p. 100	p. 100		
P D	Porcelaine dure de Sèvres. . .	1 000	0,1	23,5	680	1,1
		1 270	»	4,8	»	»
		1 370	8	0,0	7 100	6
P N	Porcelaine nouvelle	1 000	0,1	16,5	452	0,8
		1 270	8,2	0,0	6 700	3,2
		1 370	6	0,0	6 500	5,4
P T	Porcelaine tendre de Sèvres. .	1 100	7	2,2	4 970	3,2
		1 270	5,7	0,2	»	2,8
Grès	Grès de Sèvres.	1 000	0,3	18	550	0,8
		1 270	7,2	4,5	2 500	3,1
		1 370	6	1,7	»	3,1
	Faïence fine	1 270	»	»	3 700	3,1
		1 370	»	»	»	2,9
D	Sable de Decize.	1 270	6,5	9,7	2 160	2,1
		1 370	8,1	1,1	»	1,4
K	Kaolin	1 270	13,5	16	2 750	2,1
		1 370	18	1	2 900	1,9
M	Argile de Mussidan.	1 000	4	6,3	2 600	2.9
		1 270	7,5	1,2	6 300	4,4
		1 370	10,5	1,2	»	5
Rand.	Argile de Randonnai.	1 000	3,2	20,5	500	0,8
		1 270	7	5,7	3 900	4,3
		1 370	8,7	»	5 300	4,7
G	Argile de Gatines.	1 000	»	16,5	1 000	»
		1 270	7,8	1,7	2 900	3,1
		1 370	6,4	1,5	3 000	2,8
R	Argile de Rambervillers. . . .	1 000	»	9,3	2 640	1,6
		1 270	6,7	»	»	1,9
		1 370	11	»	»	»
	Mica	1 270	»	0,1	7 000	4,9
A	Argile de Mussidan. . . . 30	1 000	0,0	17,3	»	»
	Sable Quartz. 70	1 270	0,6	14,5	2 100	2,2
A_2	Argile de Mussidan. . . . 70	1 000	1,7	18,1	940	1,4
	Sable Quartz. 30	1 270	6	14,8	4 220	4,1
		1 370	7,7	2,6	4 700	3,5
B	Argile 30	1 000	— 1,7	16,1	380	0,7
	Sable. 60	1 270	4,2	4,3	3 370	2
	Feldspath 10					
B_2	Argile 30	1 000	0,2	13,6	725	1,1
	Sable. 40	1 270	4,1	4,8	3 600	2,3
	Feldspath 30	1 370	4	»	5 600	2,2
C	Argile 30	1 000	0,4	7,6	1 400	1,6
	Sable. 65	1 270	— 1,7	6,4	1 760	1,8
	Chaux (CaO) 5	1 370	4,5	»	1 690	4,4
C_2	Argile 30	1 000	1,7	17,8	2 350	2,7
	Sable. 55	1 270	7,3	1,6	1 930	2,2
	Chaux (CaO) 15					
Ph	Argile 30	1 000	0,5	»	»	»
	Sable. 60	1 270	0,1	4,6	2 000	1,5
	Cendres d'os 10	1 370	3,2	1,2	2 050	1,9
Ph_2	Argile 30	1 000	1.2	16	1 400	1,7
	Sable. 40	1 270	7,7	2,8	3 500	3
	Cendres d'os 30					
V	Argile 30	1 000	— 0,7	2,5	415	0,5
	Sable. 60	1 270	5,7	2,9	1 500	3,7
	Verre de Strass. 10	1 370	6,3	1,7	2 800	4,2
V_2	Argile 30					
	Sable. 40	1 000	2,4	4,1	»	3
	Verre de Strass. 30					

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tendre de Sèvres dont l'état est tout à fait comparable, et des résultats obtenus avec l'argile de Mussidan et le mica. La valeur la plus élevée observée a été de 7 000 kilogrammes pour la porcelaine dure de Sèvres et le mica; un peu plus faible mais encore supérieure à 6 000 pour la porcelaine nouvelle et l'argile de Mussidan. Comme terme de comparaison on rappellera que le coefficient d'élasticité de la glace de Saint-Gobain est compris entre 6 500 et 7 000. Au point de vue de la dureté, de la résistance à la rupture, sous l'action de la chaleur, les pâtes alumineuses doivent donc être les plus avantageuses.

On a obtenu par contre le coefficient d'élasticité le plus faible avec les pâtes calcaires. Le mélange à 5 p. 100 de chaux qui, après cuisson à 1 370° est aussi compact que la porcelaine, a présenté un coefficient d'élasticité de 1 700 kilogrammes seulement, soit le quart de celui de la porcelaine. De semblables pâtes présenteraient sans doute une résistance au choc considérable, mais elles résisteraient mal à l'action de la chaleur à cause de leur dilatation considérable et irrégulière.

On remarquera que le mélange B_2 qui correspond à une véritable porcelaine donne un coefficient d'élasticité notablement inférieur à celui des porcelaines. Ce fait tient à l'insuffisance de l'homogénéité des pâtes; celles-ci préparées à la main sur une centaine de grammes de matières au plus se trouvaient, au point de vue des qualités mécaniques, dans des conditions bien inférieures à celles des produits industriels homogénéisés en masse par des procédés mécaniques. Ce défaut d'homogénéité s'est manifesté d'une façon particulièrement nette sur la cassure de ces pâtes feldspathiques.

Ténacité. — La ténacité la plus élevée obtenue avec la porcelaine dure de Sèvres a été de 6 kilogrammes, c'est-à-dire tout à fait comparable à celle des verres. Il n'y a pas de proportionnalité entre le coefficient d'élasticité et la ténacité. Les mélanges C et V, qui ont donné des ténacités supérieures à 4, c'est-à-dire aux deux tiers de celle de la porcelaine, n'ont cependant qu'un coefficient d'élasticité compris entre le quart et la moitié de celui de la porcelaine. Le degré d'homogénéité de la pâte paraît influer sur la ténacité plus encore que sur le coefficient d'élasticité, cela se comprend facilement, car il suffit qu'une fente s'annonce dans une zone plus faible pour entraîner la rupture totale.

En rapprochant les propriétés, étudiées ici, de la température de cuisson, on voit sans peine que leur variation la plus rapide se produit dans un intervalle assez restreint de température. Au-dessous les pâtes restent poreuses et friables, au-dessus elles ont atteint toute la compacité et la résistance qu'elles comportent. C'est dans cette zone de température que doivent être arrêtées les cuissons industrielles; au début pour les terres cuites, à moitié pour les faïences et vers la fin pour les porcelaines. Si l'on s'en tenait aux propriétés mécaniques, il n'y aurait dans aucun cas intérêt à pousser la cuisson jusqu'à

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

cette limite extrême qu'il est toujours dangereux d'approcher à cause du ramollissement des pièces qui rend possible leur déformation ainsi que la production de bulles dans la pâte. On n'est conduit à le faire que dans les cas où la translucidité de la pâte et son absence complète de porosité présentent une importance particulière.

Conclusion. — On peut se demander si des différentes pâtes étudiées et non industrielles, il y en aurait qui par leurs propriétés semblent pouvoir présenter quelque intérêt pratique.

Deux de ces pâtes présentent un bel aspect qui pourrait les rapprocher des porcelaines : ce sont les pâtes C (CaO = 5 p. 100) et V (Verre = 10 p. 100) cuites à 1 370°. Leur faible coefficient d'élasticité et leur ténacité relativement élevée doivent leur assurer une grande résistance au choc. Malheureusement, leur dilatation anormale les rend impropres à recevoir une couverte. La pâte C en particulier présente une très jolie cassure translucide et cristalline, elle prend spontanément un léger vernissage superficiel.

La pâte V cuite à 1 270° qui est encore poreuse, mais possède déjà des qualités mécaniques intéressantes, possède en outre une dilatation très régulière et élevée qui lui permettrait sans doute de recevoir des émaux alcalins à haute dilatation.

En somme, les résultats obtenus sont plutôt intéressants par les indications qu'ils donnent sur l'orientation à suivre dans de nouvelles recherches sur les pâtes céramiques. Il y aurait lieu de se préoccuper en premier lieu d'étudier les pâtes très alumineuses exemptes de sable quartzeux dont les propriétés mécaniques semblent particulièrement remarquables. Il y aurait en second lieu intérêt à définir avec précision les conditions nécessaires à la vitrification de la silice dans les porcelaines, à chercher si, comme cela semble résulter de différents faits, les alcalis proprement dits sont seuls capables de produire cette vitrification, à l'exception des autres fondants. Le champ des études à poursuivre sur les pâtes à porcelaine serait alors considérablement resserré.

SUR LE RETRAIT DES PATES CÉRAMIQUES, par **Hecht.** [*Thonindustrie Zeitung*, t. XXI (1897), p. 738.]

Au cours de recherches sur l'accord des pâtes et couvertes céramiques, le Dr Hecht a incidemment déterminé le retrait que prennent différents mélanges de kaolin, sable quartzeux et feldspath cuits à la température de fusion des montres de Seger, 09, et 10, soit 970°, *id.* 1 330°. Le tableau numérique publié par l'auteur paraît à première vue très confus; il ne semble en découler aucun fait saillant. Il en est tout au-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

trement quand on groupe ces résultats graphiquement, en employant le procédé bien connu du diagramme triangulaire. On peut sur un plan représenter la composition d'un mélange ternaire au moyen d'un point pris à l'intérieur d'un triangle équilatéral ; les distances de ce point aux trois côtés du triangle ont une somme égale à la hauteur de ce triangle. Si donc on convient que cette hauteur représente 100 unités, les trois distances du point aux côtés du triangle représenteront trois grandeurs dont la somme sera égale à 100. Tout mélange ternaire pourra donc être représenté par un point convenablement choisi dans l'intérieur du triangle. Si maintenant en chaque

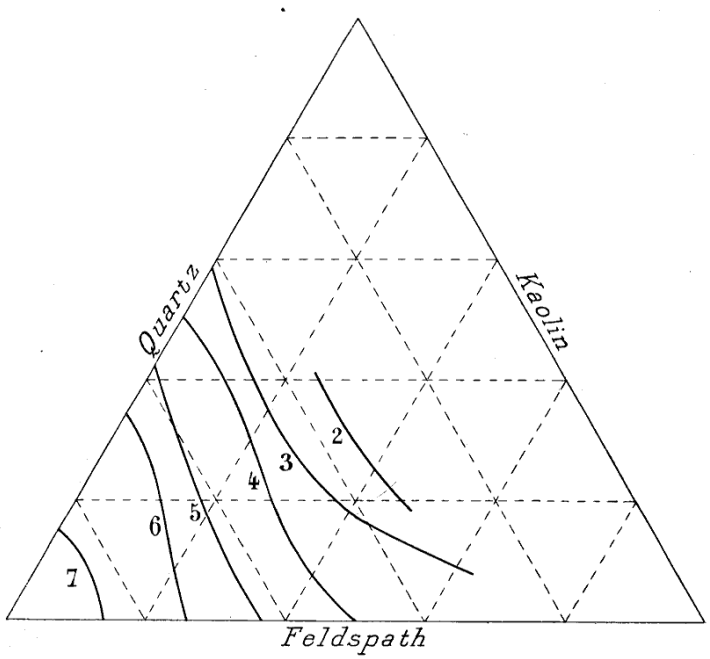


Fig. 1.

point on élève une perpendiculaire représentant telle ou telle propriété du mélange correspondant, le retrait dans le cas actuel, les extrémités de ces perpendiculaires seront placées sur une surface représentative du phénomène étudié. La projection sur le plan du triangle des lignes de niveau de cette surface donneront une figure qui constitue ce que l'on appelle un *diagramme triangulaire*.

Dans les deux diagrammes suivants, les distances aux trois côtés du triangle représentent les proportions centésimales de kaolin, quartz et feldspath. Les nombres inscrits à côté des lignes de niveau indiquent le retrait pour une longueur initiale égale à 100. Les lignes pointillées parallèles aux côtés du triangle correspondent aux proportions 20, 40, 60, 80 p. 100 de chaque corps.

A la température de 970° (fig. 1), les courbes sont sensiblement parallèles au côté du triangle à partir duquel sont comptées les quantités de kaolin, c'est-à-dire que

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

le quartz et le feldspath jouent le même rôle; le retrait est d'autant plus grand que la proportion de kaolin dans le mélange est plus grande.

A la température de 1330° (fig. 2), les choses se passent tout différemment; le

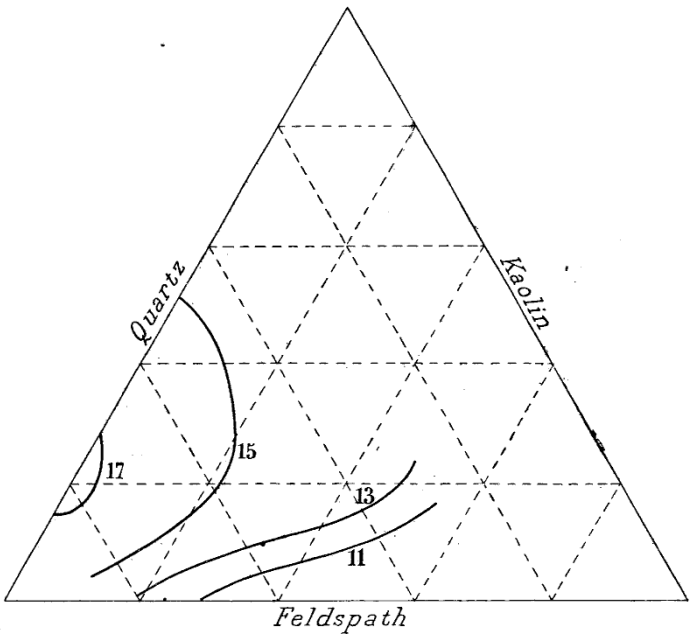


Fig. 2.

maximum de retrait a lieu pour le mélange 20 feldspath et 80 kaolin, et les courbes d'égal retrait sont concentriques autour de ce point.

C. L. C.

SUR L'ACCORD DES PATES ET COUVERTES CÉRAMIQUES, par le Dr **Hecht**
[*Thonindustrie Zeitung*, t. XXI (1897), p. 738].

Ces expériences ont porté sur les pâtes céramiques que l'on peut obtenir par le mélange en proportions aussi variées que possible des trois éléments : kaolin, feldspath et quartz, cuits à deux températures (1) : 1330 et 1450° pour les couvertes de porcelaine, 1250° et 1330° pour les couvertes de faïence. Ces deux dernières températures

(1) Ces températures sont évaluées d'après l'échelle des montres de Seger aujourd'hui adoptée en Allemagne à la suite d'une graduation faite en employant le pyromètre électrique de M. H. Le Chatelier. Cette graduation attribue à la montre 14 la température de 1410°. Une comparaison analogue faite à la manufacture de Sèvres par MM. H. Le Chatelier et G. Vogt conduirait pour cette même montre à la température de 1370°.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

comprennent entre elles la température considérée comme étant le point de fusion normal du feldspath, soit 1 280°. En réalité, ce corps n'a pas un point de fusion précis, et commence déjà à se ramollir au-dessous de 1 200°. Sur ces pâtes ainsi composées et cuites aux températures indiquées, le Dr Hecht a appliqué cinq couvertes diffé-

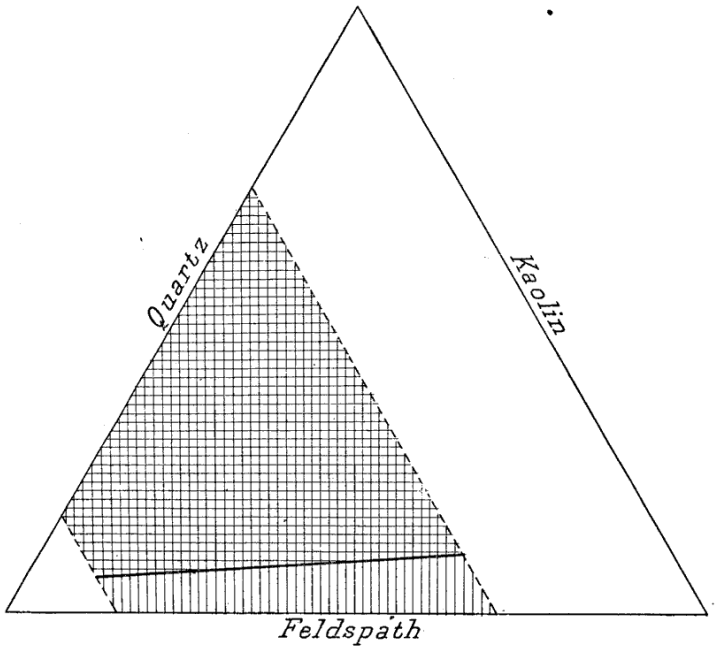


Fig. 3. — Couverte de porcelaine. Cuisson à 1 450°.

rentes : deux de porcelaine et trois de faïence, qui peuvent passer à juste raison pour avoir des dilatations très différentes.

Couverte de porcelaine n° 1. — Couverte normale de porcelaine dure (fig. 3).

10 SiO^2. 1 Al^2O^3 (0,3 K^2O, 0,7 CaO).

Couverte de porcelaine n° 2. — Couverte de la porcelaine de Seger, imitant la porcelaine du Japon (fig. 4).

4 SiO^3. 0,5 Al^2O^3 (0,3 K^2O. 0,7 CaO).

Couverte de faïence n° 1. — Couverte de Seger (fig. 5 et 6).

4 SiO^2 (0,5 Al^2O^3. 1 Bo^2O^3) (0,3 K^2O. 0,7 CaO).

Couverte de faïence n° 2. — Couverte plombifère (fig. 7 et 8).

2,1 SiO^2 (0,2 Al^2O^3, 0,4 Bo^2O^3) (0,1 K^2O. 0,3 CaO. 0,6 PbO).

Couverte de faïence n° 3. — Couverte barytique (fig. 9 et 10).

2,4 SiO^2 (0,1 Al^2O^3, 0,6 Bo^2O^3) (0,25 K^2O. 0,25 Na^2O, 0,25 CaO. 0,25 BaO).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

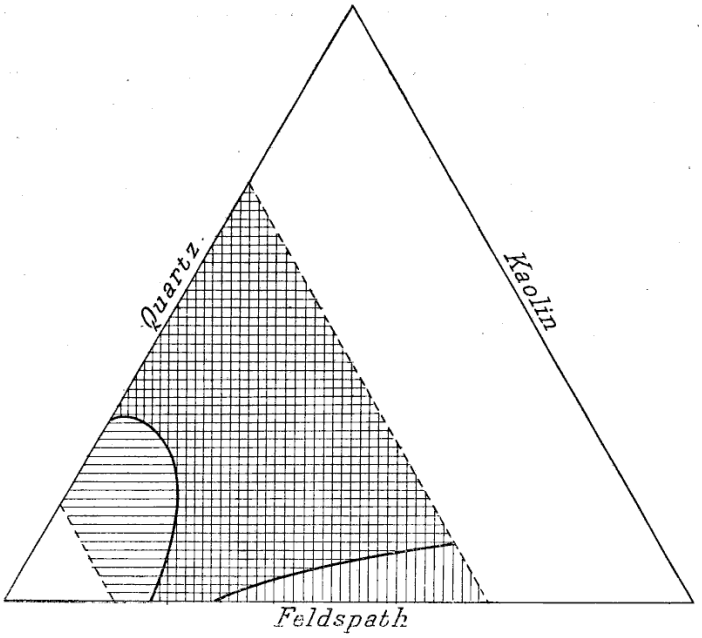


Fig. 4. — Couverte de porcelaine n° 1. Cuisson à 1 330°.

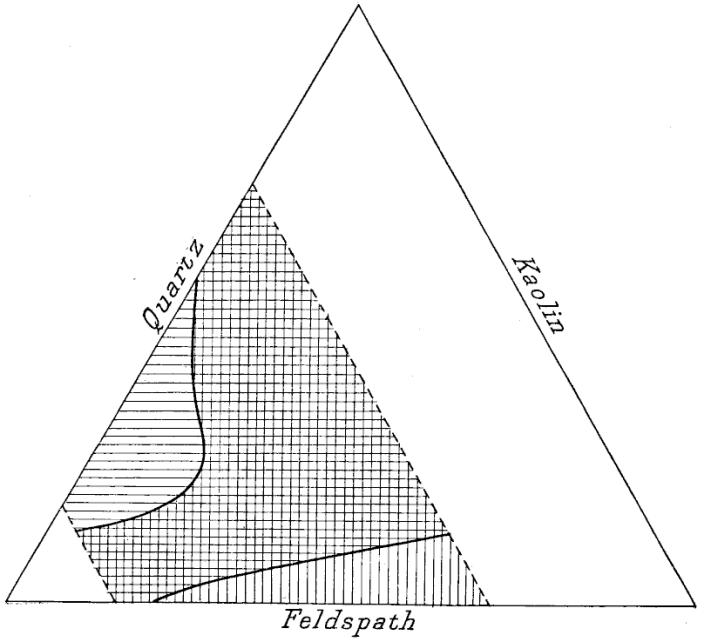


Fig. 5. — Couverte de faïence n° 1. Cuisson à 1 330°.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les couvertes de porcelaine ont été appliquées sur les pâtes par une cuisson faite à la température de 1 330° pour la couverte de Seger de 1 450° pour la couverte de porcelaine dure. Chacune de ces températures a été en même temps la température la plus élevée supportée par chacune des pâtes. Les couvertes de faïence ont été appliquées par une cuisson à 950° sur des pâtes cuites soit à 1 330, soit à 1 250° (montres 10 et 6 de Seger). Après refroidissement, on a noté l'état de la couverte, malheureusement cette observation ne semble pas avoir été faite avec toute la précision désirable. La distinction essentielle entre la tressaillure et l'écaillage n'a pas été faite le plus souvent. On peut cependant, par la discussion des résultats, en les rapprochant de ceux obtenus par M. Coupeau, arriver à combler cette lacune d'une façon à peu près cer-

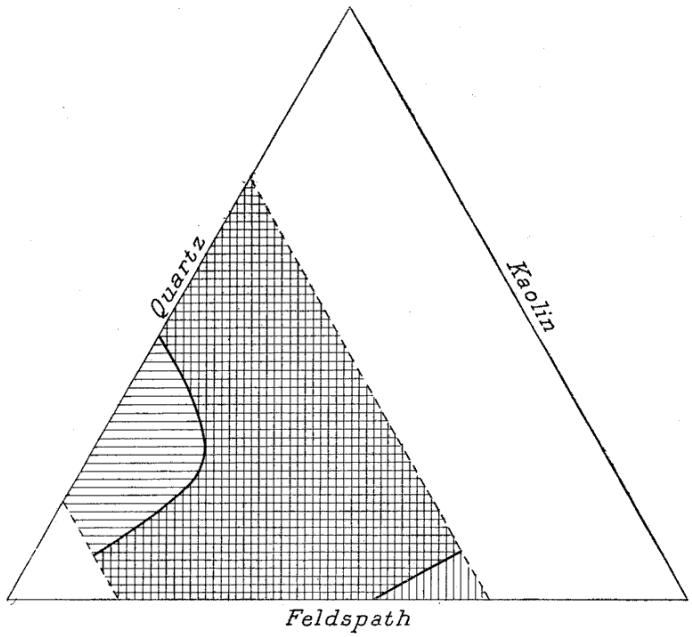


Fig. 6. — Couverte de faïence n° 1. Cuisson à 1 250°.

taine. Le tableau qui résume les résultats de ces expériences très nombreuses semble à première vue très confus, plus encore que celui des expériences de retrait. L'emploi du diagramme triangulaire, dont le principe a été rappelé dans l'extrait précédent, permet de classer tous ces résultats d'une façon très claire. Dans les figures suivantes, chaque diagramme se rapporte à une température de cuisson des pâtes et à une couverte qui sont indiquées à côté du triangle. Les compositions de pâtes étudiées ont été au nombre de vingt-cinq. Chaque triangle résume donc vingt-cinq observations distinctes. Les signes conventionnels employés pour représenter les résultats sont les suivants :

Régions blanches.	Pas d'expériences.
Hachures horizontales.	Tressaillure.
Hachures verticales.	Écaillage.
Hachures croisées.	La couverte tient sans accident.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

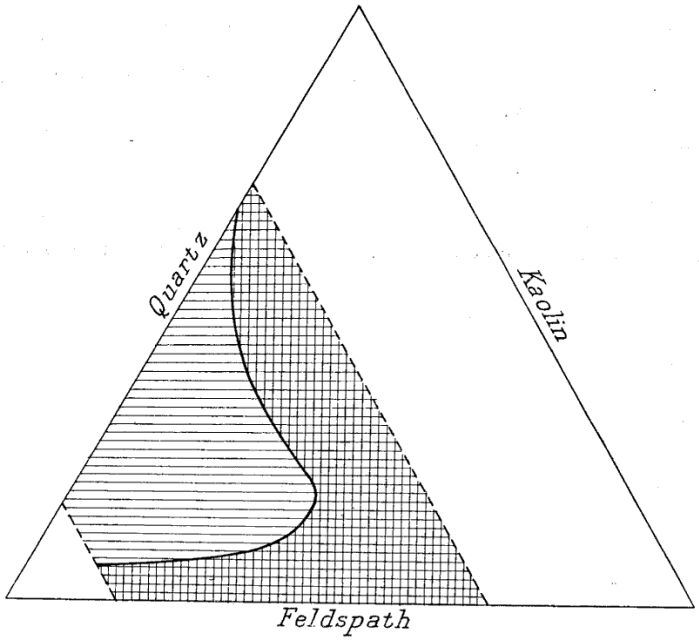


Fig. 7. — Couverte de faïence n° 2. Cuisson à 1 330°.

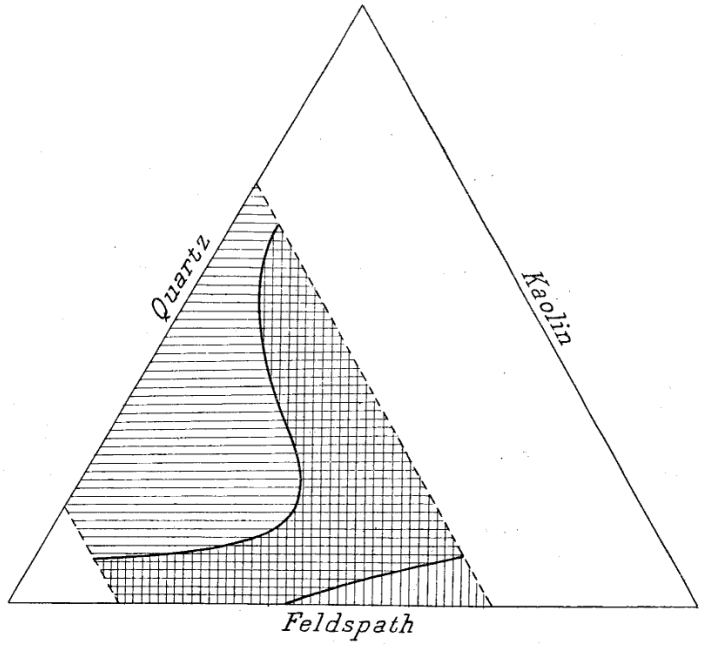


Fig. 8. — Couverte de faïence n° 2. Cuisson à 1 250°.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les dessins sont faits à l'échelle; on peut donc, par des mesures, restituer les résultats numériques exacts.

La plupart de ces triangles présentent les trois régions de la tressaillure, l'écaillage et l'absence d'accident. Le maximum de tressaillure, qui correspond au minimum de dilatation de la pâte, s'observe pour la composition ne renfermant pas de quartz, et environ 20 de feldspath pour 80 de kaolin, c'est-à-dire pour celle qui présente, comme on l'a vu précédemment, le maximum de retrait. Le maximum d'écaillage

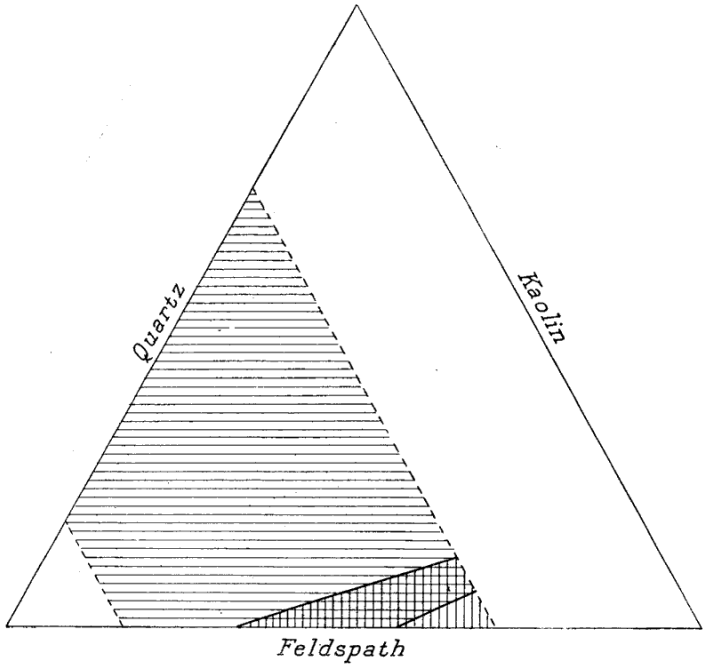


Fig. 9. — Couverte de faïence n° 3. Cuisson à 1 330°.

a lieu pour les mélanges complètement exempts de feldspath et les plus riches en quartz.

Si l'on compare les résultats relatifs aux différentes couvertes, en les prenant dans l'ordre où elles ont été rangées plus haut, on voit la zone de tressaillure augmenter de plus en plus, jusqu'à couvrir la surface du triangle, ce qui prouve que ces couvertes ont bien ainsi été rangées dans l'ordre de leur dilatation croissante.

La comparaison des pâtes cuites à 1 250° et 1 330° montre que cette différence de 80° suffit pour accroître considérablement l'écaillage des mélanges exempts de feldspath; la tressaillure est au contraire peu modifiée.

Des expériences ont également été faites par le Dr Hecht sur des pâtes semblables aux précédentes, dans lesquelles le kaolin avait été remplacé par de l'argile.

Les résultats ont été tout à fait semblables, presque identiques. Les écarts observés

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

peuvent être expliqués et au delà par les impuretés, bases terreuses et alcalines que

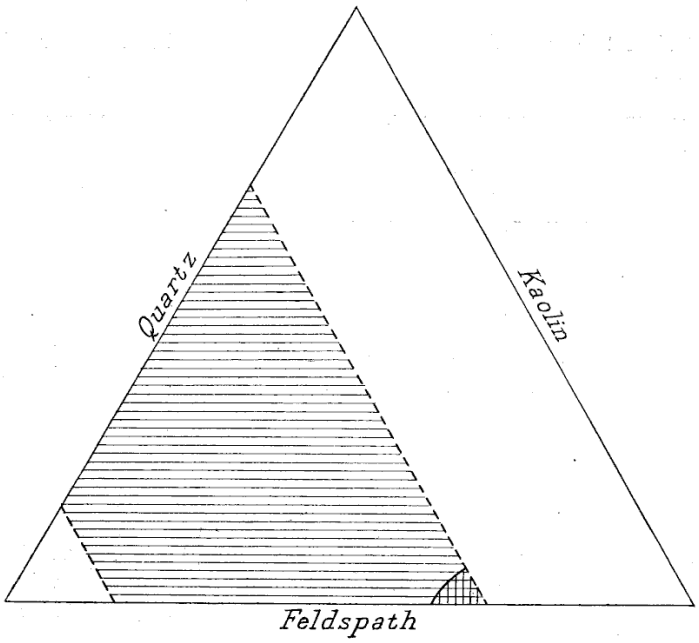


Fig. 10. — Couverte de faïence n° 3. Cuisson à 1 250°.

l'argile renfermait en beaucoup plus forte proportion que le kaolin, 4,5 p. 100 au lieu de 1,9, et dont la présence a pour effet de hâter la vitrification de la silice.

VERRE ROUGE. (*Spreehsall*, t. XXXI, p. 456, 1898.)

En dehors des verres rouges à l'or et au cuivre, on peut obtenir une coloration analogue en introduisant dans le verre blanc une certaine quantité de l'oxysulfure d'antimoine fondu, connu sous le nom de verre d'antimoine.

Silice	100
Carbonate de soude	50
Chaux	20
Sciure de bois	7,5
Verre d'antimoine	4

Avec une dose moitié moindre d'antimoine, on obtient un verre jaune.

C. L. C.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ESSAIS D'ARGILES DU LABORATOIRE DE SEGER ET CRAMER

[*Thonindustrie Zeitung*, t. XXI, p. 48, (1897).]

Cet extrait est donné à titre d'exemple des méthodes d'essais des argiles suivies en Allemagne.

ARGILES.	GIRODER. I	GIRODER. II	MATAGNE. I	MATAGNE. II	CROIX DE PIERRE. I	BELFORGE. I
Matières volatiles.	14,8	14,7	6,6	6,2	9	18,5
Analyse chimique. SiO^2	45,6	44,9	73,3	72,5	66,6	43
Analyse chimique. Al^2O^3	38,3	38,1	18,3	18,5	21,8	34,5
Analyse chimique. Fe^2O^3	1,03	1,3	1	0,8	1,2	1,2
Analyse chimique. CaO	Non dosés.		0,7	0,5	1	1,5
Analyse chimique. MgO.			»	0,9	»	0,7
Analyse chimique. Alcalis.			0.5	0,6	0,8	0,7
Fusibilité.						
Montre Seger. . . .	34	35	28	28	29	34
Température	1 810	1 830	1 690	1 690	1 710	1 810

Ces expériences de fusibilité sont faites en chauffant de petites pyramides d'argile à côté des montres types de Seger dans un tube de graphite placé lui-même dans un fourneau de H. Sainte-Claire Deville, qui est alimenté au charbon de cornue, et soufflé.

Ces mesures confirment une fois de plus le fait connu depuis les travaux de Bishof que la présence de sable quartzeux dans les argiles augmente considérablement leur fusibilité.

Les mesures suivantes donnent le retrait et la porosité après cuissons à diverses températures.

	GIRODER. I	GIRODER. II	MATAGNE. I	MATAGNE. II	CROIX DE PIERRE. I	BELFORGE. I
Cuisson à la montre 0,10 = 950 *centigrades.*						
Retrait linéaire p. 100.	13	15	5	4	6	15
Poids d'eau absorbé p. 100. .	22	18	13	12	11	6
Cuisson à la montre 05 = 1 050 *centigrades.*						
Retrait linéaire p. 100.	19	20	7	4	7	17
Poids d'eau p. 100	2	3,6	11	11	9	3
Cuisson à la montre 1 = 1 150 *centigrades.*						
Retrait linéaire p. 100.	20	21	7	5,5	7	17
Poids d'eau p. 100.	2,1	1,7	8	9,4	5,3	2,2

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On voit que les argiles pures ont pris la totalité de leur retrait à 1 050°; pour les argiles sableuses au contraire il n'est pas terminé à 1 150°.

C. L. C.

QUELQUES PATES CÉRAMIQUES. [*Thonindustrie Zeitung*, t. XXI, 1897, p. 715-721 *Spreehsaal*, t. XXXI (1898), p. 495.]

	Kaolin.	Argile.	Quartz.	Feldspath.
Biscuit de Copenhague	32	»	»	68
Imitation allemande du précédent . . .	40	»	»	60
Porcelaine de Wegeli.	81,4	»	5,5	13,1
Imitation de faïence anglaise.	10	72	»	10

On remarquera dans toutes ces pâtes l'absence du sable siliceux; c'est l'extrême opposé des porcelaines siliceuses analogues aux porcelaines chinoises, porcelaines de Limoges, nouvelle de Sèvres, de Seger.

D'après Bünzli (*Spreehsaal* 1876, p. 277) et Hecht (*Thonindustrie*, t. XXI, 1897, p. 715), ces pâtes non siliceuses ont le défaut de se prêter assez mal à recevoir les couvertes glacées ou le vernissage par le sel. Si on dépasse le point de fusion de la couverte celle-ci perd rapidement son éclat, soit par son absorption dans la pâte, soit par sa combinaison avec la pâte accompagnée de la formation de combinaisons cristallisées. Pour les biscuits qui ne doivent pas recevoir de couvertes, cet inconvénient n'existe plus. Les pâtes anglaises dites Parian, dont la composition est semblable, sont depuis longtemps employées ainsi.

C. L. C.

QUELQUES VERRES ET COUVERTES CÉRAMIQUES. *Spreehsaal*, t. XXXI (1898).

Page 495. — *Couverte mate pour faïence.*

Fritte.	33
Feldspath.	25
Couleur verte	5

Fritte.	Minium.	24	*Couleur.*	Oxyde de chrome	30
	Borax	14		— de cobalt.	10
	Craie.	17		— de zinc.	20
	Kaolin	13		Quartz.	36
	Sable.	30			

La couleur doit être calcinée, broyée et lévigée avant addition à la fritte.

C. L. C.

Page 495. — *Couverte rouge pour faïence stannifère.*

Minium.	30
Sable	20
Borax.	18
Craie	7
Kaolin	5
Feldspath.	16
Pink	12

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Page 496. — *Émail sans plomb pour vases en fer.*

Sable quartzeux	40
Kaolin	18
Craie	8
Porcelaine broyée	5
Acide borique	20
Salpêtre	5

Page 519. — *Verre jaune.*

Sable	60
Soude	27
Craie	15
Graphite	0,625
Ox. Manganèse	0,250

QUELQUES MOUFLES CONTINUS, par **Rud-Geith** [*Spreehsaal*, t. XXXI, p. 983-985] (1898).

A la réunion annuelle de l'union céramique allemande tenue à Berlin le 30 juin de cette année, M. Rud-Geith a présenté un rapport sur les moufles continus pour la déco-

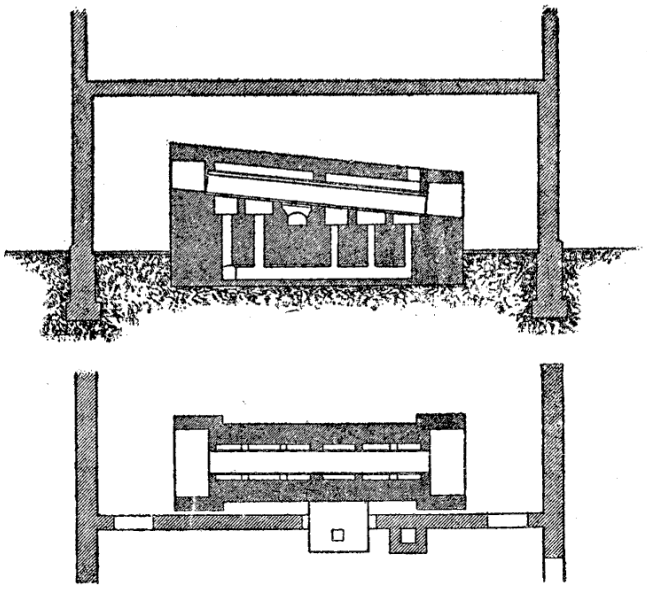


Fig. 11. — Moufle *Tunnel.*

ration de la faïence et de la porcelaine. Dans ces fours, les objets sont introduits d'une façon continue par une entrée froide, poussés progressivement vers la région la plus chaude, dont la température est réglée d'après la nature des couleurs et émaux à fondre, puis en continuant à avancer se dirigent vers une seconde ouverture également froide par laquelle ils sortent Ces appareils ont le grand avantage d'avoir une puis-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sance de production considérable et de réaliser une économie de combustible de 40 p. 100 par rapport aux fours discontinus.

Les premiers moufles continus étaient (fig. 11) composés d'un canal rectiligne et appelés pour ce motif *moufle tunnel*. Ce canal était incliné pour faciliter la circulation des caisses en terre réfractaires, sorte de cazettes qui contiennent les objets. Cette inclinaison avait le grave défaut de pro-

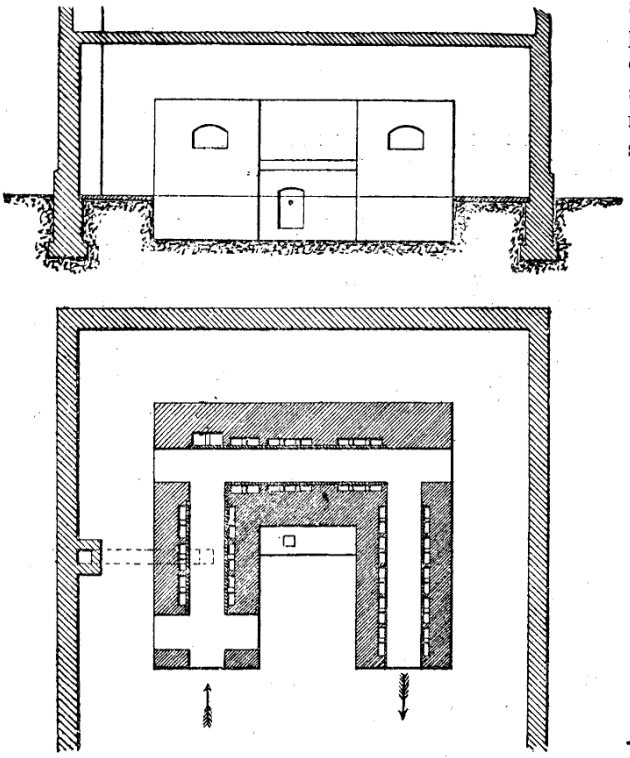


Fig. 12. — Moufle de *Fürbringer*.

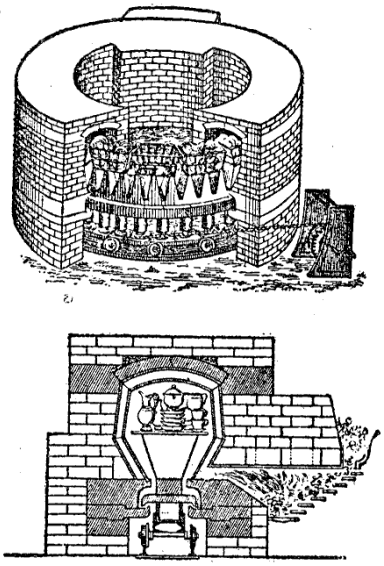


Fig. 13. — Moufle *Hetzel*.

voquer une circulation intérieure de l'air qui s'opposait à une bonne répartition des températures.

Le moufle de Fürbringer tourne très heureusement cette difficulté au moyen d'une disposition en fer à cheval (fig. 12), qui réduit la longueur de la colonne de cazettes à pousser ensemble. Celle-ci est coupée en trois tronçons qui peuvent être manœuvrés par les ouvertures intermédiaires comme le montre la figure ci-jointe; on peut laisser le canal horizontal et par suite avoir une bonne répartition de la chaleur. Ce système très simple est aussi celui qui donne la plus grande économie de combustible. C'est actuellement un de ceux qui sont le plus employés.

Le moufle de Hetzel (fig. 13), plus perfectionné que les précédents mais aussi plus coûteux comme frais de premier établissement et comme entretien, a la forme d'un tore de révolution dont un secteur aurait été enlevé. Les objets sont portés sur un petit chemin de fer circulaire qui tourne d'une façon continue. Le dessin ci-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

contre suffit pour faire comprendre la disposition générale du four, et montrer comment les parties métalliques sont protégées contre l'action de la chaleur.

C. L. C.

SUR LES COLORATIONS DES ÉMAUX DE GRAND FEU DE PORCELAINE

Note de **MM. A. Le Chatelier** et **P. Chapuy** (1).

Dans les recherches entreprises à l'atelier de Glatigny sur les émaux de grand feu de porcelaine, nous nous sommes proposé d'étudier la gamme des colorations que peuvent produire les divers métaux dans les couvertes cuites au four à porcelaine.

Nous avons obtenu les bleus avec la plupart des métaux sur lesquels ont porté ces recherches. Les métaux qui nous ont donné le bleu nous ont donné au moins les colorations qui l'avoisinent dans la répartition des couleurs du spectre, et ceux dont nous avons poussé l'étude plus complètement nous ont, en général, donné toutes les colorations au feu de porcelaine, en faisant varier la teneur en métal, la composition de la couverte et l'atmosphère, la température restant constante à la montre 13 de Seger (1 360° ou 1 390° centigrades, suivant l'échelle de graduations adoptée).

Voici, pour les principales couleurs, les résultats que nous avons obtenus au four de fabrication, indépendamment de résultats de laboratoire plus étendus (2) :

Chrome (3)	*Violet* (O), *bleus* (O), vert, jaune, *orangé* (O), rouge (O).
Cobalt (4)	Bleu, *vert* (R), *rose* (R).
Cuivre	Bleu, vert, jaune, rouge.
Didyme (5)	*Violet* (R), *bleu* (R), *vert* (R).
Erbium	*Violet* (R), *bleu* (R), *vert* (O), *rouge* (O).
Fer	Bleu (R), verts (R), jaune, rouges (R).
Lanthane	*Violet* (R), *bleu* (R).
Manganèse	*Violet* (O), *bleus* (O), verts, jaune, *rouges*.
Molybdène	*Violet* (O), *bleus* (O).

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 19 septembre 1898.

(2) Les colorations nouvelles, ou peu connues, au grand feu de porcelaine, sont indiquées en italiques. Le pluriel indique les nuances variées. (O) indique atmosphère oxydante, et (R) atmosphère réductrice. Nous n'indiquons ainsi que le type d'atmosphère, sans distinguer la composition même de l'atmosphère, que nous faisons varier en employant, par exemple, le chlore, le soufre, des vapeurs métalliques, etc. Cette désignation ne spécifie d'ailleurs que le type d'atmosphère qui nous a donné les meilleurs résultats, les mêmes couleurs pouvant s'obtenir souvent, dans des atmosphères différentes, si l'on fait varier convenablement la composition de la couverte et la nature de l'oxyde ou des composés métalliques employés. Ainsi, le cuivre donne du jaune et du rouge en oxydant; le molybdène, du bleu en réducteur.

(3) Les bleus de chrome sont obtenus en oxydant avec courant d'air pris à l'extérieur du four en introduisant le chrome à l'état de sesquioxyde, à la teneur de 0,5 à 1,2 p. 100, dans une couverte feldspathique, en présence du zinc. De 1,2 à 1,5 p. 100, le rose apparaît, et à 1,6 p. 100 le bleu disparaît.

(4) En mentionnant le rose de cobalt, nous devons indiquer que, quoique l'obtenant sur pièces de fabrication, nous n'en avons pas achevé l'étude.

(5) Colorations différentes de celles obtenues avec l'oxyde de néodyne pur, que nous devons à l'amabilité de M. Demarçay. Celles du néodyme sont moins vives. On les obtient, pour le néodyme comme pour le didyme, en oxydant, mais les tons sont plus frais en réducteur.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Néodyme	*Violet* (R), *bleu* (R), *vert* (R).
Nickel	*Violet* (O), bleu (O), vert, jaune, *rouge* (O).
Titane (1)	Violets (R), bleu (R), verts (R), jaune, rouge (R).
Tungstène (2)	*Violet* (R), bleus (R), jaune, *rouges* (R).
Thallium	*Bleu* (R), *vert* (R).
Thorium	Bleu (R), vert (R).
Vanadium	*Bleu* (O), *vert* (O), *jaune* (O).

Sans entrer dans le détail des conditions de production, nous citons la composition de quelques couvertes, à titre d'exemples :

Bleu d'erbium.		Vert d'erbium.		Rouge d'erbium.	
SiO^2	42,5	SiO^2	31,5	SiO^2	60,8
Al^2O^3	8,8	Al^2O^2	6,2	Al^2O^3	11,6
CaO	1,5	CaO	4,9	CaO	1,1
BaO	26,0	K^2O	0,4	BaO	18,5
K^2O	0,5	Na^2O	0,9	K^2O	0,7
Na^2O	1,7	ZnO	46,8	Na^2O	1,9
Bo^2O^3	5,4	ErO	9,4	ErO	5,3
ErO	13,7		»		»
	100,1		100,1		99,9

Violet de néodyme.		Bleu de néodyme.		Vert de néodyme.	
SiO^2	59,9	SiO^2	63,5	SiO^2	47,3
Al^2O^3	10,8	Al^2O^3	11,8	Al^2O^3	9,3
CaO	2,0	CaO	1,4	CaO	1,3
SrO	11,8	SrO	17,3	BaO	27,9
K^2O	0,7	K^2O	0,6	K^2O	0,5
Na^2O	1,8	Na^2O	1,3	Na^2O	1,8
NeO	1,3	NeO	4,2	Bo^2O^3	6,0
	»		»	NeO	3,8
	100,0		100,1		99,9

Les colorations que nous avons obtenues au four à porcelaine, dans ces essais partiels, sont inégalement franches. Nous pouvons, dès maintenant, citer parmi les plus intéressantes :

Les violets de chrome, manganèse et didyme;

Les bleus d'attrium, de vanadium, de molybdène, de tungstène, analogues de ton et d'aspect au bleu de titane; les bleu de chrome, de fer, de manganèse, de thorium, de didyme, qui se rapprochent des bleus de cuivre et les valent comme ton avec des intensités variables.

Le vert de cobalt, très franc et agréable; plusieurs verts de fer, de manganèse, de nickel, différents de ceux que nous connaissons déjà.

Les rouges de fer, le rouge de tungstène, à tous égards comparables au rouge de cuivre comme aspect, intensité et nuance. Le rouge d'erbium.

Nous nous contentons aujourd'hui d'exposer un ensemble de faits. Nous aurons l'occasion de revenir ultérieurement sur les phénomènes physiques et chimiques qui interviennent dans la production des diverses colorations.

(1) Les violets, verts et rouges de titane, que nous mentionnons, sont obtenus sans mélange d'autres oxydes colorants, par variations de l'atmosphère. Une même couverte peut, par exemple, donner le bleu ou le violet, le vert ou le bleu, à volonté.

(2) Les bleus de tungstène, variés comme méthodes de production, sont obtenus, entre autres, en partant de l'acide tungstique, dans une couverte sans baryte.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

MÉTALLURGIE

ÉTUDE SUR L'INFLUENCE DE L'ARSENIC SUR LES PROPRIÉTÉS MÉCANIQUES DE L'ACIER,
par **M. J. Marchal,** *chimiste métallurgiste à Hautmont.*

Plusieurs expérimentateurs ont recherché l'influence que pouvait avoir l'arsenic sur les propriétés mécaniques de l'acier. Mais les résultats qu'ils ont obtenus sont loin d'être concordants, et la divergence des opinions qu'ils ont émises m'a engagé à en reprendre l'étude.

C'est le résultat de mes recherches personnelles que je consigne aujourd'hui.

C'est sur l'acier Martin obtenu sur sole basique que mes expériences ont porté.

Je me suis attaché surtout à déterminer qu'elle était, au point de vue de la soudabilité, l'influence de l'arsenic sur cette sorte d'acier.

Afin de m'assurer que le forgeron à qui je devais confier mes essais de soudure était à même de souder convenablement mes éprouvettes, je lui ai présenté 6 morceaux de rond en acier provenant de la même barre.

Après soudure, j'ai soumis les éprouvettes soudées à des essais de traction. Ceux-ci ont donné les résultats suivants :

	Résistance par millim. carré.	Allongement p. 100.
1	42k,2	17,5
2	42k,0	17,0
3	41k,8	18,5
Acier normal non soudé.	41k,8	26,5

Les trois éprouvettes ont cassé en dehors de la soudure, prouvant ainsi que celle-ci était bien faite.

Pour me procurer les aciers arsenicaux sur lesquels ont porté mes essais, j'ai opéré de la façon suivante :

Au moment de la coulée du four Martin, je plaçais, au milieu des lingotières disposées pour la recevoir, deux petites lingotières jaugeant environ 6 kilos de métal, dans lesquelles on coulait également de l'acier.

Dans l'une des deux petites lingotières, je jetais pendant la coulée, au moyen d'un tube en verre, une quantité pesée d'arsenic correspondant à la teneur en arsenic que je désirais introduire dans le lingot.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L'autre lingot, composé d'acier naturel, était soumis aux mêmes essais que celui chargé d'arsenic pour servir de point de comparaison.

La perte d'arsenic par volatilisation était insignifiante, car il était de suite englobé dans le métal, et, grâce à l'affinité de ces deux corps à cette température, la presque totalité de l'arsenic passait dans l'acier et se mélangeait d'une façon bien homogène.

D'ailleurs, des analyses faites sur des prises d'essai provenant de différents endroits des lingots chargés d'arsenic, au pied, au centre, à la tête, n'ont pas donné de différences sensibles en teneur en arsenic.

Lorsque nous avons ajouté de fortes doses d'arsenic, comme dans les coulées 44418 et 44419 du tableau p. 1338, nous avons fait sectionner les lingots obtenus en deux parties sur la longueur, et nous avons constaté à la loupe que le métal présentait une surface bien homogène sans trace d'arsenic libre.

Après refroidissement, les lingots ont été réchauffés et laminés sous forme de rond de 17 millimètres de diamètre pour servir aux essais de traction, de pliage, etc.

C'est sur une partie de ces barres que j'ai fait mes analyses.

Dans ces analyses, j'ai abandonné pour ces aciers, à cause de la présence de l'arsenic, les méthodes volumétriques ainsi que celles colorimétriques. Voici les méthodes que j'ai suivies.

ANALYSE DES ACIERS

Dosage du carbone. — J'ai employé la méthode directe, qui consiste à attaquer le métal par un mélange d'acides sulfurique, chromique, etc., dans l'appareil modifié de van Reis, et à recevoir les produits de la combustion du carbone : l'acide carbonique, dans des tubes en U renfermant des réactifs appropriés et préalablement pesés.

La différence en poids après l'opération représente l'acide carbonique CO^2, et renferme 0,2727 de carbone.

Dosage du phosphore. — Le phosphore a été d'abord précipité sous forme de phospho-molybdate-ammoniaque, après séparation de l'arsenic à l'état de sulfure et du silicium à l'état de silice, et ensuite redissous par l'ammoniaque, reprécipité par la mixture magnésienne sous forme de phosphate ammoniaco-magnésien filtré, lavé, séché, calciné et pesé à l'état de pyro-phosphate de magnésie. Mg^2P^2O7, renfermant 0,2792 de phosphore.

Dosage du silicium. — Le métal est dissous par l'acide sulfo-azotique (mélange d'acide sulfurique et d'acide azotique) évaporé à sec. Le résidu est repris par l'eau chaude. Après redissolution du sulfate de fer, le précipité de silice est filtré, lavé, séché, calciné et pesé sous forme de SiO^2, qui renferme 04,667 de silicium.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Influence de l'arsenic sur les propriétés mécaniques de l'acier.

DÉSIGNATION ACIERS	NUMÉRO DE Coulée	ANALYSES C 0/0	P 0/0	Mn 0/0	S 0/0	Si 0/0	As 0/0	ESSAIS MÉCANIQUES SUR BARRETTES RONDES 17m/m. TRACTION NATURE R par m/m² kil.	Al 0/0	SOUDÉE R par m/m² kil.	Al 0/0	PLIAGE A FROID NATURE plié à bloc.	TREMPÉE plié à bloc.	ESSAI AU CHOC NATURE plié à 90°.	TREMPÉE plié à 90°
Normal . .	44381	0,130	0,048	0,445	0,010	0,018	—	38,1	30,2	38,1	19,6	Sans crique.	Sans crique.	Au 2e coup sans crique.	Au 2e coup sans crique.
Arsénical. .		0,130	0,045	0,450	0,008	0,015	0,020	37,6	29 »	37,5	16,7	Id.	Id.	Id.	— Id.
Normal . .	44384	0,153	0,035	0,545	0,008	0,017	—	40,2	27,5	40,9	18,8	Id.	Id.	Id.	— Id.
Arsénical. .		0,150	0,037	0,540	0,009	0,017	0,100	41,9	26,6	41,7	16,6	Id.	Petite crique	Id.	3e Id.
Normal . .	44391	0,146	0,032	0,455	0,010	0,020	—	39,6	29 »	40,1	19,7	Id.	Sans crique.	Id.	2e Id.
Arsénical. .		0,140	0,040	0,508	0,010	0,019	0,200	41,7	28,5	41,9	16,7	Id.	Id.	Id.	— Id.
Normal . .	44397	0,160	0,034	0,535	0,004	0,022	—	41,2	27 »	42,4	16,7	Id.	Id.	Id.	— Id.
Arsénical. .		0,150	0,042	0,570	0,006	0,018	0,400	43,2	25,6	44,5	16,5	Id.	Criques superficielles.	Id.	3e Id.
Normal . .	44418	0,125	0,031	0,465	0,005	0,016	—	38,6	28 »	39,7	18,1	Id.	Sans crique.	Id.	2e Id.
Arsénical. .		0,120	0,021	0,408	0,007	0,016	1,200	45,6	21,1	31,8	3,6	Une crique.	Casse à l'angle de 110°.	Id.	4e Id.
Normal . .	44419	0,120	0,021	0,455	0,004	0,009	—	37 »	31 »	38,1	18 »	Sans crique.	Sans crique.	Id.	2e Id.
Arsénical. .		0,115	0,016	0,400	0,004	0,006	2,750 (1)	36,5	»	Ne soude pas		Casse net.		Au 1er coup, casse net.	

(1) Résultat contrôlé par MM. Carnot et Frésénius.

Pliage à froid. — Les éprouvettes ont d'abord été amenées à l'angle 90/80° sur l'enclume au moyen d'un dégorgeoir, et ensuite portées sous le pilon pour aplatir les deux branches l'une contre l'autre.

Essai au choc. Poids de la masse : 18 kilos. Hauteur de chute : 2 m. 750. — Ces essais ont été faits avec l'appareil dit des « Chemins de fer ». Cette masse tombe librement sur l'éprouvette posée sur deux couteaux en acier distants l'un de l'autre de 0 m. 160.

Trempe. — Les éprouvettes ont été chauffées au rouge cerise et plongées dans un bain d'eau à 20° C.

Nature. — Les éprouvettes « Nature » ont été recuites.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Dosage du manganèse. — Dans la liqueur provenant de la séparation de la silice, le manganèse a été séparé du fer par l'acétate d'ammoniaque, précipité par le brome sous forme de bioxyde de manganèse filtré, lavé, séché, calciné et pesé à l'état d'oxyde salin Mn^3O^4 renfermant 0,72052 de manganèse.

Dosage du soufre par l'eau oxygénée. — La séparation du soufre a lieu à l'état d'hydrogène sulfuré par attaque du métal par l'acide chlorhydrique. L'hydrogène sulfuré est oxydé et transformé en sulfate d'ammoniaque en passant dans une solution ammoniacale d'eau oxygénée. Après destruction complète de celle-ci, le soufre est précipité à l'état de sulfate de baryum par l'azotate de baryum. Après dépôt (un quart d'heure suffit), on filtre, lave, sèche, calcine et pèse le sulfate de baryum obtenu, qui renferme 0,137 de soufre.

Dosage de l'arsenic. — L'acier est oxydé par l'acide chlorhydrique concentré additionné de chlorate de potassium, puis évaporé à sec après dissolution complète.

Après avoir traité le résidu par l'acide chlorhydrique concentré, on ajoute du sulfate double de fer et d'ammoniaque pour réduire l'arsenic au trichlorure d'arsenic volatil, que l'on distille et reçoit dans l'eau froide, où il s'y dissout.

On précipite par l'hydrogène sulfuré l'arsenic à l'état de trisulfure d'arsenic.

Celui-ci est redissous par l'acide azotique fumant, la solution est rendue ammoniacale, et l'arsenic est précipité par la mixture magnésienne sous forme d'arséniate ammoniaco-magnésien, que l'on filtre, lave, sèche, calcine et pèse à l'état de pyroarséniate de magnésie, qui renferme 0,484 d'arsenic (1).

PROPRIÉTÉS MÉCANIQUES DES ACIERS

Soudabilité. — L'influence de l'arsenic sur la soudabilité de l'acier s'est fait sentir d'une façon appréciable à partir de 0,2 p. 100. Dépassé cette teneur, le forgeron a dû faire usage d'un fondant composé de borax, sel ammoniac, etc.

Dans ces conditions, il a pu souder la barrette d'acier qui renfermait 1,2 p. 100 d'arsenic; mais il a été complètement impossible de souder celle à 2,75 p. 100, elle s'est comportée à la forge comme de la fonte.

Résistance à la traction. — Au fur et à mesure que la proportion d'arsenic augmentait dans le métal, on constatait une augmentation dans la résistance et une diminution dans l'allongement à peu près dans le même rapport. Cela n'a

(1) « L'arsenic, contrairement aux métalloïdes étudiés jusqu'ici, paraît ne pas former de combinaison avec le fer et se trouver simplement dissous dans la fonte ou l'acier. Le manganèse, le nickel, le cuivre et le titane semblent se comporter de la même façon. Le contraste est particulièrement remarquable avec le phosphore métallique dans les fontes.

« Si l'on traite un acier par l'acide chlorhydrique faible à l'abri du contact de l'air, l'arsenic reste entièrement insoluble. On n'en peut constater que des traces presque insensibles soit dans les produit gazeux, soit dans la dissolution. » *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 19-26 juillet 1897. Communication de *MM. Ad. Carnot et Goutal.*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

plus eu lieu lorsque la teneur a dépassé une certaine limite, l'acier a cassé comme de la fonte sous une charge relativement faible.

Probablement, l'arsenic comme l'aluminium met une partie du carbone en liberté sous forme de graphite. C'est du moins ce que la texture de cet acier semble indiquer.

Fragilité. — Celle-ci croissait assez vite à mesure que la dose d'arsenic augmentait, sans cependant atteindre le degré de fragilité généralement admis par différents expérimentateurs.

Un rond d'acier de 17 millimètres de diamètre, renfermant 1,200 p. 100 d'arsenic, a plié avec un angle de 90° sous choc répété d'une masse de 10 kilogrammes.

Le même acier a plié doublement à bloc sous le pilon en présentant seulement une petite crique.

Malléabilité à chaud. — Elle n'est guère influencée par la présence de l'arsenic.

Conclusion. — D'après ces résultats et en tenant compte de la faible proportion d'arsenic que l'on rencontre généralement dans les minerais, on peut dire que l'arsenic n'empêche pas le travail métallurgique du fer, surtout si le produit est obtenu par fusion.

Quant aux différences de résultats obtenus jusqu'à présent en ce qui concerne l'influence de l'arsenic, je pense devoir les attribuer à la plus ou moins grande proportion d'impuretés que renfermaient les aciers sur lesquels on a expérimenté; l'arsenic, de même que la plupart des corps que l'on rencontre accidentellement dans l'acier, aggraverait les défauts de ces aciers.

MESURE DES VARIATIONS ANOMALES DE LA LONGUEUR ET DE LA TEMPÉRATURE DES FERS ET ACIERS PENDANT LA RECALESCENCE, D'APRÈS M. *G. F. Svedelius* (1)

On a employé, dans ces mesures, comme matière, des fils de 3 millimètres provenant des forges de Bofors, étirés à froid, tenant 0,9 à 0,1 p. 100 de carbone, et des fils laminés à chaud, de $5^{mm},4$ à $5^{mm},6$, provenant des forges de Sandviken, et tenant de 1 à 0,1 p. 100 de carbone.

Toutes les mesures linéaires ont été effectuées au moyen d'un dilatomètre analogue en principe à celui du professeur Angstrom. La barre de fer ou d'acier à observer, de 4 centimètres de long, était insérée en D (fig. 1) entre les deux tiges en porcelaine A et B, dont l'une, B, appuyée sur D par le faible ressort C et qui, par leurs autres extrémités, faisaient tourner un miroir K, suspendu à un fil de torsion H. La température de D était donnée par un couple thermo-électrique de platine et d'alliage pla-

(1) *Philosophical Magazine*, août 1898.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tine-iridium, avec galvanomètre à miroir. On relevait simultanément les indications du galvanomètre et du dilatomètre au télescope et par la photographie.

Les résultats des expériences sont représentés par les courbes (fig. 2 à 10). En général, les éprouvettes étaient chauffées au rouge vif, puis refroidies lentement.

Des deux courbes figure 1, la supérieure représente les variations de longueur d'une tige de cuivre (*Copper*) et l'inférieure, celle d'un fil de Bofors à 0,6 p. 100 de carbone, chauffés pendant une minute puis refroidis. On voit que, pendant le chauffage (*Heating*) et le refroidissement (*Cooling*) le cuivre se dilate puis se contracte uniformément, tandis que l'acier présente une contraction anomale en D, pendant l'échauffement, et une dilatation anomale en D′, pendant le refroidissement.

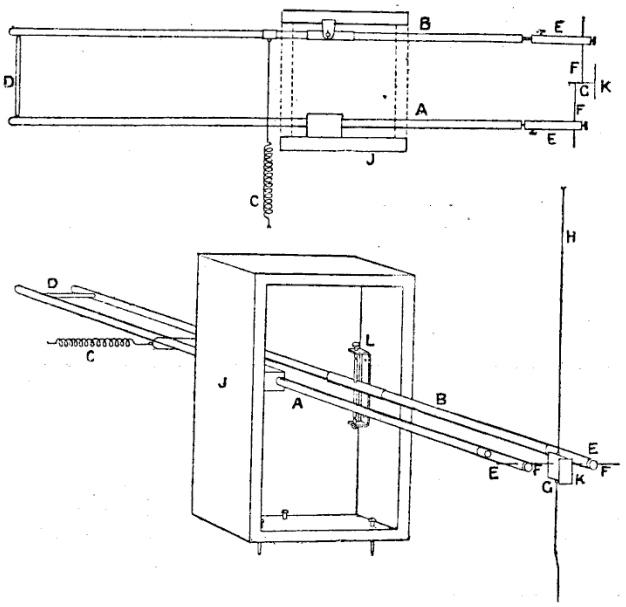


Fig. 1. — Dilatomètre.

Effet de la teneur en carbone sur les points critiques D et D′. — Les courbes, figure 2, relatives à des fils d'aciers de Bofors dur, à 0,9 de carbone, doux, à 0,5, et de fer à 0,1, montrent que :

1° La contraction D est notablement moindre que la dilatation D′.

2° La contraction D commence après le même temps de chauffage pour le fer et l'acier doux, mais se prolonge d'autant plus que la teneur en carbone est moindre.

La dilatation D′ se produit à une plus haute température, et se prolonge moins, avec le fer doux que dans l'acier.

3° La contraction D et la dilatation D′ sont plus grandes dans l'acier doux que dans le fer doux et l'acier dur.

Les observations au télescope montrent que les variations anomales de longueur augmentent avec la teneur de 0,1 à 0,6 p. 100 en carbone; elles sont maxima pour 0,6 p. 100, puis diminuent quand cette teneur augmente de 0,6 à 1 p. 100.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

4° La contraction D paraît se faire en deux temps : D_1 et D_1, dont l'un D plus court et à une moindre température; observation confirmée pour les fers à 0,3 et 0,1 p. 100 de carbone.

La dilatation D′ semble, avec le fer à faible teneur en carbone, se produire en deux

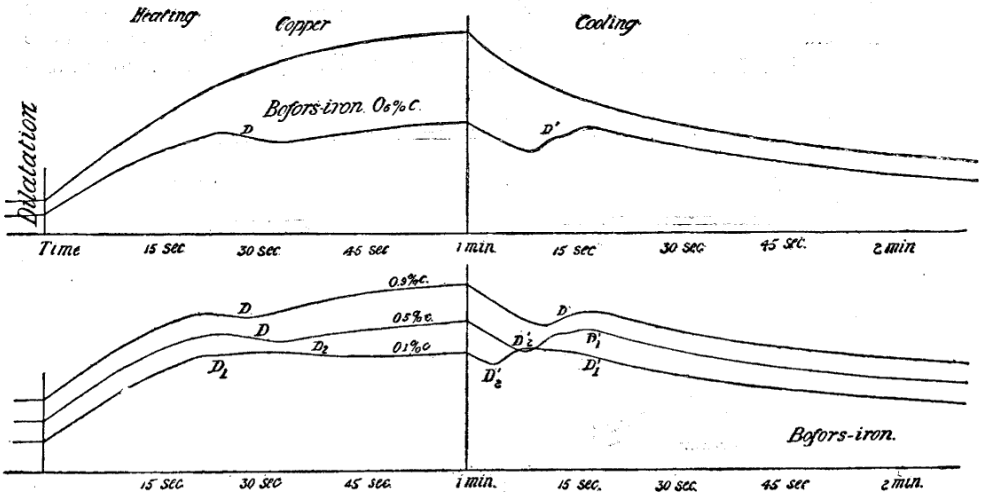


Fig. 2.

temps : D'_1 et D'_2, qui, avec l'acier doux, se synchronisent en partie, et produisent le rejet caractéristique D′; avec l'acier dur, le synchronisme est parfait.

Variations anomales de longueur dans les aciers retrempés. — La courbe inférieure, figure 3, représente les variations de longueur de l'acier Bofors à 0,9 p. 100 C. trempé dans l'eau froide au rouge vif, et la courbe inférieure celles de ce même acier refroidi

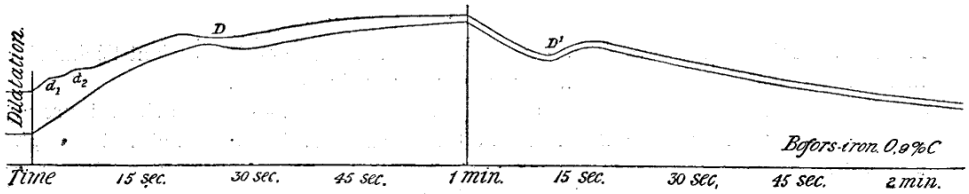


Fig. 3.

lentement. On y voit que la dilatation au point critique D se produit moins régulièrement dans l'acier trempé que dans l'acier recuit, et la courbe de l'acier trempé présente des irrégularités qui se produisent après quelques secondes de chauffage. Avec les aciers à 0,9 et 0,7 p. 100, C, il se produit deux de ces rejets aux points de retrempe (*re-tempering*) et d^2 d, et une seule pour les aciers à teneur moindre : de 0,6 et 0,4, tendant à disparaître pour les teneurs inférieures à 0,4 p. 100. Les deux points de retrempe d_1 et d_2 paraissent se correspondre.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Relation entre les variations anomales de longueur et de température des fers et aciers. — Les figures 4 5 et 6 représentent des photographies simultanées des courbes de variations de longueur et de température des fils de Bofors à différentes teneurs en carbone; toutes les courbes de températures présentent, en concordance avec celles de longueur, des points critiques d'accord avec les résultats déjà obtenus par M. Osmond.

Les variations anomales de longueur et de température se produisent simultanément ou aux mêmes températures, mais sans se correspondre comme intensité, les

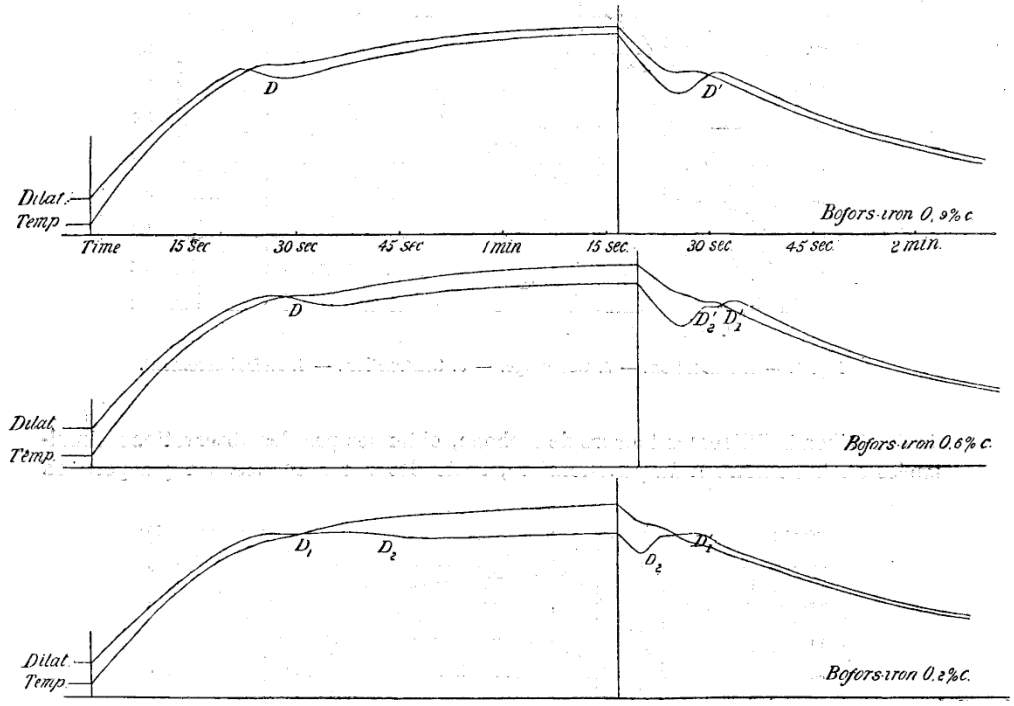


Fig. 4, 5 et 6.

anomalies linéaires étant plus prononcées avec l'acier doux que dans l'acier dur et le fer, tandis que les anomalies thermiques sont maxima dans l'acier dur, et diminuent à mesure que s'abaisse la teneur en carbone.

Brinnell a, l'un des premiers, remarqué que l'acier trempé se retrempe plus vite que l'acier recuit, et M. Osmond a montré qu'il se dégage de la chaleur quand on chauffe de l'acier trempé entre 200° et 520°; j'ai constaté que ce dégagement augmente d'une façon continue entre 200° et 350°, puis diminue uniformément de 350° à 500°. Ce fait semble prouver que les points de retrempe d_1 et d_2 ne correspondent pas à des points thermiques isolés; au contraire, il se dégage de la chaleur pendant tout l'intervalle de température qui sépare ces deux points.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Valeurs approximatives des coefficients de dilatation du fer et de l'acier de 0° *à* 800°, *et des variations linéaires anomales.*

Les figures 7 à 10 donnent les courbes de variation linéaires et thermiques des fils

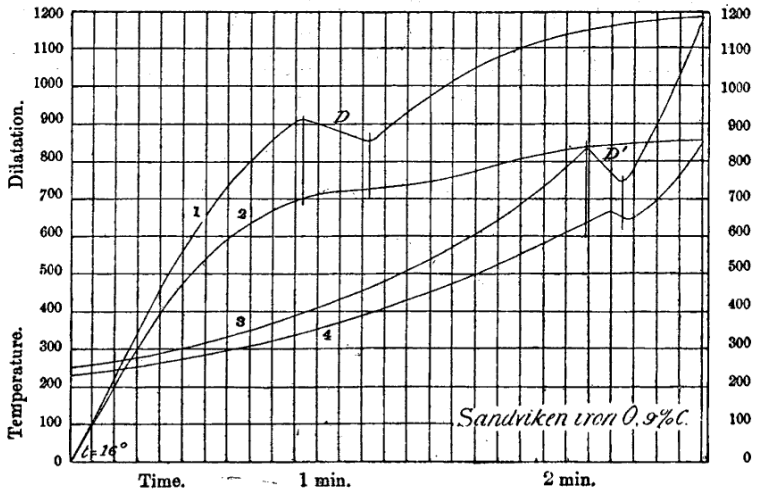


Fig. 7. — 1. Dilatation. — 2. Chauffage. — 3. Contraction. — 4. Refroidissement.

de Sandviken à différentes teneurs de carbone, obtenues par des observations simultanées du dilatomètre et du galvanomètre, toutes les six secondes. On y a porté en

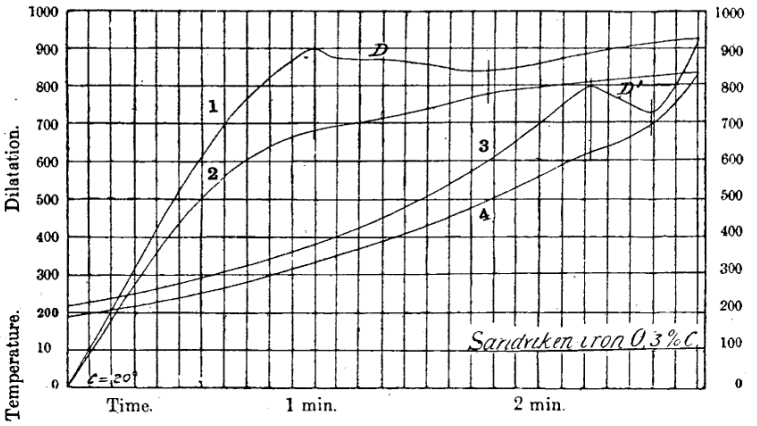


Fig. 8. — 1. Dilatation. — 2. Chauffage. — 3. Contraction. — 4. Refroidissement.

abscisses les durées de chauffage et de refroidissement et en ordonnées : pour les courbes supérieures, les longueurs, et, pour les inférieures, les températures.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le tableau ci-dessous donne la grandeur de ces variations.

Pour 100 en carbone.	Dilatations pendant le chauffage		Contractions pendant le refroidissement	Coefficient de dilatation
	de 0 à 600°	de 600 à 800°	800 à 600°	de 0° à 800°
0,9	0,00750	0,00340	0,00335	0,0000135 (1)
0,6	0,00770	0,00245	0,00220	0,0000125
0,3	0,00760	0,00105	0,00105	0,0000110

D'après ce tableau, les dilatations de 600° à 800° et les contractions de 800° à 600° diminuent quand la teneur s'abaisse, tandis que la dilatation de 0° à 600° en est presque indépendante.

Les courbes (fig. 7 à 10) indiquent les températures auxquelles se produisent les

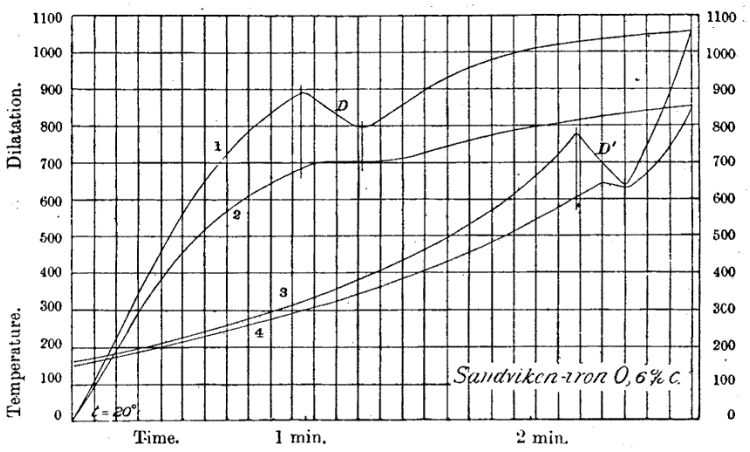


Fig. 9. — 1. Dilatation. — 2. Chauffage. — 3. Contraction. — 4. Refroidissement.

anomalies linéaires et la valeur de ces anomalies par unité de longueur : leurs résultats sont résumés au tableau ci-dessous.

Teneur en carbone.	0.9 p. 100	0.6 p. 100.	0.3 p. 100.
Dilatation en D.	0,00909	0,00887	0,00898
Contraction.	0,00054	0.00093	0,00056
Température	715-740°	805-720°	705-804°
Temps	17,5 secondes.	16,5	46
Dilatation en D'.	0,00747	0,00635	0,00730
Contraction.	0,00087	0,00138	0,00070
Température..	665-660°	650-625°	720-645°
Temps..	9,5 secondes	13	16

Valeurs approximatives des coefficients de dilatation des aciers trempés de 0° à 800°, *Situation des points critiques de retrempe pour les aciers trempés.* — La figure 10 donne,

(1) Le Chatelier. *Comptes rendus,* CVIII (1889), p. 1096.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pour un acier de Sandviken à 1 p. 100 de carbone, trempé dans l'eau froide au rouge vif, les variations linéaires chiffrées au tableau ci-dessous.

Degrés.	Allongement en chauffage.		Contraction au refroidissement.		
0 à 100	0,00120	0,00120	»	»	»
100 à 200	0,00160 — 0,00120 =	0,00040	»	»	»
200 à 300	0,00250 — 0,00160 =	0,00090	0,00050 + 0,00070 =		0,00120
300 à 400	0,00340 — 0,00250 =	0,00090	0,00170 — 0,00050 =		0.00120
400 à 500	0,00435 — 0,00340 =	0,00095	0,00300 — 0,00170 =		0,00130
500 à 600	0,00580 — 0,00435 =	0,00145	0,00455 — 0,00300 =		0,00155
600 à 700	0,00730 — 0,00580 =	0,00150	0,00610 — 0,00455 =		0,00155
700 à 800	0,00895 — 0,00730 =	0,00165	0,00835 — 0,00610 =		0,00225

On voit que, de 100° à 500°, le coefficient de dilatation de l'acier trempé est beaucoup plus petit que celui de l'acier recuit, et qu'il est minimum de 100° à 200°.

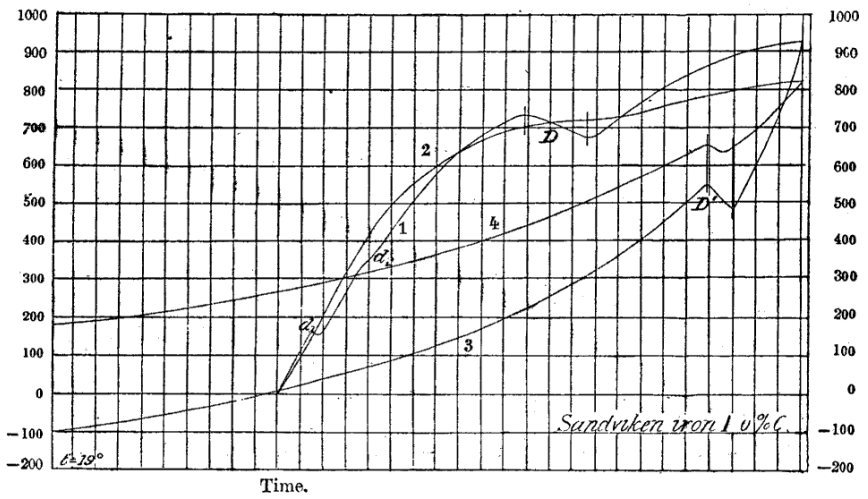


Fig. 10. — 1. Dilatation. — 2. Chauffage. — 3. Contraction. — 4. Refroidissement.

Les grandeurs et situations des variations anomales de l'acier trempé des courbes figure 10 sont données au tableau ci-dessous.

	Acier de Sandviken trempé à 1 p. 100 C.			
	d_1	d_2	D	D'
Dilatations aux points.	0,00160	0,00325	0,00732	»
Contractions	0,00008	»	0,00035	0,00060
Températures.	160-120°	400-440°	720-740°	670-675°
Temps.	3 secondes	2	16,5	7

G. R.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

MINES

RECHERCHES SUR LES LAMPES ÉLECTRIQUES A INCANDESCENCE, CHARGÉES D'UN MÉLANGE DE GRISOU ET D'AIR AU MAXIMUM D'EXPLOSIVITÉ. NOTE DE **MM. H. Couriot** et **J. Meunier** (1).

A la suite des travaux dont nous avons rendu compte dans nos précédentes notes (2), nous avons pu, grâce à une disposition très simple, charger d'un mélange grisouteux préparé d'avance et titré des lampes électriques à incandescence sans en briser le filament.

Le chargement se fait à volonté, soit avant, soit pendant l'allumage, en sorte qu'il est facile de reproduire au laboratoire toutes les circonstances qui peuvent se présenter dans l'emploi pratique des lampes au sein des houillères.

L'artifice que nous avons imaginé consiste à faire souder, sur une lampe à incandescence de modèle ordinaire, un tube à gaz de 4 centimètres de long, terminé par une partie effilée capillaire. La communication avec un gazomètre rempli du mélange sur lequel on veut expérimenter est établie par un tube de caoutchouc branché sur ce tube ; des précautions sont prises pour éviter que l'eau du gazomètre pénètre dans les différentes parties de cette canalisation, et le mélange gazeux est desséché en traversant un barboteur à acide sulfurique. Pour charger la lampe, il suffit de briser la partie effilée qui se trouve engagée sous le tube de caoutchouc ; elle se remplit aussitôt du gaz, grâce au vide préexistant. On a soin de l'enfermer dans une sorte de cage en toile métallique destinée à retenir les fragments de verre en cas d'explosion.

Nous avons exécuté différentes expériences avec cet appareil, en opérant toujours avec un mélange à 9,5 p. 100 de méthane.

Nous nous sommes servis d'abord de lampes ayant un pouvoir éclairant de 10 bougies et marchant à 45 volts ; l'intensité du courant exigée par la marche normale d'une pareille lampe est $0^{amp},8$; la lampe étant en marche, nous y avons fait pénétrer le mélange grisouteux ; l'incandescence s'est obscurcie assez rapidement, sauf en un point du filament qui gardait tout son éclat, c'est là que la rupture s'est faite avec une faible étincelle après une minute environ. Il ne s'est produit aucun phénomène d'explosion. Nous avons constaté qu'au point de rupture, le filament s'était brisé sur une fraction de millimètre seulement, et que les deux fragments en regard s'étaient amincis en pointes fines. Cette expérience répétée a donné lieu aux mêmes observations.

Nous avons pris ensuite une nouvelle lampe de 10 bougies à 45 volts, et nous lui avons fait subir un surmenage électrique en portant le courant à $53^{volts},5$ et à $0^{amp},925$, le gaz a été alors introduit dans la lampe qui est restée allumée pendant vingt secondes et s'est éteinte en présentant un point brillant comme les précédentes : l'effet du surmenage est donc nul.

L'addition aux conducteurs de 200 mètres de fil présentant une résistance d'environ 6 ohms est demeurée également sans effet. Enfin, des essais analogues effectués avec des lampes de 10 bougies, marchant à 15, 30, 60, 90 et 110 volts, ont donné des résultats identiques.

L'emploi de la lampe de 10 bougies à 15 volts à filament gros et court nous a permis de

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 17 octobre 1898.

(2) H. Couriot et J. Meunier, *Comptes rendus*, t. CXXVI, p. 750, 901, 1134.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

nous rendre compte des effets produits par les courants d'une intensité supérieure à 2 ampères et par l'échauffement de l'appareil avant l'introduction du grisou.

Cette lampe exige un courant de $2^{amp},15$. Nous l'avons laissée allumée pendant vingt minutes avant d'y faire pénétrer le grisou; sa capacité étant de 150 cc. environ, elle avait sûrement atteint à ce moment le maximum de l'échauffement qu'elle pouvait acquérir : l'arrivée du grisou a produit l'affaiblissement graduel de l'incandescence et l'amincissement du filament ; ce dernier effet augmentant la résistance de la lampe, le voltage s'est élevé à 19 volts, tandis que l'ampérage est tombé à $1^{amp},5$; puis, au bout de deux minutes et dix secondes, l'extinction s'est faite au point brillant situé vers la partie supérieure du filament. Nous avons soumis une lampe du même modèle à un surmenage énorme, en l'alimentant par un courant de 55 volts qui est tombé bientôt après à 40 volts et s'y est maintenu pendant les deux minutes qui ont précédé l'extinction.

En résumé, *avec aucune des lampes précédentes dont le filament n'était pas brisé préalablement nous n'avons obtenu l'explosion du mélange de grisou le plus explosif.*

Il est facile de donner l'explication de ce fait. Nous avons établi, dans notre première note (1), que les fils métalliques incandescents sont impuissants à déterminer l'explosion des mélanges les plus explosifs ; il en est de même du filament des lampes. Il faut ajouter que la combustion sans flamme du grisou qui paraissait peu nette dans nos premières expériences se produit dans les lampes d'une manière bien évidente. En effet, après le refroidissement de la lampe, on aperçoit la vapeur d'eau provenant de la combustion condensée sur la paroi de la lampe, le gaz intérieur n'est plus inflammable par une allumette et trouble abondamment l'eau de chaux : il s'est donc formé du gaz carbonique et la nature du gaz explosif s'est modifiée de façon à n'être plus explosive au moment de la rupture du filament. L'étincelle qui se produit alors demeure sans effet.

Nous avons réussi à obtenir l'explosion en faisant une expérience qui est une sorte de contrôle des précédentes. La lampe qui nous a servi était de 90 volts et avait eu son filament brisé avant l'épreuve au point de la soudure du filament avec le porte-filament de platine; après avoir été remplie du même gaz que les précédentes, elle a été soumise à l'action d'un courant de 110 volts; elle ne s'est pas allumée, mais les parties dessoudées étant amenées au contact l'une de l'autre par des secousses, il jaillissait des étincelles, et le courant subit qui s'établissait était assez intense pour communiquer à l'aiguille de l'ampèremètre une impulsion correspondant à 1 ampère; les premières étincelles n'ont produit aucun effet, mais l'une d'elles a provoqué une violente explosion qui a réduit le verre de la lampe en menus fragments.

Nous avons voulu renouveler cette expérience avec une autre lampe, mais sans succès, car, après une douzaine d'étincelles, la soudure s'est faite entre les deux portions du filament et la lampe a repris son fonctionnement normal. On voit donc, d'après ces expériences, que le danger ne paraît pas résider, comme on avait pu le croire, dans l'incandescence du filament et dans la haute température à laquelle il est porté, mais uniquement dans les étincelles électriques.

(1) *Comptes rendus*, t. CXXVI, p. 752.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

NOTES DE MÉCANIQUE

UNIFICATION DES ESSAIS DES MACHINES A VAPEUR
RÈGLES PROPOSÉES PAR *l'Institution of civil Engineers* DE LONDRES (1)

1° On appellera *rendement thermique* du moteur le rapport de la chaleur utilisée en travail sur les pistons à la chaleur fournie au moteur.

2° La chaleur utilisée sera calculée d'après les diagrammes d'indicateur.

3° On prendra comme chaleur fournie au moteur la chaleur totale de la vapeur entrée dans le moteur, diminuée de celle du même poids d'eau à la température de l'échappement, ces deux chaleurs étant comptées à partir de 0°.

4° On prendra pour limites extrêmes de température et de pression, avec de la vapeur soit saturée, soit surchauffée, les suivantes :

Limite supérieure. — Température et pression tout près de la prise de vapeur, et du côté de la chaudière, excepté quand on étranglera la prise de vapeur pour diminuer la pression d'admission ; dans ce cas, on prendra comme limite supérieure de pression cette pression réduite. Si la vapeur est saturée, on pourra prendre la température correspondant à sa pression.

Limite inférieure. — Température et pression de la vapeur à la sortie de l'échappement, et tout près, en dehors du moteur.

5° On prendra comme type étalon de comparaison un moteur idéal fonctionnant suivant, le cycle de Rankine (2), entre les mêmes limites de température et de pression que la machine essayée.

6° On appellera *rendement spécifique* du moteur le rapport entre son rendement thermique et celui dudit cycle de Rankine.

7° On exprimera la dépense thermique du moteur en calories dépensées par minute, par cheval indiqué et, si possible, par cheval effectif.

8° On calculera aussi cette dépense, — calories par cheval-minute — pour la machine idéale étalon, afin d'établir le rendement spécifique du moteur.

Le cycle de Rankine dont il est question plus haut se compose des périodes suivantes. L'eau injectée dans la chaudière à la température de l'échappement est portée à la température de sa vapeur saturée, puis vaporisée complètement à cette température et sous cette pression, surchauffée s'il y a lieu à cette pression, introduite au cylindre sous cette pression constante, détendue adiabatiquement jusqu'à la contre-pression du cylindre, et échappée à la pression correspondant à la température la plus basse du cycle. Le diagramme entropique de ce cycle est donné en figure 1 pour la vapeur saturée et en figure 2 pour de la vapeur surchauffée : la chaleur fournie est

(1) Rapport d'une Commission composée de MM. Kennedy, Beare, Copper, Davey, Donkin, Ewing, Macfarlane Gray, Longridge, Maw, Wilson et Sankey (rapporteur).

(2) RANKINE. *Manuel de la machine à vapeur*. Traduction française, p. 398 ; *Scientific Paper*, p. 400.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

représentée par les aires $aA_1AB b$ et aA_1ABs, et la chaleur utilisée par les aires ombrées.

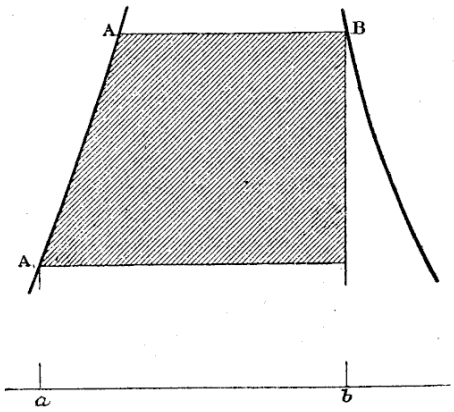


Fig. 1. — Diagramme entropique du cycle de Rankine pour la vapeur saturée.

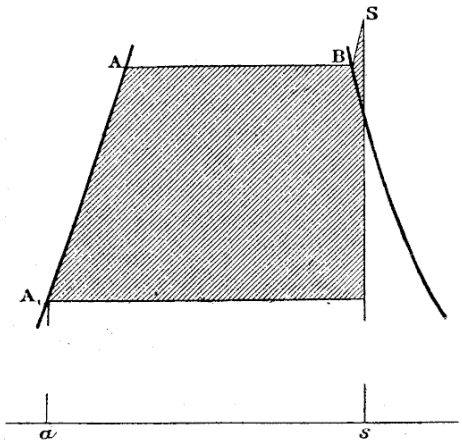


Fig. 2. — Diagramme entropique du cycle de Rankine pour la vapeur surchauffée.

Le rendement de ce cycle, entre les températures absolues d'admission T_a et d'échappement T_e, est donné, pour la vapeur saturée, par la formule

$$\rho = \frac{(T_a - T_e)\left(1 + \frac{L_a}{T_a}\right) - T_e \operatorname{Log.} \frac{T_a}{T_e}}{L_a + T_a - T_e}$$

L_a étant la chaleur latente de la vapeur à T_a.

La dépense du moteur est donnée, par cheval-minute

En unités thermiques anglaises, par la formule $D = \frac{42,4}{\rho}$

En calories. . . . . $D' = \frac{10,7}{\rho}$

Pour de la vapeur surchauffée à $T_{as}°$, le rendement du cycle de Rankine est de

$$\rho' = \frac{(T_a - T_e)\left(1 + \frac{L_a}{T_e}\right) + 0,48\ (T_{as} - T_a) - T_e\left(\log. \frac{T_a}{T_e} + 0,48 \log. \frac{T_{as}}{T_e}\right)}{L_a + T_a - T_e + 0,48\ (T_{as} - T_e)},$$

qui admet 0,48 pour la chaleur spécifique sous pression constante de la vapeur surchauffée.

L'application de ces formules est facilitée par l'emploi de diagrammes analogues à ceux des figures 3 et 4.

M. le capitaine *Sankey*, secrétaire du Comité d'unification, a fait précéder ce rapport de deux diagrammes qui représentent très clairement le fonctionnement

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

thermique des machines à vapeur : sur ces diagrammes, les chaleurs sont comptées en unités thermales anglaises, *British Termal Units*, ou, en abrégé, B. T. U., de

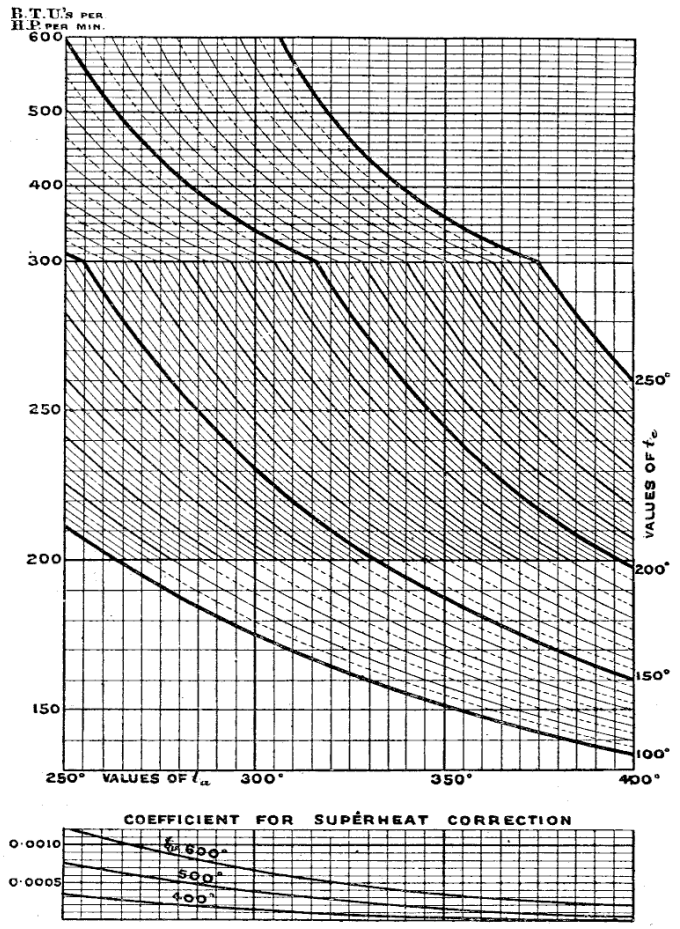


Fig. 3. — Courbes donnant en ordonnées les dépenses thermiques D, en unités B. T. U. par cheval-minute pour les températures d'admission t_a et d'échappement t_e, exprimées en degrés Fahrenheit. (Exemple : pour $t_a = 350°$ et $t_e = 212°$. D = 265.) La courbe inférieure donne les corrections à faire pour les vapeurs surchauffées à $t°_{a3} = 600$; 500 et 400°. Ainsi, pour $t_{a3} = 500°$ et $t_e = 212°$, on a $D'' = D - 0.0015 \times 212 \times 265 = D - 8,5 = 256,5$.

$0^{cal},252$. Une B. T. U. par cheval-minute équivaut à $15^{cal},12$ par cheval-heure (1). Le diagramme figure 1 représente le fonctionnement thermique d'une pompe à

(1) Une B. T. U. par livre = $0^{cal},555$ par kilogramme; par pied cube = $8^{cal},90$ par m^3; par pied carré = $2^{cal},70$ par m^2; par pied carré et par degré Fahrenheit = $4^{cal},50$ par m^2 et par degré centigrade; elle équivaut à $106^{kgm},8$. Une B. T. U. par seconde équivaut à 1 048 Watts ou à $1^{chl},405$.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

vapeur Leavitt des eaux de Louisville à condensation, compound, avec enveloppes et réchauffeurs (1).

La combustible produisait, à la grille (*Fire Grate*), 183 600 B. T. U. par minute

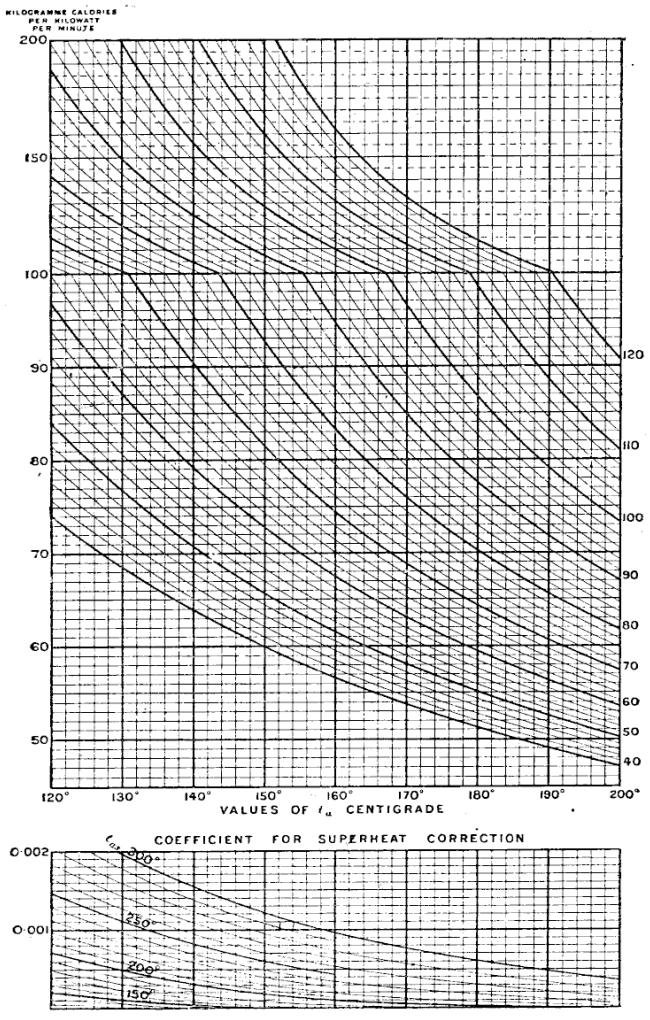


Fig. 4. — Courbes donnant en ordonnées les dépenses thermiques en *calories par kilowatt-minute* pour les températures d'admission t_a et d'échappement t_e (fig. 3) en centigrades (voir la légende de la figure 3). Un cheval-heure vaut 44,10 kilowatts-minute.

dont 131 700 passaient dans l'eau de la chaudière (*Boiler*) : 10 000 se perdaient aux fuites et rayonnement (*Radiation*) de la chaudière; 41 900 passaient aux carnaux, vers le

(1) Pour l'essai de cette machine, voir *American Society of Mechanical Engineers. Trans.*, vol. XVI.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

réchauffeur d'alimentation (*Economiser*). Avant d'arriver à ce réchauffeur, il se perdait 1 000 B. T. U. par rayonnement. Le réchauffeur utilisait 15 750 B. T. U., en perdait 5 000 par rayonnement, et, finalement, il s'en perdait 20 150 par la cheminée. L'eau

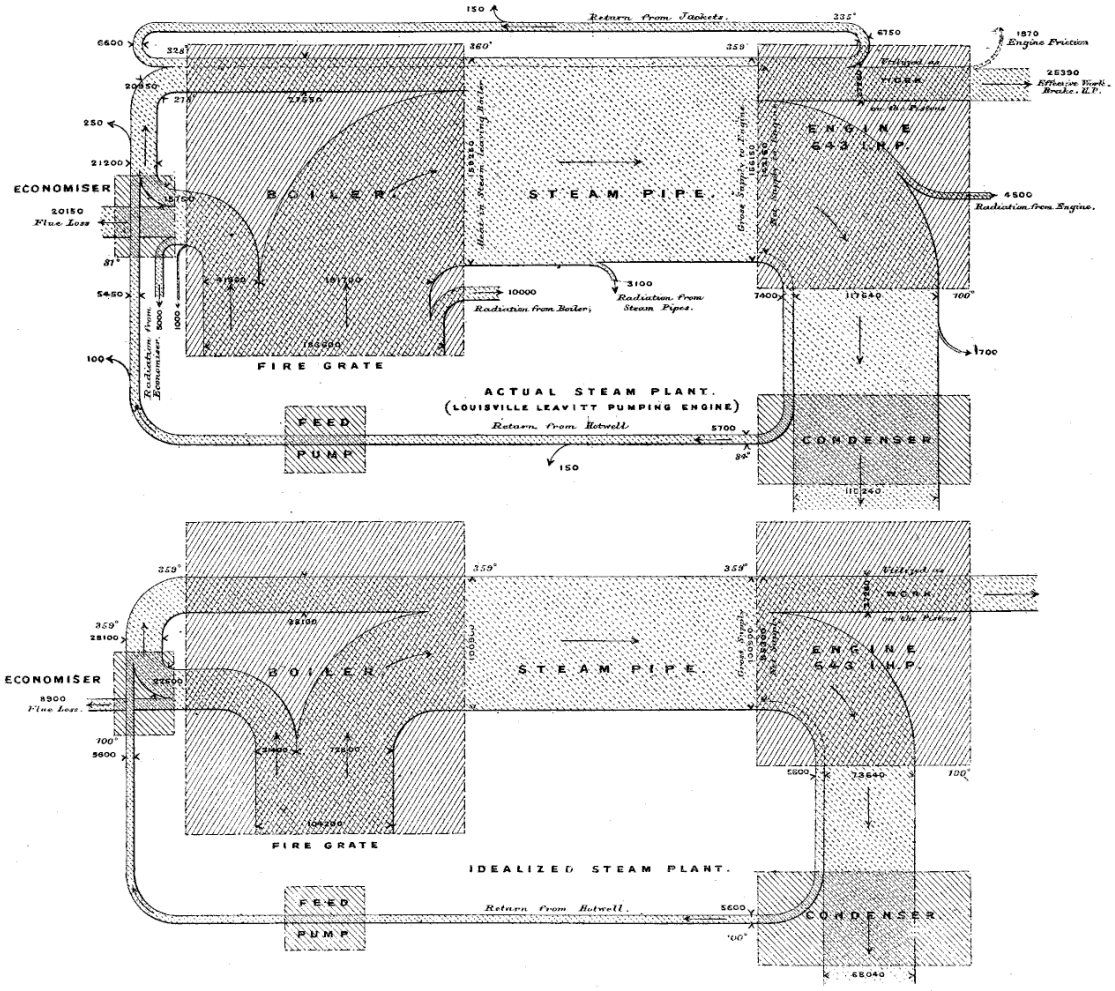


Fig. 5 et 6. — Diagrammes du fonctionnement d'une machine à vapeur réelle et d'une machine idéale suivant le cycle de *Rankine*.

d'alimentation (*Feed. Punip*) apportait au réchauffeur 5 450 B. T. U, qui, ajoutées aux 15 750 apportées par les gaz du foyer au réchauffeur, donnaient 21 200 B. T. U. pour la chaleur fournie par l'eau d'alimentation au sortir du réchauffeur, lesquelles se réduisaient à 20 950 par le rayonnement du réchauffeur à la chaudière. A cette chaleur, il faut encore ajouter 6 600 B. T. U. fournies par le retour des enveloppes (*jackets*) à la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

chaudière, de sorte que la chaudière fournissait au total, en vapeur, 159 250 B. T. U. par minute.

De ces 159 250 B. T. U., il s'en perdait 3 100 par le rayonnement des tuyauteries avant d'arriver à la machine, qui ne recevait ainsi que 156 150 B. T. U. De cette chaleur, 7 400 B. T. U. avaient dû être consacrées à porter l'eau d'alimentation à la température de l'échappement, au lieu de 5 450, et cette perte de 1 950 B. T. U. doit être attribuée non pas au moteur, mais à la défectuosité des appareils d'alimentation et de condensation, conformément à la règle n° 3 du Comité (p. 1349). D'autre part, la machine renvoyait des enveloppes (*Return from Jackets*) 6 750 B. T. U. par minute, dont 6 600 seulement retournaient à la chaudière, de sorte que le cylindre de la machine recevait en somme $156\,150 - (7\,400 + 6\,600) = 142\,150$ B. T. U. par minute. De ces 142 150 B. T. U., 27 120 seulement étaient converties en travail sur les pistons, d'où un *rendement thermique* de $\frac{27\,260}{142\,150} = 0{,}15$.

Cette machine indiquait 643 chevaux, de sorte qu'elle recevait $\frac{142\,150}{643}$ ou 221 B. T. U. par cheval-minute (3 342 calories par cheval-heure). Des 27 260 B. T. U. utilisées en travail indiqué, il s'en perdait 1 700 par les frottements de la machine, ce qui réduisait sa puissance effective à 599 chevaux, avec une dépense de $\frac{142\,150}{599} = 237$ B. T. U. par cheval-minute effectif.

Le diagramme figure 5 représente le fonctionnement d'une machine à cycle de Rankine entre les mêmes températures limites : 359° F (182° C) à l'admission et 100° F (38° C) à l'échappement, et avec la même puissance de 643 chevaux indiqués : toutes les pertes ont disparu, sauf celles à la cheminée (*Flue Loss*) de 8 900 au lieu de 20 150, B. T. U. et celle de la chaleur emportée par l'eau de condensation : 68 040 au lieu de 110 240. Il n'y a pas d'enveloppes, mais un réchauffeur d'alimentation pour sauver 28 100 des 31 400 B. T. U. perdues au foyer. La machine reçoit par minute 100 900 — 5 600 B. T. U. envoyées à la chaudière par l'eau d'alimentation, ou 95 300 B. T. U., dont 27 260 utilisées sur les pistons, soit un rendement thermique de $\frac{27\,260}{95\,300} = 0\,285$, au lieu de 0 15, et une dépense de $\frac{95\,300}{643} = 148$ B. T. U. par cheval-minute au lieu de 221.

Le rendement spécifique de la machine Leavitt est, d'après la définition du Comité, de $\frac{148}{221} = 0{,}67$.

DYNAMOTÈTRE *Dalby*.

La poulie D du dynamomètre actionne (fig. 7) son arbre par un ressort C, et porte une poulie Q^1, sur laquelle passe une corde qui y revient, comme l'indique la figure 8, par la poulie Q_2, calée sur l'arbre de D, de sorte que l'écart entre les sommets des deux boucles de cette corde varie avec l'écart angulaire des poulies Q_1 et Q_2 ou la torsion du ressort C. Pour permettre d'enregistrer cet écart, proportionnel au travail transmis par le dynamomètre, les deux boucles passent (fig. 9 et 10) sur deux poulies F_1 et F_2, très légères pour en éviter les effets d'inertie, et les chapes de ces poulies sont conjuguées par

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

une corde fixée en H à la chape de F_1, renvoyée par des galets fixes à une poulie pendue à la chape de F_2, et passant, de là, à son attache A, par un ressort réglable en K. Lorsque, par suite d'une variation du torque du dynamomètre, F_1 monte en L_1, F_2 des-

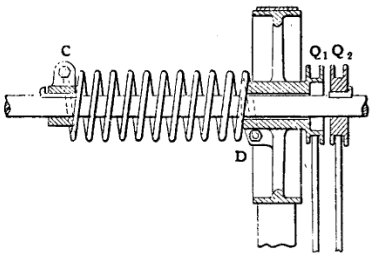
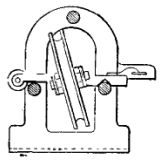


Fig. 7. — Principe du dynamomètre *Dalby*.

Fig. 8.



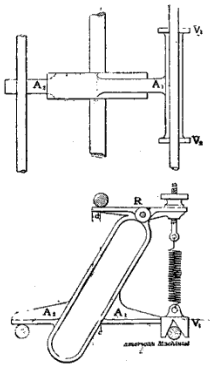


Fig. 11 et 12. — Dynamomètre *Dalby*. Guidage de l'enregistreur.

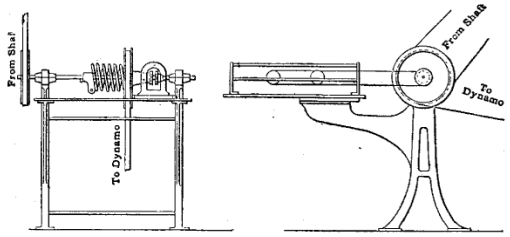


Fig. 13 et 14. — Dynamomètre *Dalby* horizontal.

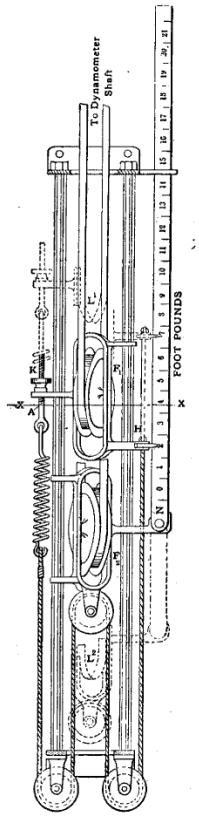


Fig. 9 et 10. — Dynamomètre *Dalby*. Détail de l'enregistreur.

cend de la même quantité en L_2, la distance verticale H. A. et, par suite, la tension du ressort restant invariable. Le fonctionnement de l'appareil enregistreur est ainsi rendu indépendant de la pesanteur; il peut être placé horizontalement ou verticalement. La chape de F_2 porte l'échelle N, et celle de F_1 l'index.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Quant au guidage de l'enregistreur, il est assuré par six points de contact : les quatre contacts des glissières A_1 V_1 V_2, (fig. 12) sur leur barre, celui de A_2 sur la sienne, et celui de R, appuyé sur la troisième barre d par un ressort cédant aux irrégularités du guidage sans danger de coincement.

Les figures 13 et 14 représentent la disposition très compacte d'un dynamomètre de ce genre, avec enregistreur horizontal à roues à chaînes comme poulies Q_1 et Q_2 (1).

INJECTEUR COMPOUND *Park* et *Williston* (2).

Cet appareil, construit par la Hancock Inspirator C°, de Boston, est caractérisé par l'accouplement, en une seule boîte, de deux injecteurs doubles, manœuvrés isolément

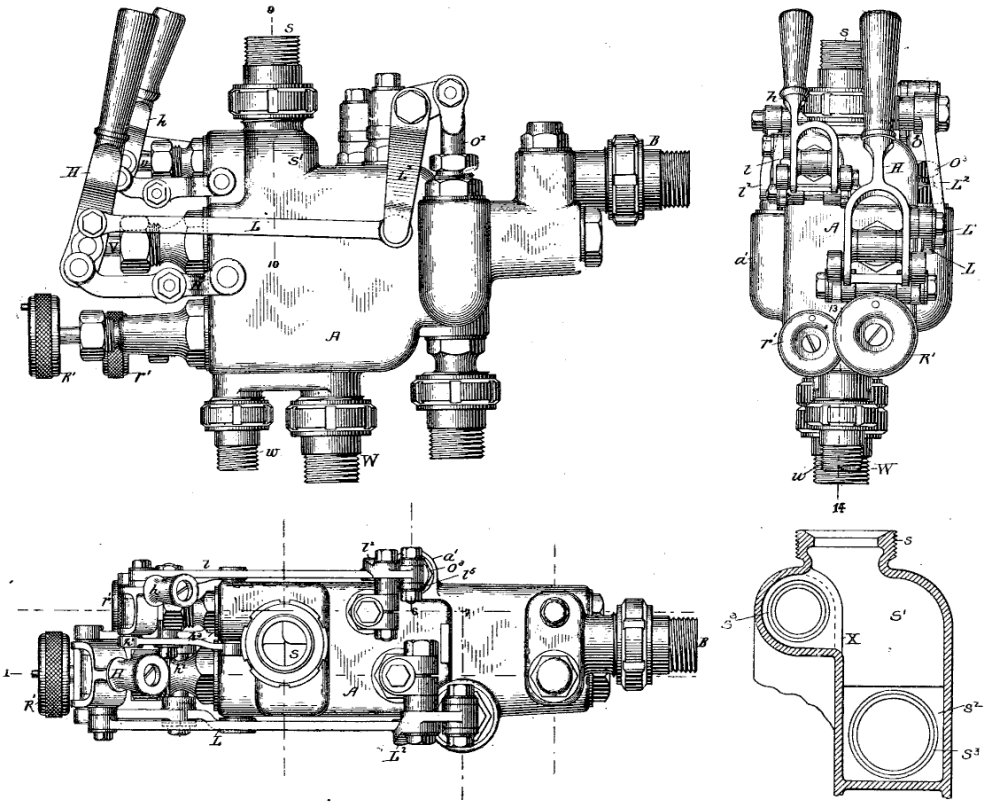


Fig. 15 à 18. — Injecteur *Park et Williston*. Élévation, plan, vue par bout. Coupes 9-10.

par leurs leviers H et h (fig. 15) de manière à pouvoir faire varier le débit depuis celui du plus petit des deux injecteurs jusque à la somme des deux. Ces deux injecteurs accouplés ne diffèrent que par leurs dimensions, et leurs pièces analogues sont affectées,

(1) *American Machinist*, 22 septembre, p. 708.
(2) *Bulletin* d'avril 1894, p. 202.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sur les figures 19 et 20, des mêmes lettres en capitales et en italiques; il suffira de décrire le fonctionnement du grand injecteur.

Quand on tire à droite (fig. 19) le levier H, il ouvre d'abord, par V. V′ V_3, l'admission de la vapeur à l'aspirateur C, réglé par R′, et qui aspire puis refoule l'eau de W. en C_3

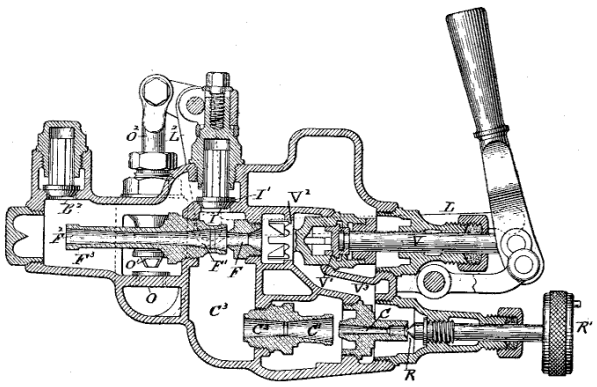


Fig. 19. — Injecteur *Park et Williston*. Coupe du grand injecteur.

par C_2 C_1 : cette eau passe au trop-plein O, partie par les cônes de refoulement F F′, partie et surtout par la soupape I. A mesure que H continue son mouvement, il ouvre graduellement la vapeur au refoulement par V_2, et ferme, par L.L′O_2O, le trop-plein O;

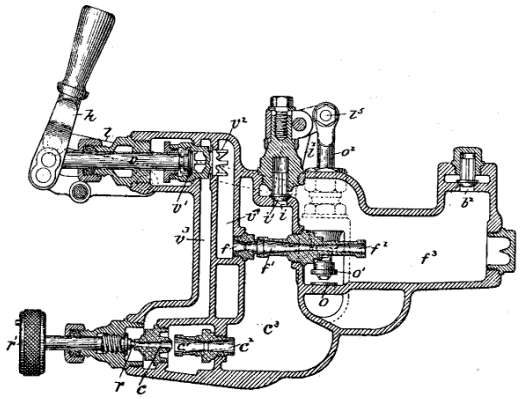


Fig. 20. — Injecteur *Park et Williston*. Coupe du petit injecteur.

en même temps, la pression en F_3 ferme I′ et ouvre le clapet B_3 de refoulement à la chaudière.

La vapeur arrive aux deux injecteurs par le raccord S.S′, à branchements $S_3 s_3$ (fig. 18) à partir desquels la boîte commune A est divisée par une cloison X jusqu'au refoulement commun B.

Si l'on veut se servir du petit injecteur pour seulement réchauffer l'eau, on n'a qu'à

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'ouvrir brusquement par h, de manière à fermer son trop-plein avant l'établissement de son refoulement, et à en envoyer la vapeur au réservoir du réchauffeur.

TRANSPORT DES BOIS PAR RADEAUX AUX ÉTATS-UNIS (1)

Ces radeaux sont principalement employés sur le côté nord du Pacifique, notamment pour le flottage des bois de l'Orégon et du Washington à San Francisco, sur des parcours atteignant, jusqu'à 1 000 kilomètres.

Le radeau est assemblé à terre sur un berceau qu'on lance avec lui à la mer, puis on en sépare le berceau, et on abandonne le radeau à la remorque d'un navire.

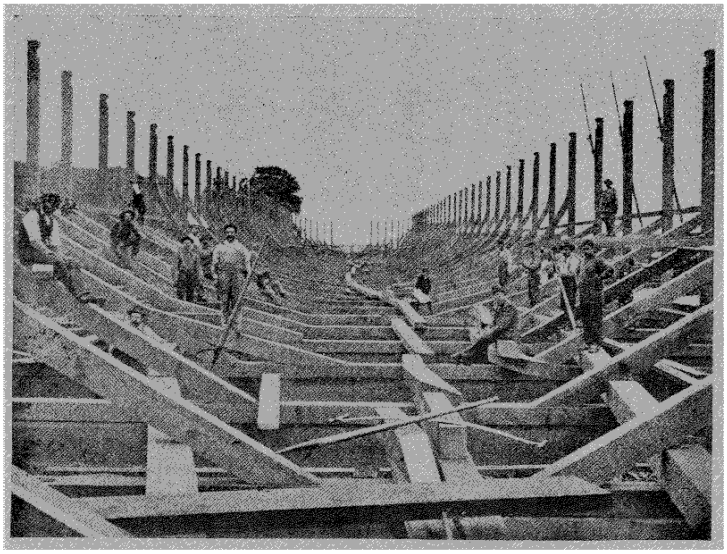


Fig. 21. — Berceau de radeau.

Le berceau est (fig. 21) composé de 43 fermes ou membrures espacées de $3^m,60$. Sa longueur totale est de 160 mètres environ; ces membrures, en bois de 200×250, avec entretoises disposées de manière à donner au berceau un profil cylindrique, sont reliées entre elles par six cours de longrines de 300×300, dont 4 au fond et 2 sur les côtés, et chaque membrure est en deux parties assemblées suivant l'axe du radeau par des boutons faciles à retirer. Ce radeau est amené dans une sorte de bassin en pleine eau, entre deux rangées de pieux qui lui permettent de suivre la montée et la descente des marées, puis on y range les billes de bois au moyen de deux grues à vapeur destinées à former le radeau. Ces billes doivent être droites, avoir au moins 9 mètres de long et $0^m,30$ de diamètre au petit bout.

Le radeau une fois ainsi formé pièce par pièce dans son berceau prend (fig. 22, 23 et 24) l'aspect d'un immense cigare de 3 mètres de diamètre aux extrémités sur 15 mètres au milieu, cerclé de chaînes de 30 millimètres, écartées de $3^m,60$ et de

(1) *Engineering Magazine*, octobre 1898.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

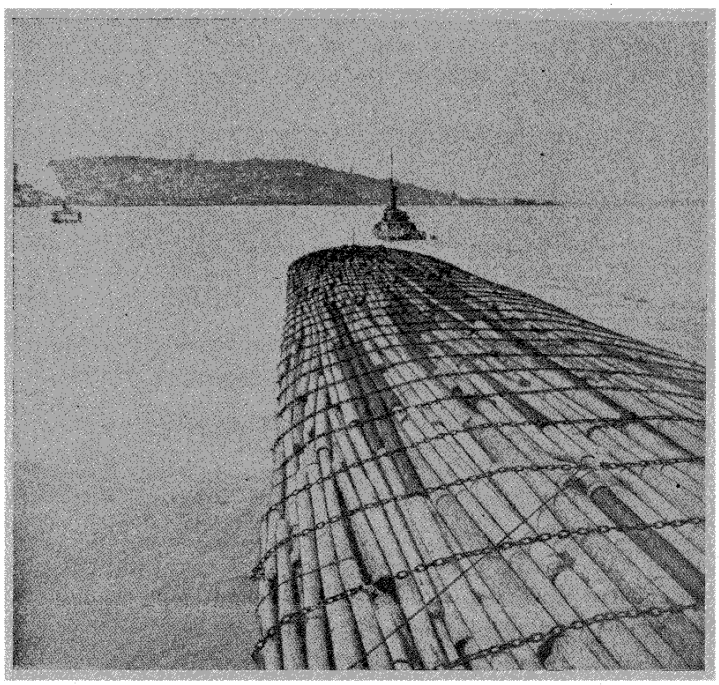


Fig. 22. — Radeau de bois, avant.

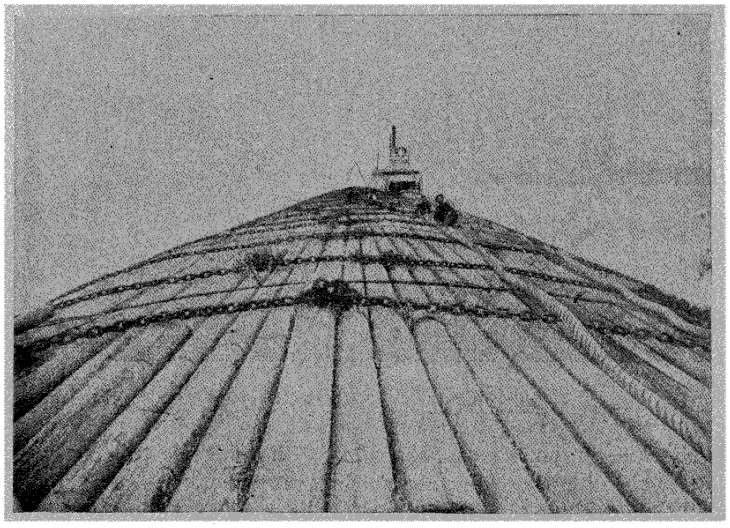


Fig. 23. — Radeau de bois, arrière.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

câbles métalliques longitudinaux et transversaux. Les extrémités sont armées de boucliers en madriers de 500 millimètres d'épaisseur, cloués sur les billes avec deux gros mâts sur lesquels passent les câbles longitudinaux; les câbles transversaux sont atta-

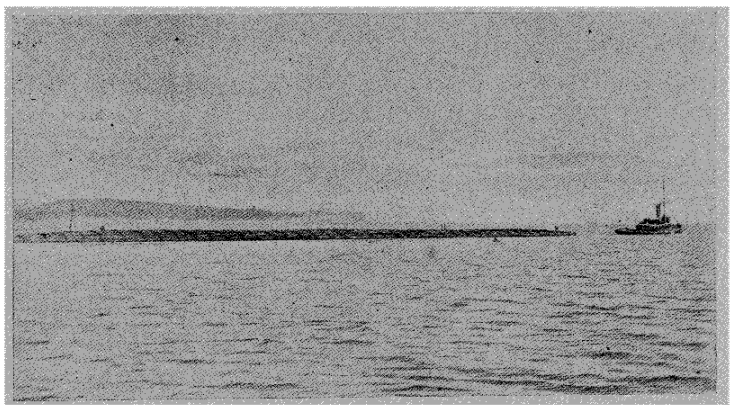


Fig. 24. — Remorquage du radeau.

chés aux chaînes un peu au-dessous de la ligne de flottaison de manière à empêcher l'élargissement du radeau comme le feraient des tirants. Dans l'axe même du radeau,

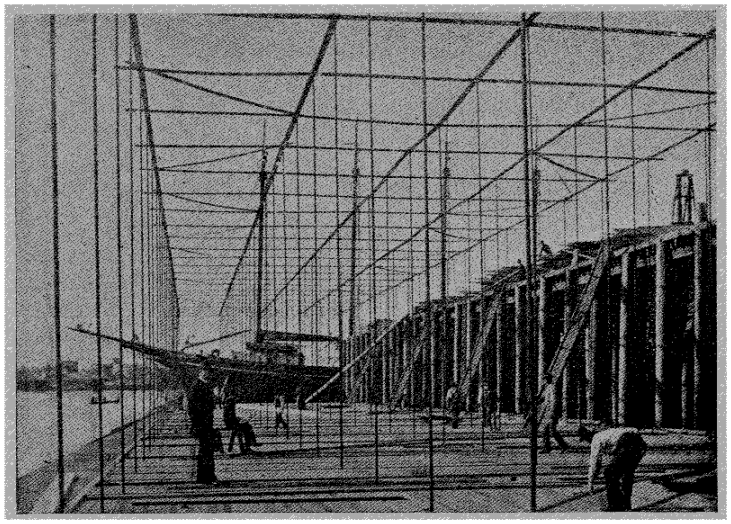


Fig. 25. — Construction d'un radeau de planches type *Inman*.

passe, d'un bout à l'autre, une grosse chaîne de 50 millimètres, avec chaînons attachés alternativement à droite puis à gauche aux chaînes qui cerclent le radeau : c'est par cette chaîne axiale que l'on remorque le radeau, de sorte que l'effort de cette remorque tend lui-même à resserrer les billes. Le poids total des chaînes est d'environ 18 tonnes.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Un radeau renferme environ 135 kilomètres de billes d'une longueur moyenne de 16^{m},50 et de 360 millimètres de diamètre au petit bout.

On transporte aussi par radeaux des trains de planches et de madriers. Pour construire ces radeaux, on établit, le long d'une ligne de pilotis de 120 mètres de long, et sur cinq cours de longrines formés chacun par la superposition de cinq planches de 50 millimètres d'épaisseur, une vaste plancher de 120 mètres $\times$ 16 de large, Dans les longrines, sont fixées (fig. 25) 170 tiges de fer espacées de 3^{m},60, qui servent de boulons pour serrer par le haut et maintenir les planches, que l'on superpose par lits alternativement en long et en large jusqu'à une hauteur de 6^{m},30, à mesure que le plancher s'enfonce dans l'eau, puis on cercle le tout avec un câble d'acier de 30 millimètres. Ce radeau contient 12 000 mètres cubes de bois, et n'offre que peu de prise aux vagues. On peut leur objecter le danger de se rompre en grosse mer et la détérioration possible du bois par l'eau boueuse ou salée. La pratique ne s'est pas encore prononcée définitivement.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

BIBLIOGRAPHIE

ÉTUDES SUR LES MÉTHODES ET LES INSTRUMENTS DES NIVELLEMENTS DE PRÉCISION, Ouvrage posthume du **Colonel Goulier**, publié et annoté par **M. Charles Lallemand.** Compte rendu par **M. E. Cheysson,** *membre du Comité de commerce.*

Lorsqu'en 1879, les ministres de l'Intérieur, de la Guerre et des Travaux publics nommèrent une commission chargée de dresser le projet de nivellement général de la France, ils eurent l'heureuse inspiration d'y introduire le colonel Goulier, qui avait conquis en cette matière une réputation méritée.

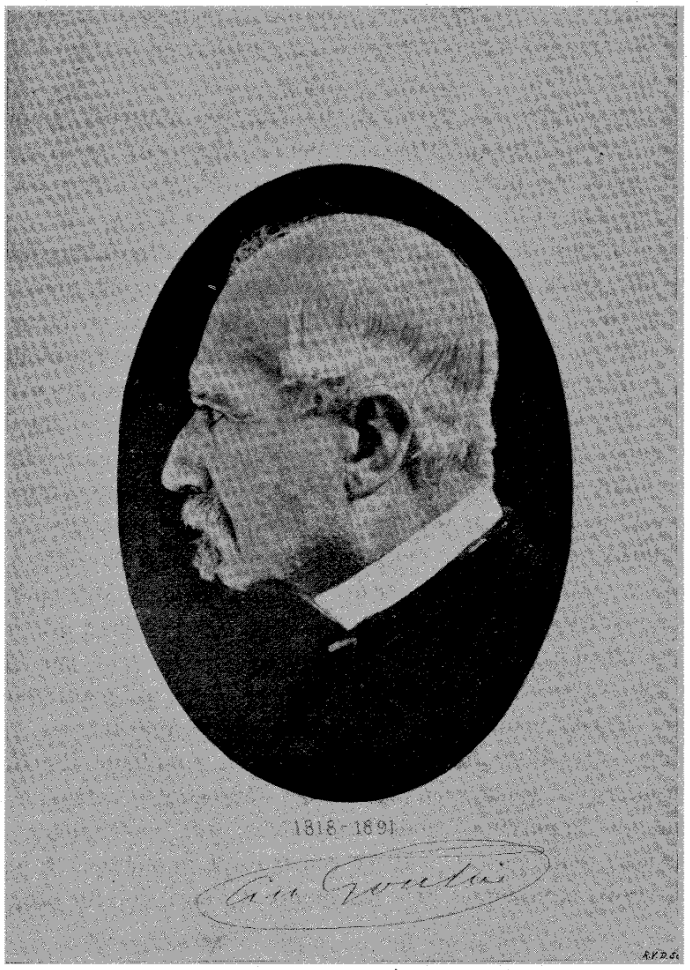
Goulier était déjà en retraite depuis un an et occupait alors l'emploi « civil » de conservateur du Dépôt central des instruments de précision du génie, que l'on avait créé pour lui, afin d'utiliser ses aptitudes exceptionnelles. Dégagé des préoccupations courantes du service actif, disposant d'un atelier de construction, il s'y livrait à des expériences pour perfectionner les instruments et les méthodes de la topographie.

Dès son entrée dans la Commission, et malgré sa modestie qui fuyait le premier plan, il y prit une situation prépondérante. Il nous apportait cette autorité et cette expérience que lui avaient values ses trente années de professorat à Metz, puis à Fontainebleau (1844-1875), toutes les découvertes qu'il avait semées à pleines mains avec une ingéniosité et une fécondité inépuisables, et qui toutes procédaient de sa conception neuve et originale de la science topographique.

Ces principes directeurs, il ne les a malheureusement pas développés dans ce livre magistral qu'il nous devait et que nul n'aurait été mieux en état de faire; mais on peut du moins en recueillir l'indication sommaire dans divers écrits qu'il a publiés sur des sujets spéciaux, et notamment dans cet admirable discours qu'il prononça, le 17 mai 1868, comme président de l'académie de Metz, sur la *topographie* et *sur les formes du terrain*. C'est là qu'on trouve en germe les idées maîtresses qui éclairent toutes les recherches de Goulier. Cantonnant l'absolu dans la science pure, il ne l'admettait pas sur le terrain des applications pratiques, « où l'on doit toujours compter avec les résistances passives, contre lesquelles il faut lutter dans chaque action matérielle ». Les vérités les plus indubitables souffrent de leur traduction par nos organes plus ou moins grossiers et nos instruments plus ou moins infidèles. Telle est l'origine de ces *erreurs* invo-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

lontaires, inévitables, que le colonel distinguait si soigneusement des *fautes*, contre lesquelles on ne saurait trop se prémunir et qui proviennent de l'inadvertance des opérateurs. Mais il se gardait bien d'admettre que cette infirmité de nos sens et de nos outils dût nous faire renoncer à la justesse de nos levés.



« Si l'on peut dire de la géométrie rationnelle, déclarait-il, qu'elle est l'art de faire des raisonnements exacts sur des figures fausses, on peut dire de la géométrie pratique, dont on fait usage dans les levés de terrain, que c'est l'art de faire des figures exactes avec des instruments infidèles. »

Cette exactitude elle-même, s'il la poursuivait avec ténacité, il entendait ne

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pas l'exagérer au delà des limites que comporte le report graphique (1) et que réclame la précision des résultats définitifs. Il professait qu'on peut, à cet égard, pécher par excès aussi bien que par défaut, et qu'il faut adopter, pour chaque levé, les instruments et les méthodes qui conviennent à son rôle et à son échelle.

C'est ainsi qu'il a tracé les règles pour les levés de haute précision, les levés expédiés et les simples reconnaissances, proportionnant partout l'effort au but, les moyens au résultat.

« Ces règles, d'après lui, devaient être simples, motivées, sinon justifiées, par quelques principes se rapportant aux points principaux des questions et laissant dans l'ombre les points secondaires..., pour faire éviter les *fautes*, ces pierres d'achoppement des opérations topométriques (2). »

Le colonel n'était pas partisan de l'emploi des formules analytiques pour les opérateurs (3), parce qu'elles négligent forcément quelques-unes des données du problème, qui a ses côtés psychologiques et moraux, en même temps que matériels et physiques. Il faut compter en topographie non seulement avec la réfraction, la dilatation, la flexion, les poussières, mais encore avec l'homme, ses nerfs, sa fatigue et son tempérament : or ce sont là des éléments qu'on ne sait pas jusqu'ici et que sans doute on ne saura jamais faire entrer dans les équations. Il n'aimait pas qu'on voulût étendre aux levés en rase campagne les méthodes qui sont de mise dans les observatoires pour les appareils de haute précision installés à demeure dans des conditions de grande stabilité. Au lieu donc de se défendre contre les erreurs par des calculs laborieux, faits après coup pour corriger les résultats bruts des observations, il trouvait bien préférable de les éliminer sur place par la disposition même des instruments, par les retournements, les doubles visées et autres procédés analogues, qui permettent d'obtenir des résultats suffisamment exacts, même avec des organes faussés. Dans l'agencement même de ses instruments, il recherchait la simplicité, il évitait les complications inutiles, les vis de rectification, qui dérangent le calage. « Il préférait les instruments imparfaits, mais invariables, aux instruments rectifiables, mais sujets à se déranger (4). » Il les construisait de manière à prémunir les opérateurs contre eux-mêmes et à les mettre à l'abri de leur propre inadver-

(1) L'exactitude est *suffisante* quand elle permet de mesurer les grandeurs avec une appréciation telle que, sur le plan, la position des points ainsi déterminés soit exacte à un dixième de millimètre près, limite des grandeurs appréciables à l'œil nu (Notice du général De la Noë, p. 14).

(2) De la Noë, p. 9.

(3) Il préférait à l'analyse la géométrie, qui permet mieux de suivre les phénomènes, se paie moins d'abstractions et parle aux yeux. Il en a fait un grand usage pour interpréter les observations, en découvrir les erreurs et en contrôler les lois.

(4) De la Noë, p. 17.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tance. Ainsi, dans sa mire parlante, les chiffres ont des dimensions telles qu'ils cessent d'être lisibles à la distance à laquelle on ne peut plus fractionner suffisamment les divisions. « L'opérateur est donc forcé de se tenir dans les limites au delà desquelles l'emploi de la mire cesse d'être exact (1). »

Malgré ces précautions ingénieuses, Goulier enseignait que la meilleure garantie était encore la probité professionnelle des opérateurs. Il flétrissait « ces capitulations de conscience » qui les entraînaient, pour masquer une faute, à en commettre une autre; il insistait sur les vérifications fréquentes qui dénoncent la faute naissante et permettent de la rectifier aussitôt; « comme dans l'ordre moral, disait-il, une faute non expiée entraîne à beaucoup d'autres (2) ». — « Les gens à conscience élastique, ajoutait-il encore, peuvent avoir parfois des succès de surprise, mais ces succès ne peuvent être que momentanés. C'est ce que le commandant Clerc exprimait avec sa bonhomie habituelle en disant que : pour être bon topographe, avant tout il fallait être honnête homme. »

Honnête homme! Goulier l'était à un degré éminent, et sur ce point comme sur tous les autres, il réalisait l'idéal du parfait topographe. Il apportait la conscience la plus scrupuleuse dans tous les actes, non pas seulement de sa vie privée, mais encore de sa vie scientifique. Il ne livrait rien au hasard, à l'à-peu-près ou à l'improvisation; il étudiait tous les plus petits détails avec un soin, une attention infatigables, qui ne dégénéraient pourtant pas en minutie et qui le conduisaient en dernière analyse à des constructions d'une admirable simplicité. Il prenait un à un tous les organes de ses instruments, les soumettait à une critique pénétrante et arrivait à déterminer leur forme et leurs dimensions rationnelles (3).

A cette précision du savant, il joignait le sens pratique du constructeur. Il ne demandait que ce qui pouvait être exécuté commodément et sûrement; il n'admettait que les perfectionnements qui ne s'achetaient pas par la complication ou par les chances de dérangement en service. Partout ce sens pratique en éveil contenait et dirigeait les *postulata* de la théorie pour atteindre « le bien » qui est à notre portée, sans courir après la chimère du « mieux », qui est le plus souvent son irréconciliable ennemi.

C'est ainsi qu'il a guidé par ses sages conseils plusieurs constructeurs dont il a fait la réputation et la fortune. Il lui est arrivé bien souvent de s'attacher à des idées informes, à de vagues ébauches qu'on lui apportait de divers côtés, et de

(1) De la Noë, p. 21,

(2) *Coup d'œil sur la topographie*, p. 11.

(3) Rien de plus remarquable, par exemple, que sa discussion de toutes les parties du déclinatoire, « ce petit instrument dont la construction ne semble pas avoir dû réclamer de profondes recherches : la hauteur du pivot au-dessus du fond de la boîte, l'ouverture de la pointe, la hauteur de la chape au-dessous du plan de l'aiguille, la forme et le poids de cette aiguille, la largeur de la boîte, l'inclinaison de l'écrou dans lequel s'engage a vis destinée à fixer le déclinatoire sur la planchette, etc., etc., tout y est motivé et justifié » (De la Noë, p. 17).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

les amener à l'état d'inventions viables et fructueuses, avec une patience inaltérable et un admirable désintéressement, sans en rien retirer pour lui que le plaisir d'avoir rendu service. Il laissait ainsi, à force de bonté, dévorer sa vie par les autres, interrompant ses propres travaux pour s'atteler à ceux de ces inventeurs indiscrets, qui vivaient de sa substance et auxquels il ne savait jamais se refuser.

La Commission du nivellement, étant trop nombreuse pour l'action, avait, dès ses débuts, nommé, suivant l'usage, une Sous-Commission, chargée de préparer ses résolutions pour les séances plénières.

C'est là, dans cette Sous-Commission (1), dont il était la tête et l'inspirateur, que nous l'avons vu déployer toutes les ressources de son expérience et de son ingéniosité. Il a pris une large part à toutes les décisions qui ont successivement arrêté le programme du nivellement, déterminé ses divers réseaux et défini leur ordre de précision, les méthodes, les instruments et les repères convenant à chacun d'eux. Tous ses collègues, qui n'ont pas tardé à devenir ses amis, ne pouvaient se lasser d'admirer sa prodigieuse érudition, qui lui fournissait sur toute question le mot juste et le renseignement précis, sa connaissance parfaite de toutes les données de chaque problème, la fertilité de ses solutions, qui ne devaient rien à l'improvisation, mais qui procédaient de sa longue expérience et de l'ensemble de ses travaux antérieurs.

Quand la question était nouvelle, il la soumettait à de patientes études dans son atelier ou sur le terrain. C'est ainsi qu'il a entrepris, sur la variation de longueur du bois des mires, cette belle série d'expériences dont on trouvera l'exposé à la fin du présent volume. C'est ainsi encore qu'il a mené à bien la discussion et la correction du nivellement Bourdaloue.

Ce travail, qui a rempli les dernières années de sa vie, est un prodige de patience et de sagacité. A l'aide des carnets du nivellement, il a refait l'histoire de chaque opération, et, ce qui est plus étonnant encore, celle de chaque opérateur, dont il a pour ainsi dire déterminé « l'équation personnelle » ; il a retrouvé après coup, par la mise en évidence des erreurs systématiques, les longueurs de chaque mire et sa loi propre de variation. Il a pu ainsi mesurer la valeur exacte des diverses portions du réseau et les corrections à leur apporter pour en accroître la précision. C'est au cours de ces curieuses études qu'il a rencontré, d'abord, la question des oscillations possibles du sol, en apparence attestées par les écarts entre le nivellement corrigé de Bourdaloue et le nivellement actuel, puis celle des surfaces de niveau et des « équialtes », enfin celle du « nivelle-

(1) Cette Sous-Commission était composée de MM. Marx, inspecteur général des ponts et chaussées, *président;* le colonel Goulier; Cheysson, directeur des cartes et plans au ministère des Travaux publics; Durand-Claye et Prompt, ingénieurs en chef des ponts et chaussées; Lallemand, ingénieur des mines, *secrétaire*.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ment orthométrique », s'élevant ainsi de proche en proche, d'un simple dépouillement de carnets et d'une aride discussion de mires, aux plus hautes conceptions de la physique mathématique et de la géodésie.

Il était également un maître incomparable en matière de cartographie, et la Sous-Commission eut beaucoup à apprendre de lui, quand elle prépara le projet de loi destiné à doter la France de cette carte à grande échelle que réclament avec une impatience croissante les besoins du génie civil et militaire. Il avait sur cette matière les idées d'un savant doublé d'un artiste et d'un amant passionné de la nature. Il voulait « qu'une carte parlât non seulement aux yeux, mais encore à l'esprit, et fît apprécier les rapports harmonieux qui existent entre les formes du sol et les objets qui le couvrent (1) ». Il avait le sentiment de la beauté, de la continuité et de l'harmonie de ces formes, qui sont l'œuvre des actions séculaires et donnent au terrain sa physionomie. Aussi criblait-il de ses railleries ces cartes, comme en contiennent trop d'atlas, qui sont bien moins des portraits que des caricatures géographiques. Il comparait ces images infidèles ou mortes d'une chose vivante à des mannequins empaillés ; il voulait que le cartographe sût joindre à la science le sentiment artistique, donner la ressemblance et rendre la vie, en s'appuyant sur des opérations d'une rigoureuse géométrie et en y puisant l'intelligence « des rapports harmonieux » que la nature met à toutes ses créations.

Tel était l'homme et le savant que la Commission de nivellement avait la bonne fortune de compter parmi ses membres. Aussi, quand elle dut formuler un programme où seraient présentés les principes à suivre et les mesures à prendre pour la réalisation du nivellement général de la France, n'hésita-t-elle pas à en confier la préparation au colonel Goulier : c'était bien à lui que revenait de droit la tâche de parler en son nom.

Le colonel se mit donc à l'œuvre et commença son mémoire. Mais tourmenté par un insatiable besoin de perfection et de vérité, toujours mécontent de ce qu'il avait fait, paralysé par d'incessants scrupules, aspirant sans cesse à faire mieux, à multiplier les expériences et à fortifier ses démonstrations, en un mot, plaçant trop haut son idéal, il ne pouvait se décider à terminer son travail. Les « épreuves » succédaient aux « épreuves », sans que, malgré nos prières, nos instances, nos sommations amicales, il fût possible de lui arracher son « bon à tirer ». La mort est donc venue, non le surprendre, — car il la voyait venir depuis deux ans avec une admirable sérénité, — mais interrompre ses études (14 mars 1891). Commencé depuis onze ans, le mémoire restait inachevé et menaçait d'être perdu avec tous les trésors qu'il contenait.

(1) Académie de Metz, mémoire cité, p. 15.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

« Il sera possible, nous l'espérons, — disait au lendemain de la mort du colonel l'un de ses meilleurs disciples et son héritier le plus direct dans la topographie militaire, le général de la Noë, — de publier un jour une partie des nombreuses notes qu'il a laissées. C'est un devoir pieux que ses plus fidèles élèves auront à cœur de remplir, afin d'empêcher que le fruit de sa grande expérience et de son grand savoir soit à jamais perdu pour la science (1). »

Ce vœu, en ce qui concerne le mémoire dont il s'agit, a été exaucé par M. Charles Lallemand, qui présentait de nombreux titres pour remplir cette mission de confiance.

Secrétaire de la Sous-Commission du nivellement général de la France, directeur de ce service, qu'il mène avec une grande distinction, il avait été le collaborateur intime et l'ami du colonel, dont il avait recueilli les enseignements divers, et qui, peu avant sa mort, l'avait chargé de mettre au point son mémoire et d'en achever la publication.

La tâche était honorable, mais singulièrement difficile, puisqu'il fallait, par endroits, interpréter la pensée de l'auteur, parfois même la dégager et la compléter. On doit savoir gré à M. Lallemand de s'en être acquitté avec tact, avec science, avec modestie, et, pour tout dire, avec une piété véritablement filiale. Il s'est acquis ainsi des droits à la reconnaissance des amis de Goulier et de la science topographique.

« Plus d'une fois, dit-il lui-même dans l'avant-propos placé en tête du mémoire (2), devant des études aussi nouvelles et si ardues, en l'absence des explications de l'auteur ou de ses principaux collaborateurs, tous morts ou disparus, j'ai dû longement réfléchir pour rechercher sous la phrase un peu obscure, sous la démonstration à peine esquissée, l'idée maîtresse, et pour essayer de la dégager nettement.

« Plus d'une fois aussi, partagé entre la crainte d'altérer l'œuvre et celle de la laisser insuffisamment intelligible, pris entre le respect de la pensée du maître et le souci de la clarté du texte, j'ai longtemps hésité avant de rectifier un chiffre, de modifier un passage. Si, malgré tous mes efforts et ma bonne volonté, j'ai pu être assez malheureux pour dénaturer l'œuvre du maître, j'en demande pardon à sa mémoire ; le lecteur voudra bien m'imputer personnellement tout ce qui, dans ce livre, paraîtrait incorrect. »

Cet ouvrage posthume, ainsi revu, remis au point et annoté par un pieux commentateur, est un grand in-4° de 300 pages, avec 8 planches. Il a pour titre : *Études sur les méthodes et instruments de précision*. Il ne faudrait pas y voir un traité didactique, dont toutes les parties s'enchaînent d'après un plan rigoureux :

(1) De la Noë, p. 21.
(2) P. XVII.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

c'est plutôt, comme son titre l'indique, une suite d'études, juxtaposées dans l'ordre même où elles ont été conçues.

Après un rapide historique de la figuration du relief du sol sur les cartes topographiques, l'auteur passe successivement en revue les causes d'erreurs du nivellement, les méthodes et les instruments imaginés par Bourdalouë, l'initiateur des grands nivellements de précision, et ceux dont on a fait ultérieurement usage pour le réseau suisse ; il en fait ressortir les avantages et les inconvénients respectifs et montre finalement les améliorations à réaliser en vue du nouveau nivellement général de la France.

« Cette disposition, à certains égards fort logique, dit M. Lallemand, a le grave défaut d'imposer de fréquentes redites et de présenter, éparses dans des chapitres divers, les considérations visant soit la mire, soit le niveau, soit les méthodes d'opération.

« J'aurais pu, continue M. Lallemand, procéder à un nouveau et plus rationnel classement des matières ; mais il m'a semblé qu'en agissant ainsi j'aurais excédé mes droits. J'ai donc respecté l'ordonnance du mémoire et me suis contenté, pour en atténuer un peu les inconvénients, de résumer dans une courte notice, en les groupant d'après leur objet essentiel, les observations les plus intéressantes et les principaux résultats des recherches du colonel (1). »

Nous reproduisons ci-après, en annexe, cette notice dans l'espérance que sa lecture inspirera le désir de connaître plus à fond l'œuvre posthume de Goulier « marquée au coin de l'esprit scientifique le plus rigoureux et pleine d'aperçus originaux (1) ».

Il est des hommes qui, de leur vivant, tiennent une grande place, accaparent l'attention publique, mais qui, n'ayant rien fait de durable, « ne laissent aucun nom et meurent tout entiers ». Il en est d'autres, au contraire, modestes, ignorés de la foule, fuyant la réclame et le bruit, appréciés des seuls connaisseurs, mais qui ont marqué profondément leur empreinte sur leur époque, qui se survivent dans leurs œuvres et dont le nom est retenu avec reconnaissance par la postérité.

C'est à cette dernière famille qu'appartient le colonel Goulier, ce savant éminent et modeste, toujours prêt à s'effacer, qui cependant a mérité d'être appelé par de bons juges « le grand maître de la topographie », a renouvelé les instruments et les méthodes de cette science, créé une école tout imprégnée de ses traditions, et inspire encore de son esprit les grandes opérations topographiques accomplies par ses élèves et ses continuateurs.

Dans une notice émouvante, que le colonel Pierre a publiée sur Goulier au lendemain de sa mort (*Bulletin* d'avril 1891), la Société d'Encouragement a déjà

(1) Avant-propos, p. XIX.
(2) *Ibid.*, p. XIX.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

rendu hommage à l'un de ses membres les meilleurs et les plus regrettés ; qu'il me soit permis à mon tour, en terminant cette notice sur son dernier ouvrage, de dire une fois de plus notre affection et nos regrets pour cet éminent collègue et ami, qui avait le cœur encore plus haut que l'esprit et qui possédait à un degré rare ces dons exquis : l'oubli de soi-même, le désintéressement, la bonté.

E. Cheysson.

ANNEXE

NOTICE PRÉSENTANT L'ANALYSE ET LE RÉSUMÉ DES *Études sur les méthodes et les instruments de précision.* — OUVRAGE POSTHUME DU COLONEL **Goulier** (1)

Cet ouvrage, n'étant destiné qu'à fournir un programme de discussions et de recherches pour la Commission du Nivellement général de la France, ne présente aucun des caractères d'un traité didactique.

Les nombreuses et savantes questions que soulèvent la théorie, les instruments et les méthodes du nivellement s'y présentent dans un ordre susceptible de dérouter un peu le lecteur. Pour remédier autant que possible à cet inconvénient, cette notice va, en quelques pages forcément un peu sèches, analyser rapidement ce travail, en soulignant au passage les choses neuves et intéressantes.

Elle passera successivement en revue ce qui regarde :

1° La théorie du nivellement et les erreurs dues à la forme de la terre ou à la réfraction atmosphérique ;

2° Les instruments : niveau et mire ;

3° Les opérations sur le terrain : repères, programme, personnel, méthodes ;

4° La surface fondamentale de comparaison des altitudes et la constatation des mouvements du sol (2).

I. — THÉORIE ET ERREURS GÉNÉRALES DU NIVELLEMENT

a) *Théorie des équialtes.* — L'auteur montre (chapitre XX) que, par suite de l'aplatissement de la terre aux pôles et du défaut corrélatif de parallélisme des surfaces de niveau, les altitudes obtenues au moyen des procédés ordinaires, pour les divers points d'un cheminement, n'expriment pas, comme on le croit généralement, les hauteurs de ces points au-dessus d'une même surface de niveau, prise comme base de comparaison, mais représentent les distances de ces mêmes points à une ligne particulière, que le colonel nomme *équialte*, et dont *la propriété caractéristique est d'être perpendiculaire aux verticales des points successifs du cheminement.*

(1) Cette notice est l'œuvre de M. Charles Lallemand, qui a mis au point, annoté et publié le livre du colonel Goulier.

(2) Ce classement des matières est celui que M. Lallemand a adopté dans son *Nivellement de haute précision.*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le lieu géométrique des lignes équialtes partant d'un même point serait ainsi théoriquement une *surface équialte*, véritable origine des altitudes.

Étant donnée, il est vrai, la distribution arbitraire des verticales des points superficiels du sol, la surface en question ne saurait exister.

D'autre part, les erreurs résultant de l'ancienne conception du nivellement peuvent être beaucoup plus simplement éliminées en ajoutant aux altitudes obtenues des corrections qui leur font exprimer soit les distances des points du cheminement à une même surface de niveau (*théorie orthométrique*), soit le travail de la pesanteur entre ces points et le niveau de comparaison (*théorie dynamique*).

Malgré cela et bien que totalement dénuée d'utilité pratique, la théorie des équialtes reste une très curieuse étude de géométrie pure.

b) *Erreur de sphéricité.* — La diminution de courbure des méridiens terrestres, à mesure qu'on se rapproche du pôle, introduit dans les résultats du nivellement une petite erreur systématique. Le colonel montre (chapitre III, nos 16 et 17) qu'elle est négligeable.

c) *Erreur de réfraction.* — Les erreurs occasionnées par la réfraction se trouvent discutées dans le même chapitre (nos 18 et suivants), ainsi que les précautions à prendre pour les éviter.

L'auteur étudie, à ce point de vue, l'influence de divers éléments, tels que l'inclinaison du sol, la distance du niveau à la mire, et les conditions thermiques de l'atmosphère.

Il démontre, notamment, l'utilité de restreindre la longueur des portées, de tenir la lunette le plus haut possible au-dessus du sol et d'éviter les lectures près du pied de la mire.

II. — INSTRUMENTS

a) *Niveau.* — Les deux parties essentielles du niveau sont la *lunette* et la *nivelle* (assemblage de la fiole à bulle d'air et de sa monture).

La lunette fait l'objet du chapitre VIII. On y voit que, pour les instruments de topométrie et de nivellement, la limite du grossissement utile correspond à un anneau oculaire de 1 millimètre à $1^{mm},7$ de diamètre. Le colonel recommande un grossissement de 26 à 30 fois, avec une distance focale de 36 à 40 centimètres et une ouverture utile de 36 millimètres pour l'objectif, un tube sans soudure pour le corps de la lunette et des fils aussi fins que possible pour le réticule.

Le chapitre IX, tout entier, traite de la *mise au point* de la lunette, des règles à suivre pour obtenir un bon résultat et des erreurs causées par leur imparfaite observation.

Dans le chapitre X, consacré à la nivelle, on trouve exposée, pour la première fois, les lois qui lient la vitesse de translation de la bulle et le temps nécessaire à son calage, d'une part, avec l'inclinaison donnée à la fiole, son rayon de courbure et la longueur de la bulle, d'autre part.

On y discute également les dimensions à donner à la nivelle et les mesures à prendre pour en accroître la sensibilité, les conditions à remplir par le liquide de la fiole, les déformations de celle-ci sous l'influence des changements de la température et de la pression ambiantes, enfin les précautions spéciales à observer dans le montage.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L'auteur montre ensuite (chapitre XI) le danger des contacts imparfaits dans les niveaux à réversion et signale les erreurs systématiques, relativement considérables, causées par l'introduction de poussières entre les colliers de la lunette et les supports de la nivelle. Comparant à cet égard (chapitre XII) les divers types de niveaux, il conclut que le niveau suisse était inférieur au niveau Bourdaloué.

Après avoir rappelé les défauts de ce dernier instrument et indiqué les moyens de les corriger, il expose (chapitre XXIV) les principes à observer dans la construction d'un *niveau de précision*.

b) *Mire*. — Les bois employés à la confection des mires de nivellement s'allongent ou se raccourcissent sous diverses influences.

L'étude spéciale que nous avons consacrée à ce sujet, et qui se trouve annexée à la fin du volume, donne le détail complet des recherches faites à cet égard. Nous nous contenterons d'en résumer ici brièvement les conclusions.

Les bois varient de longueur par suite de l'oxydation progressive de la sève après l'abatage et surtout eu égard aux changements de la température ou de l'humidité de l'air ambiant. Mais, tandis que la chaleur agit en quelques heures, souvent plusieurs semaines sont nécessaires à l'humidité pour faire sentir ses effets.

Ces variations de longueur des bois sont plus faibles dans le sens des fibres que dans le sens perpendiculaire.

L'action de la température est sensiblement la même, que le bois soit à l'état naturel, ou qu'on l'ait recouvert à froid de trois couches de peinture à l'huile et au blanc de céruse, ou encore qu'il ait été préalablement bouilli à 150 degrés dans l'huile de lin.

L'allongement est proportionnel à l'accroissement de la température dans les limites ordinaires des variations de celle-ci au cours des opérations sur le terrain.

Pour les bois résineux, et notamment pour le sapin ordinaire, peint, aux trois quarts sec, dont on fait les mires, le coefficient de cet allongement varie avec l'état hygrométrique.

Les bois les moins sensibles à l'action de l'humidité sont les bois résineux. Sauf pour ceux-ci, l'allongement, dans les circonstances ordinaires de la pratique, est sensiblement proportionnel à l'accroissement de l'état hygrométrique.

Dans les bois peints, les variations de longueur et de poids sont un peu moindres que dans les bois laissés à l'état naturel, et même, contrairement à une croyance assez répandue, que dans les bois imprégnés d'huile.

Sur la foi de quelques observations faites à l'étranger, les conclusions précédentes ont été mises en doute et plusieurs savants se sont demandé si les changements de longueur du bois des mires ne seraient pas liés aux variations de l'*humidité absolue* de l'air, plutôt qu'à celles de l'*humidité relative*.

En discutant à nouveau les faits invoqués, nous avons pu montrer que cette interprétation est erronée et que, loin de contredire les conclusions ci-dessus, ces faits ne font au contraire que les confirmer.

Les variation de longueur des mires, eu égard aux changements de la température et de l'humidité, rendent nécessaire leur étalonnage fréquent (chapitre IV). Bourdaloué avait pris à ce sujet d'insuffisantes précautions, qui lui ont attiré des critiques justifiées.

Pour écarter ce danger, le colonel avait imaginé (chapitre V) et fait construire une *mire compensée*, dans laquelle un ingénieux dispositif, agissant sur la nivelle, en

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

raison de la différence des dilatations de deux métaux, assurait à la règle en cuivre portant la division l'inclination convenable pour compenser l'allongement de cette règle par la chaleur. Cette mire, d'une manœuvre délicate, n'a jamais été employée. Mais le résultat cherché a été obtenu par un autre artifice, tout aussi ingénieux, décrit (chapitre XXII) sous le nom de *mire à compensation* et dont le principe est le suivant :

Deux règles, l'une en fer, l'autre en laiton, formant comme une sorte de thermomètre bimétallique, noyé dans l'âme de la mire et fixé à celle-ci par le talon, sont munies, à leur partie supérieure, d'échelles micrométriques sur lesquelles on lit, d'une part, l'allongement absolu par mètre de la règle en fer, et, d'autre part, la différence de longueur, par mètre, de cette dernière et de la règle en bois.

La somme des deux lectures exprime, à chaque instant, l'allongement métrique absolu de la division.

Le colonel recommande, comme prêtant moins aux fautes, les divisions à traits.

Dans la *mire à compensation*, trois de ces divisions, l'une en centimètres, la seconde en demi-centimètres et la troisième en doubles millimètres, sont accolées sur l'une des faces de la mire et protégées par un couvercle pendant les transports.

La verticalité de la règle est contrôlée au moyen de petites nivelles sphériques; l'immobilité nécessaire est obtenue à l'aide de poignées et d'arcs-boutants.

Les erreurs d'estime des fractions de division et celles pouvant provenir de la position du zéro sont étudiées (chapitres VI et VII) avec les moyens de les atténuer.

Dans le chapitre XXIII, on examine, au double point de vue des erreurs d'estime et des garanties contre les fautes de lecture, les divers types de mires parlantes les plus usités (mires Bourdaloué, mires du commerce, mires du génie, etc.) et l'on discute les avantages et les inconvénients respectifs du mode de division et de la forme des chiffres dans chacun de ces types.

III. — OPÉRATIONS SUR LE TERRAIN

a) *Repères.* — Le chapitre II renferme quelques considérations sur les repères fixes, sur la stabilité relative de leurs supports et sur les formes les plus convenables à leur donner; puis une critique des repères provisoires (fiches ou plaques métalliques) employés par Bourdaloué et à l'étranger; enfin, un projet de fiches et de piquets échappant aux inconvénients signalés.

A cette occasion, le danger des terrains tourbeux ou marécageux, pour les nivellements de précision, se trouve mis en lumière, ainsi que les précautions à observer, le cas échéant, pour s'en garer.

Dans le chapitre XIX (nos 127 et 128), on indique l'utilité de repères fondamentaux, érigés en des points d'une stabilité reconnue, et la nécessité d'un service général de conservation des repères.

b) *Programme des opérations.* — L'auteur montre (chapitre XXI) que le nouveau nivellement général de la France doit s'appuyer sur un réseau fondamental empruntant les lignes de chemin de fer, qui sont les voies les plus favorables à la précision; ce réseau doit recouper le nivellement de Bourdaloué en des points assez nombreux pour permettre d'en déceler les fautes et de les corriger.

c) *Personnel.* — Le chapitre XXIX traite des conditions à remplir par le personnel.

« Pour un chef de brigade, dit le colonel, la conscience et une excellente vue sont

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

des qualités préférables à l'instruction scientifique, ou même à l'expérience pratique antérieurement acquise ailleurs; les agents soi-disant expérimentés n'étant souvent que plus rebelles à l'emploi de méthodes perfectionnées à la place de leur routine. »

d) *Méthodes d'opération.* — Dans les chapitres XIII à XIV inclus, la méthode de Bourdalouë se trouve comparée avec celle postérieurement adoptée, sous le nom de « méthode suisse », dans quelques pays étrangers.

L'auteur examine successivement, dans chacune de ces opérations, le rôle des erreurs accidentelles et celui des erreurs systématiques; tout compte fait, d'après lui, le nivellement de Bourdalouë est au moins aussi exact que le nivellement suisse.

En outre, dans le premier, on a su mieux allier la précision avec la rapidité et l'économie d'exécution, conformément à cet axiome que, *dans les opérations de topométrie et d'altimétrie, les procédés les plus simples et qui exigent le moins d'efforts d'attention sont toujours les meilleurs.*

Les chapitres XXV à XXVIII contiennent la description et l'examen comparé de trois méthodes d'opération, savoir : la *méthode par visées réciproques*, la *méthode par collimation réciproque* et la *méthode par l'équidistance.*

Dans la méthode par visées réciproques, on fait usage d'un instrument très simple, réduit à une nivelle solidaire d'une lunette, et l'on corrige les erreurs instrumentales, sans retournement de la lunette ni de la fiole, en mettant le niveau en station successivement auprès de chacune des deux mires. Mais cette pratique, ne permettant d'utiliser qu'une hauteur de mire au plus égale à celle de l'opérateur, offre l'inconvénient de trop multiplier le nombre des nivelées.

Dans la méthode par collimation réciproque, on emploie deux niveaux, dont les lunettes, d'abord pointées l'une sur l'autre, sont ensuite et simultanément dirigées sur la mire. Ce procédé, qui semble présenter quelques avantages, mériterait d'être soumis au contrôle de l'expérience.

La méthode par l'équidistance, dont le nom dit suffisamment le principe, est la plus simple de toutes et la plus employée; c'est notamment celle qui a été adoptée pour les opérations du nouveau nivellement général de la France. L'auteur indique certaines précautions à prendre pour en tirer les meilleurs résultats.

Les chapitres XXX et XXXI donnent un énoncé succinct des expériences à faire, soit pour comparer entre elles les diverses méthodes par la mesure répétée de la différence de niveau de deux points stables, soit pour analyser les diverses causes d'erreurs, telles que la réfraction atmosphérique, les variations de sensibilité de la fiole avec la température et la pression, ou encore l'imperfection des contacts entre la lunette et la nivelle.

IV. — ZÉRO NORMAL DES ALTITUDES ET MESURE DES MOUVEMENTS DU SOL

a) *Zéro normal.* — L'importante question du niveau moyen de la mer et le choix du zéro normal des altitudes font l'objet du chapitre XIX (n^{os} 121 à 126).

On y montre l'utilité de faire coïncider ce zéro avec le niveau moyen de la mer dans une localité judicieusement choisie, et cela bien que, par suite d'influences atmosphériques ou d'apports d'eaux douces, ce niveau puisse être exposé à des erreurs plus ou moins sensibles.

b) *Constatation des mouvements du sol.* — Dans les deux chapitres XVII et XVIII,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'auteur montre comment on pourrait, après coup, par la critique des données consignées dans les registres d'observations de Bourdalouë :

1° Déterminer l'erreur des mires et les erreurs systématiques de quelques-uns de ses opérateurs, puis corriger en conséquence les altitudes déduites de ce nivellement ;

2° Comparer ces altitudes corrigées avec celles du nouveau nivellement général, pour les repères communs aux deux réseaux, et mettre ainsi en évidence les mouvements du sol survenus dans l'intervalle des deux opérations.

CHARLES LALLEMAND.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

LIVRES ET OUVRAGES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE

EN AOUT, SEPTEMBRE, OCTOBRE 1898

Du ministère des Travaux publics. **Statistique des chemins de fer français** au 31 déc. 1896. 1er *partie*, France. Intérêt général. 2e *partie*, France. Intérêt local. Algérie, Tunisie. 2 vol. in-4, 454 p. Imprimerie Nationale.

Du ministère du Commerce. **Office du travail.** Les caisses patronales de retraite des établissements industriels. 1 vol. in-8, 430 p. Imprimerie Nationale.

Du ministère de l'Instruction publique. **Congrès des Sociétés savantes.** Discours d'ouverture de MM. Darlu et A. Rambaud. 1 broch. in-8. Imprimerie Nationale.

La traction électrique sur les voies ferrées, par MM. A. Blondel et P. Dubois. 2 vol. in-8, 800 p., 1014 fig. Paris, Baudry.

De l'*Administration des Monnaies et Médailles.* Rapport au ministère des Finances, 3e année, 1898, 1 vol. in-8, 361 p. Imprimerie Nationale.

De l'*Encyclopédie Leauté* (Paris, Gauthier-Villars). **La Fonderie**, par M. L. Verrier. **Le Déclassement des bouches à feu**, par M. P. Laurent. **Les Canalisations électriques**, par M. V. Picon.

Traité de mécanique expérimentale. Leçons professées à l'École d'Agriculture de Grignon, par MM. Ringelmann. 1 vol. in-18, 360 p., 350 fig. Paris, Librairie agricole.

Association Lyonnaise des propriétaires d'appareils à vapeur. Notes sur **quelques accidents d'appareils à vapeur** et sur **deux explosions de lessiveuses de papeterie**, par M. Dessuzeur. 2 brochures. Lyon, Imprimerie Storck.

Congrès international d'hygiène à Madrid. Communication de M. C. Baudran sur les **petits logements**. 1 broch. Beauvais. Imprimerie Administrative.

Salle d'école avec éclairage au gaz par réflexion. Accidents dus à l'acétylène. Comparaison entre les éclairages usuels, par M. A. Bouvin. 1 broch. Paris. Imprimerie Mouillot.

Étude sur la composition des cuivres rouges destinés à la fabrication des tuyaux de vapeur, par M. Besson. 1 broch. in-8. Paris, Bernard.

Montage des machines marines, par M. Moritz. 1 broch. in-8, 112 p. 94 fig., 2 pl. Paris, Bernard.

Dosage du tanin dans les écorces de Chine, par MM. Borel et de Blonay. 1 brochure. Paris, Masson.

Ponts métalliques, en maçonnerie et suspendus, par M. Bérard, 1 brochure, 24 p., extraite du *Bulletin des Ingénieurs civils de France.*

Quelques mots sur les moteurs à gaz et à pétrole, par M. G. Richard. 1 broch. in-8, 24 p. Nancy. Imprimerie Nancéienne.

Les ballons-sondes, par M. W. de Fonvielle, 1 vol. in-18, 148 p. Paris, Gauthier-Villars.

Bureau of Labor Statistics. *Rapport annuel pour* 1897. 1 vol. in-8, 900 p. New-York. Wynkop, Crawford Co.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Annual Report of the Commissioner of Labor. 1897. *Economic Aspects of the Liquor Problem.* 1 vol. in-8, 280 p. Washington, Gouvernment Printing Office.

De MM. *Lawes et Gilbert.* **The Valuation of Manures obteined by Comsumption of Foods for the Production of Milk. — The Royal Commission on Agricultural. Dépression and the Valuation of uneshausted Manures. — The Growth of Sugar Beet and the Manufacture of Sugar. Memoranda of Field Experiments at Rothamsted Herts.**

Bibliographia Geologica i Minera de la Republica Mexicana, par M. R. A. Y Santillan. 1 broch. in-8, 160 p. Mexico.

Annuaire des Mines et de la Métallurgie pour 1898. 1 vol. in-8, 1260 p. Paris, Bernard.

Institution of Naval Architects. *Transactions*, vol. XI, 1898, in-4, 302 p., 46 pl. Londres, H. Sotheron.

Iron and Steel Institute. *Journal*, vol. LIII. Principaux mémoires : *Greiner.* Emploi du gaz de haut fourneau comme force motrice. *Stead.* Structure cristalline de fer et du l'acier. *Saniter.* Fer et carbone allotropiques. *Ridsdale.* Aigreur des aciers doux. *Juptner.* Théorie de la dissolution du fer et de l'acier. *Price Williams.* Les voies de chemins de fer en acier.

The Mineral Industry. Edited by. *R. P. Rothwell*, vol. V. 1 vol. in-8, 900 p. New-York. Scientific Publishing C°.

Institution of Civil Engineers. London Proceedings, vol. CXXXIII. Principaux mémoires : *Thow.* Sécurité des foyers de locomotives. *Cros thwaite.* Stabilité des canaux dans les estuaires sableux. *Atkiman.* Théorie et construction des alterno-moteurs. *Marshall.* Évolution de la locomotive.

De la Smithsonian Institution. **Report of the U. S. National Museum,** pour 1895. 1 vol. in-8, 1080 p. **Review and Bibliography of the Metallic Carbides**, par J. A. Mathews. In-8, 30 p.

Du Ministère de l'Instruction publique et des Beaux-Arts. **Réunion des Sociétés des Beaux-Arts des départements,** 22e *Session.* 1 vol. in-8, 997 p. Paris, Plon.

De la Bibliothèque du Conducteur de travaux publics. **Fumisterie, Chauffage et Ventilation**, par M. Aucamus. **Électricité. Théorie et Production**, 1re *partie,* par M. Dacremont. 2 vol. in-8. Paris, Dunod.

Guide pratique pour la recherche et l'exploitation de l'or en Guyane française, par M. E.-D. Levat. 1 vol. in-8, 245 p. Paris, Dunod.

Les Mines de l'Afrique du Sud. *Transvaal. Rhodésie*, par M. A. Bordeaux, ingénieur civil des mines. 1 vol. in-8, 210 p. Paris, Dunod.

Répertoire bibliographique des principales revues françaises pour 1897, par M. D. Jordel. 1 vol. in-8, 205 p. Paris. Librairie Nilsson, 338, rue Saint-Honoré.

Des Actualités scientifiques et industrielles. **Les bandages pneumatiques,** par M. le Baron Mauni. 1 broch. in-18, 135 p. Paris, Dunod.

La Fraude sur l'essence de badiane, par M. J.-L. Simon. 1 broch. in-8, 8 p., chez l'auteur. Paris, 53, rue de Châteaudun.

De la Direction générale des Douanes. **Tableau général du commerce et de la navigation.** *Année* 1897, vol. 1. Commerce de la France avec ses colonies et les puissances étrangères. In-4, 790 p. Imprimerie Nationale.

De l'institution of Mechanical Engineers. **Proceeding.** Février et avril 1898. Principaux mémoires : *Dawson.* La traction électrique au point de vue mécanique. *Dalby.* Diagrammes pour faciliter le calcul des rivures de chaudières. *Burstall.* Premier Rapport du comité d'expériences sur les moteurs à gaz. *Tebbutt.* Machines des blanchisseries à vapeur.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

LITTÉRATURE

DES

PÉRIODIQUES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE DE LA SOCIÉTÉ

Du 15 Septembre au 15 Octobre 1898

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.
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).
La . . . . La Locomotion automobile.
Ln. . . . . La Nature.
Ms. . . . . Moniteur scientifique.
Mc . . . . Revue générale des matières colorantes.
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.).
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 reservés au Cnam et à ses partenaires

AGRICULTURE

Betteraves à sucre (Expériences sur les). *Ag.* 17 *Sept.*, 473; 18 *Oct.*, 552-584.
Blé (Prix du). *Ag.* 24 *Sept.*, 487.
— Récolte pour 1898. *Ap.* 29 *Sept.*, 442.
Cactus inerme (Le). (Grandeau). *Ap.* 13 *Oct.*, 520.
Engrais. Divers. *Cs.* 30 *Sept.*, 856.
— Constitution des matières humiques naturelles (André). *CR.* 12 *Sept.*, 514.
— Loi du minimum : effets des chaulages exagérés (Grandeau). *Ap.* 22 *Sept.*, 405.
— Le nitrate de soude et l'épuisement du sol (Grandeau). *Ap.* 6 *Oct.*, 485.
— Action de la chaux et du carbonate de calcium sur certaines matières humiques (André). *CR.* 26 *Sept.*, 446.
— Épandage du fumier (Dehérain). *Ag.* 8 *Oct.*; *CR.* 3 *Oct.*,4 69.
Foin et luzerne. Valeur comparée (Müntz et Girard). *SNA. Juin*, 372.
Lait. Stérilisation (Fouard). *Ap.* 22 *Sept.*, 417; 6 *Oct.*, 490.
— Laiteries coopératives. *Ap.* 29 *Sept.*, 458.
Machines agricoles. Cultivateur Planet. *Ag.* 17 *Sept.*, 459.
— Semoir Auchinachie. *E.* 16 *Sept.*, 375.
— Faucheuses à un et deux chevaux (Ringelmann). *SNA. Juin*, 382.
— Herse syracuse, à dents à ressorts. *Ag.* 24 *Sept.*, 501.
Noyer. Altérations et maladies (Fallot). *Ap.* 22 *Sept.*, 409.
— Noix. Valeur alimentaire (Fallot). *Ap.* 29 *Sept.*, 451.
Prairies (Les) dans les étés chauds et secs (Chatin). *CR.* 12 *Sept.*, 405.
Sulla (Le). (Ronna). *Ap.* 29 *Sept.*, 455.
Vigne. Adhérence des bouillies cupriques (Guillon et Gouirand). *Ap.* 22 *Sept.*, 408.
— Fumures azotées dans la culture de la vigne (Sabron). *Ap.* 6 *Oct.*, 487.

CHEMINS DE FER

Chemins de fer. de Mallaig (Écosse). *E'.* 16 *Sept.*, 274.
Chemins de fer anglais (Progrès des). (W. Johnson). *Rgc. Oct.*, 310.
— français et leur exploitation (Rous Marten). *E'.* 16 *Sept.*, 276.
— transsaharien. *Ef.* 8 *Oct.*, 477.
— à crémaillère de Nilgiri. *E.* 16 *Sept.*, 358.
— *électrique* souterrain de Londres. *EE.* 17 *Sept.*, 481.
— — aux États-Unis. *Rgc. Oct.*, 245.
Éclairage électrique des trains. Dick. *Ri.* 24 *Sept.*, 284.
Frein à air comprimé Schleifer. *RM. Sept.*, 323.
— à vide Alley. *Id.*, 324.
Gare de Dresde. *VDI.* 8 *Oct.*, 1130.
Locomotives à marchandises en Autriche. *E'.* 23 *Sept.*, 300.
— du Wisconsin central. *E.* 30 *Sept.*, 415.
— de l'État belge. *Rgc. Oct.*, 269.
— express Theile. *RM. Sept.*, 319.
— — du Great Northern: *Rgc. Oct.*, 292.
— Cylindre de Cleveland. *RM. Sept.*, 320.
Résistance des trains. E'. 23 *Sept.*, 305, 308.
Stations en Angleterre. EM. Oct., 72.
Voie. Traverses métalliques sur les chemins néerlandais (1881-1898) (Renson) *SuE.* 15 *Sept.*, 837.
— Traverses métalliques, essais sur le chemin liégeois-luxembourgeois. *Rgc. Oct.*, 302.

TRANSPORTS DIVERS

Automobiles. Attelages mécaniques. *La.* 22 *Sept.*, 600.
— à vapeur, pétrole et électricité (Soreau). *IC. Juin*, 1008.
— Concours de la Société royale d'Agriculture. *E.* 7 *Oct.*, 461.
— — des poids lourds. *La.* 6 *Oct.*, 630.
— *électriques. Ri.* 17 *Sept.*, 374, 383; 18 *Oct.*, 394, 403.
— — Koppel. *Elé.* 8 *Oct.*, 240.
— — Concours des fiacres. *EE.* 1er *Oct.*, 16. *Ie. Juillet*, 275.
— — Cabs de New-York. *Ie.* 10 *Oct.*, 432.
— *à vapeur.* Tombereaux de balayage. *La.* 22 *Sept.*, 598.
— *à pétrole.* Lanty. *La.* 29 *Sept.*, 616.
— — Rossel. *RM. Sept.*, 323.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Tramways électriques (Les) (C. Wilson). *SA.* 16, 23, 30 *Sept.*, 833, 845, 857; 7 *Oct.*, 873.
— du Puy. *Bam. Sept.*, 797.
— de Boston. *EE.* 24 *Sept.*, 537.
— d'Évian-les-Bains. *Ie.* 25 *Sept.*, 405.
— à accumulateurs à charge rapide (Drouin). *IC. Juin*, 1122.
— Établissement de lignes aériennes. *Rt.* 10 *Oct.*, 439.

Vélocipèdes. La bicyclette. (Bourlet). *Gc.* 24 *Sept.*, 342.
— Chaîne Renolds. *Ln.* 8 *Oct.*, 299.
— Moyeu Singer et Bagnall. *RM. Sept.*, 323.
— Roue Rimmington. *Ln.* 8 *Oct.*, 299.
— Akatène Vignol. *RM. Sept.*, 324.
— Soupape de pneumatique Schrader. *RM. Sept.*, 322.

CHIMIE ET PHYSIQUE

Acides gras. Courbes de refroidissement. (Laurie et Strange). *CN.* 30 *Sept.*, 164.
Alcaloïdes. Essences. Divers. *Cs.* 30 *Sept.*, 862.
Alcool. Divers. *Ms. Oct.*, 736.
Argon (Compagnons de l') (Ramsay et Travers). *RSL.* 29 *Juillet*, 437.
Brasserie. Divers. *Cs.* 30 *Sept.*, 858.
Caoutchoucs de l'Amérique du Sud. *Cs.* 30 *Sept.*, 854.
Carbure double de fer et de tungstène (Williams). *CR.* 12 *Sept.*, 3 *Oct.*, 410, 483.
— de calcium industriel, analyse du. (Moissan). *CR.* 3 *Oct.*, 457.

Céramique. Coloration des émaux de grand feu (Le Chatelier et Chapuy). *CR.* 19 *Sept.*, 433.
— *et Verrerie* (Granger). *Ms. Oct.*, 681.
— — Divers. *Cs.* 30 *Sept.*, 847.

Céruse, procédé Saxby. *E.* 7 *Oct.*, 474.

Chaux et ciments. Action des silices sur les carbonates alcalins (Dyekerhoff). *Le Ciment. Sept.*, 137.
— Essais à l'invariabilité de volume. *Le Ciment. Sept.*, 140.
— Divers. *Cs.* 30 *Sept.*, 847.
— Tuyaux en ciment armés d'un tissu métallique (Fabrication des). *Le Ciment. Sept.*, 285.

Colloïdes (Compressibilité des) et théorie de l'éther (Barrus). *American Journal of Science. Oct.*, 285.
Corps gras. Divers. *Ms. Oct.*, 717. *Cs.* 30 *Sept.*, 852.
Électro-chimie. Divers. *Dp.* 24 *Sept.*, 231.
Équivalents des métaux (Clowes). *CN.* 23 *Sept.*, 155.
Explosifs. Divers. *Cs.* 30 *Sept.*, 871.
Fermentations. Action chimique des microbes pathogènes (Hugonnenq et Doyon). *Acp. Oct.*, 145.

Gaz d'éclairage. A eau, carburé. *Cs.* 30 *Sept.*, 831.
— Bec Denayrouse. *Ri.* 8 *Oct.*, 404.

Huile d'olive. Recherche des impuretés. *Cs.* 30 *Sept.*, 876.
Kétones de la violette (Tiemann). *Ms. Oct.*, 695.

Laboratoire. Divers. *Dp.* 30 *Sept.*, 872.
— Nouvelles méthodes d'analyse minérale (Carnot). *AM. Août*, 113.
— Emploi des sels cuivriques pour l'analyse des fontes et des aciers (Carnot et Goutal). *Id.*, 210.
— Analyse organique qualitative. *Cs.* 30 *Sept.*, 876.
— Dosage colorimétrique du cuivre (Lucas). *ScP.* 5 *Oct.*, 815.
— Séparation du cuivre et de l'antimoine (Lucas). *ScP.* 5 *Oct.*, 817.

Optique. Transformation des variations lumineuses en reliefs mobiles (Dussaud). *CR.* 12 *Sept.*, 417.
Rayons X. EE. 24 *Sept.*, 556; *RSL.* 26 *Juillet*, 432.
Ozone et phosphorescence (Otto). *Ln.* 8 *Oct.*, 289.
Papier de bois. Divers. *Cs.* 30 *Sept.*, 863. *Dp.* 8 *Oct.*, 9.
— Utilisation de la ligmorosine. *Cs.* 30 *Sept.*, 844.
Pétrole. Distillation Palmer. *E.* 23 *Sept.*, 410.
Roches silicateuses. (Analyse des) (Hillebrand). *CN.* 16, 30 *Sept.*, 145, 167.
Sélénium et tellure (Composés du) (Metzner. *Acp. Oct.*, 203.

Sucrerie. Raffinage Langlois. *Ln.* 24 *Sept.*, 263.
— Divers. *Cs.* 30 *Sept.*, 858.

Sulfures anhydres de calcium et de strontium (Cristallisation des) (Mourlot). *CR.* 12 *Sept.*, 408.
Tannerie. Divers. *Cs.* 30 *Sept.*, 854.

Teinturerie. Divers. *Cs.* 30 *Sept.* 835, 841.
— Emploi des lessives spécifiques. Mordan-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

çage de la laine. (Seidel). *MC* 1er *Oct.*, 369, 382.

Teinturerie. Matières colorantes et microbes (Nicolle). *Id.*, 376.

— Couleurs nouvelles. *Id.*, 386.

— Procédé d'impression pour imiter les articles tissés (Koechlin). *Id.*, 384.

— Revue des matières colorantes nouvelles (Reverdin). *Ms, Oct.*, 691.

— Teinture des feutres. *Dp.* 30 *Sept.*, 843.

Thorine. Extraction industrielle (Wyrouboff et Verneuil). *CR.* 12 *Sept.*, 412.

Toxines et antitoxines (Martin, Cherry et Halliburton). *RSL.* 29 *Juillet*, 420.

Vanadium. Composés du trivalent (Locke et Edwards). *CN.* 30 *Sept.*, 169.

Vernis et résines. Divers. *Cs.* 30 *Sept.*, 853.

Zircon. Cristaux dédoublés. *American Journal of Science. Oct.*, 323.

COMMERCE ET ÉCONOMIE POLITIQUE

Allemagne. Expansion coloniale. *E.* 22 *Sept.*, 393.

Arrondissements et pays de France. Rso. 1er *Oct.*, 469.

Céréales. Commerce en Allemagne. *Ef.* 16 *Sept.*, 371.

Caisses patronales dans l'industrie française. *Rso.* 1er *Oct.*, 530.

— de retraites. *Ef.* 8 *Oct.*, 471.

Chine. (Concession des chemins de fer en). *Ef.* 16 *Sept.*, 373.

États-Unis. Immigration et répartition de la population. *Ef.* 1er *Oct.*. 441.

Fonctionnaires de l'État français. (Recensement des). *Rso.* 1er *Oct.*, 486.

Gaz. Industrie en Allemage. *Ef.* 24 *Sept.*, 409.

Instruction publique en France et les intérêts généraux. *Ef.* 1er *Oct.*, 437.

Montres (Industrie des) au Japon. *USR. Oct.*, 263.

Office central des œuvres charitables de Roubaix. Rso. 1er *Oct.*, 522.

Or: production et emploi dans le monde. *Ef.* 8 *Oct.*, 469.

Patentes et répartition des commerçants en 1897 et depuis 60 ans. Ef. 17, 24 *Sept.*, 369, 401.

Ports francs. (Les). *Ef.* 1er *Oct.*, 445.

Vin. Production et commerce. *Ef.* 24 *Sept.*, 407.

CONSTRUCTIONS ET TRAVAUX PUBLICS

Barrage de Bunotor : eaux de Plymouth. *E.* 22 *Sept.*, 394.

Constructions en fer et ciment (Équilibre des) (Ferria). *IC. Juin*, 996.

Durée des marbres et granits dans les constructions. *Gc.* 24 *Sept.*, 349.

Incendies. Protection en Europe (Sachs). *E.* 16 *Sept.*, 347.

— Constructions incombustibles diverses. *SuE.* 15 *Sept.*, 846.

Ponts tournant de Rock Island. *E.* 16 *Sept.*, 370.

— en arc sur le Niagara. *Gc.* 24 *Sept.*, 337.

— -route François-Joseph sur le Danube. *Rt.* 25 *Sept.*, 415.

Réservoirs : murs en ciment armé. Le Ciment. Sept., 129.

ÉLECTRICITÉ

Coupe-circuit de la Sentinel Electric Co. *Elé.* 24 *Sept.*, 204.

Distributions à grandes distances. *E'.* 20 *Sept.*, 297, 7 *Oct.*, 339.

Dynamos. Pickstone. *E.* 30 *Sept.*, 441.

— Commutation sans étincelles. Allen. *EE.* 17 *Sept.*, 513.

— (Les) (Panchall et Hobart). *E.* 7 *Oct.*, 462.

— Continues à potentiel constant (Parshall et Hobart). *E.* 16 *Sept.*, 349.

— Balais en charbon américains. *EE.* 24 *Sept.*, 540.

— Synchronisation des alternateurs (Kensit). *EE.* 24 *Sept.*, 544.

— *Moteurs.* (Les). *E'.* 23 *Sept.*, 305.

— — triphasés de grande puissance. *Ie.* 25 *Sept.* 409.

— — alternatifs Hobart, Churchward, Langdon et Davies, Lamme, Bradley Joanes (Guilbert). *EE.* 8 *Oct.*, 50.

— — disjoncteur Andrews. *EE.* 8 *Oct.*, 68,

Éclairage. *Arc.* Charbon Fabius Henrion. *EE.* 24 *Sept.*, 566.

— Lampes Duflos. *Elé.* 1er *Oct.*, 210.

— *Incandescence.* Étalonnage des lampes (Bell). *EE.* 17 *Sept.*, 520,

— — (Durée économique des). *EE.* 8 *Oct.* 70.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Électrochimie. Travaux de la Société allemande. *EE.* 17 *Sept.*, 504.
— Divers. *Dp.* 17 *Sept.*, 212; 8 *Oct.*, 14; *Cs.* 30 *Sept.*. 852.
Interrupteurs Hofmeister. *EE.*, 1er *Oct.* 43.
Mesures. Étalon de self induction. *EE.* 17 *Sept.*, 522.
— Perméamètre Kath. *Elé.* 17 *Sept.*, 187.
— Électromètre capillaire Vanne. *EE.* 1er *Oct.*, 43.
— Facteur de correction des wattmètres. (Loppé). *EE.* 24 *Sept.* 525.
— Magnétomètre Siemens et Halske. *EE.* 1er *Oct.*, 37.
— Modification à l'électromètre à quadrans (Elster et Geitel). *EE.* 24 *Sept.*, 555.
Ondes électriques. Rotation de leur plan de polarisation par les substances à structure hélicoïdale (Bosc). *EE.* 24 *Sept.*, 553.
Oscillations électriques (Résonances multiples des) (Décombe). *Acp. Oct.*, 156.
— Résonateur de Hertz. (Turpain). *EE.* 8 *Oct.*, 73, 78, 79.
Pile endoxique O' Keenan. *Ic.* 10 *Oct.*, 450.
Servo-moteurs électriques (F. Hinnen). *EE.* 24 *Sept.*, 531.
Stations centrales. Boston. *EE.* 24 *Sept.*, 337.
— En Suisse. *EE.* 24 *Sept.*, 562.
— Grenade. *Ic.* 25 *Sept.*, 401.
— Chutes de la Kerka (*EE.* 1, 8 *Oct.*, 5,53; de la Sihl. *Gc.* 8 *Oct.*, 369.
— de Lafayette, avec moteur au gaz naturel. *EE.* 8 *Oct.*, 65.

HYDRAULIQUE

Ciment armé. Calcul des poutres. *Ac. Oct.* 213.
Eaux de Plymouth. E. 23 *Sept.*, 395; 7 *Oct.*, 450; *E'.* 30 *Sept.*, 321; 7 *Oct.*, 346.
Forces naturelles en France. Utilisation des *Ri.* 17 *Sept.*, 377.
Moteur hydraulique Stumpf. *RM. Sept.*, 324.
Pompes centriges Richards. *RM. Sept.*, 324.
— rapides. Stumpf. *RR. Sept.*, 325.
Réservoir d'eau de Charonne. Ac. Oct., 194.
Turbines. Régulateur Replogle. *EE.* 17 *Sept.*, 501; *RM. Sept.*, 304.
— à injection partielle. Rateau. *RM. Oct.*, 239.

MARINE, NAVIGATION

Canaux de Ymuiden à Amsterdam, manutentions électriques. *DI.* 24 *Sept.*, 1077.
— de la Marne à la Saône. Ascenseurs. *Ac. Oct.*, 202.
Combustion spontanée du charbon. Ri. 24 *Sept.*, 389.
Constructions navales sur la Tamise sous le règne de Victoria. *E'.* 16. (30 *Sept.*, 270, 318; au Japon. *E.* 30 *Sept.*, 429.
— Sur les lacs américains. *E.* 30 *Sept.*, 419.
— Aux ateliers Schneider de Chalon. *E.* 30 *Sept.*, 417; 7 *Oct.*, 444.
— Coques Cassap. Ropner. *E.* 23 *Sept.*, 410.
Hélices diverses. *Dp.* 17, (4 *Sept.*, 201, 221.
— Marschall. *Rmc. Sept.*, 332.
Machines marines du croiseur *Chanzy. E.* 16 *Sept.*, 356.
— Essai du croiseur *Terrible. E.* 30 *Sept.*, 428.
Marine de guerre. Le combat. *E'.* 16 *Sept.*, 269.
— Organisation des arsenaux à l'étranger. *Rmc. Août*, 209.
— Allemande Cuirassée. Aeger. *Rmc. Août*, 281.
— Japonaise. *Rmc. Août*, 360.
Navires américains à roues avec machines à balancier. E'. 23 *Sept.*, 295, 7 *Oct.*, 341.
Navigation électrique. Puissance nécessaire à la propulsion des bateaux. *EE.* 17 *Sept.*, 521.
Océanographes (Les) de France. *Rmc. Août*, 249.
Pêches maritimes. Diverses. *Rmc. Août.* 385.
Propulseurs. Divers. *Pp.* 1 *Oct.*, 241.
Résistance des bateaux à la traction (Chandy). *IC. Juin*, 985.
Radeaux du Pacifique (Bishrop). *EM. Oct.*, 90.

MÉCANIQUE GÉNÉRALE

Air comprimé. Compresseurs de 2 000 chevaux du Creusot. *E.* 23 *Sept.*, 378.
— Sederholm. *RM. Sept.*, 333.
Broyeurs King et Raymond. *RM. Sept.*, 334.
Chaînes (Usure des). *Gc.* 1er *Oct.*, 366.
Chaudières. Émulseurs Dubiau. *Ri.* 24 *Sept.*, 381.
— *à tubes d'eau. Rmc. Août*, 335. Rosenthal. *RM. Sept.*, 317. Toward, Palmers, Myabara. *Id.*, 318. De Laval. *Id.*, 335.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Chaudières. Marines. *Rmc. Août*, 299.
— Alimentateur Reed. *RM. Sept.*, 316.
— Injecteur Park. *RM. Sept.*, 319.
— Foyers fumivores. Concours de la Ville de Paris. *RM. Sept.*, 283. Brooks Cooper. *RM. Sept.*, 316.
— Grille Meldrum. *RM. Sept.*, 313.
— Purgeurs Okes et Stubbs. E. 30 *Sept.*, 435. Reynolds. *RM. Sept.*, 319.
— Purification des eaux d'alimentation. *E.* 23. *Sept.*, 399.
— Prise de vapeur Harrison. *RM. Sept.*, 317.
— Réchauffeur Hutchinson. *RM. Sept.*, 317.
— Soupape d'arrêt Dicker. *R.* 17 *Sept.*, 376.
— Niveau d'eau Wright. *RM. Sept.*, 318.
Changement de marche Woolidge. *RM. Sept.*, 334.
Exposition de 1900. Service des installations mécaniques. *Gc.* 1er *Oct.*, 353.
Embrayage Symons. RM. Sept., 333.
Engrenages moulés (Horner). *E.* 23 *Sept.*, 377.
Essoreuse Reuss. *RM. Sept.*, 333.
Horlogerie. Balancier Smith. (*E.* 7 *Oct.*, 467.
Levage. Ascenseur électrique Sundt. *EE.*, 17 *Sept.*, 497.
— Parachute à air. *RM. Sept.*, 326.
— Grue hydro-électrique Brown. *EE.* 17 *Sept.*, 498.
— Transporteur électrique Krotz. *EE.* 17 *Sept.*, 499.
— Drague Brancher. *RM. Sept.*, 327.
— Élévateur du canal de Manchester. *E'.* 7 *Oct.*, 354. Marengos. *RM. Sept.*, 326.
Machines-outils. Fraiseuse Blears. *E'.* 16 *Sept.*, 288. Shepherd-Hill. *E.* 7 *Oct.*, 453. pour pignons Burnham, Warren. *RM. Sept.*, 305, 308.
— Dresseuse Odt. *RM. Sept.*, 330.
— Machine à vis Spencer. *E.* 30 *Sept.*, 421.
— — à fermer les boîtes Griffin. *RM. Sept.*, 330.
— Marteau Good. *RM. Sept.*, 328.
— Perceuse pneumatique Boyer. *E.* 23 *Sept.*, 387.
— Presses à emboutir. Diverses. *Dp.* 17 *Sept.* 203. Lantved. *RM. Sept.*, 328.
— Râpes (Machines à tailler les). (MacHardy. *RM. Sept.*, 309. — les limes. *RM. Sept.* 329.
— Tours Mily, *Ri.* 1er *Oct.*, 393.
— — à guillocher Mink. *RM. Sept.*, 312.
Machines-outils. Tours d'horlogerie Cleaves, à charioter Springfield. *RM. Sept.*, 331.
— Tubes : mandrineurs Guérin. *Ri.* 17 *Sept.*, 375.
— *A bois* Protège-scies Howard. *E'.* 23 *Sept.*, 302.
Moteurs à vapeur. Divers. *Dp.* 8 *Oct.*, 1. Emploi de la vapeur comme force motrice (Lencauchez). *IC. Juin*, 1035.
— A simple effet (Friedrich). *Dp.* 24 *Sept.*, 224. Willams. *Eam.* 1er *Oct.*, 396.
— verticale de 2000 chevaux Coates. *E'.* 7 *Oct.*, 356.
— Arrêt Strauss et Reynolds. *RM. Sept.*, 336.
— Garnitures de pistons et de tiroirs dans les machines marines (Haas). *RM. Sept.*, 229.
— Régulateur Smith et Anthony. *RM. Sept.*, 336
— Turbine Laval ; théorie (Bottcher). *VDI.* 8 *Oct.*, 1143.
— **à gaz.** Longsdon. *E.* 23 *Sept.*, 401.
— — Reid. *RM. Sept.*, 338.
— — Letombe. *Ri.* 1er *Oct.*, 394.
— — (Diagramme entropique des). (Stodola. *VDI.* 17, 24 *Sept.*, 1045, 1086.
— — Gaz Riché. *Ri.* 17 *Sept.*, 373. Bénier. *E.* 23 *Sept.*, 384.
— — à gaz pauvre. *RM. Sept.*, 338.
— — à gaz de hauts fourneaux. *Ri.* 8 *Oct.*, 411.
— *à pétrole* Bidaud. *Gc.* 1er *Oct.*, 365.
— — Bertheau, Bates, News. *RM. Sept.*, 339, 340.
Résistance des matériaux. Essais pour les pièces de matériel de chemin de fer. *E'.* 23 *Sept.*, 296.
Tubes flexibles Felten et Guillaume. *RM. Sept.*, 334.
Vannes Reed. *RM. Sept.*, 333.

MINES

Cuba. Richesses minérales. *Eam.* 10 *Sept.*, 308,
Épuisement. Machine d'Idria. 301. 23-30 *Sept.*, 545, 559.
Fer. Nord de la Suède. *E.* 16-30 *Sept.*, 365, 431; *E'.* 30 *Sept.*, 315.
— En Suède (Nordenstrom). *E.* 30 *Sept.*, 439, 7 *Oct.*, 469.
— Recherches magnétiques des gîtes. *Eam.* 17 *Sept.*, 337.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Grisou. Tirage électrique des mines. *Elé.* 17 *Sept.*, 492.

— Lampe Susmann. *Ru. Sept.*, 261.

Houillères. Appareils respiratoires de secours en Autriche (Schwerber). *Gc.* 1er *Oct.*, 359.

— Exploitation des couches puissantes (Pasquet). *Im.* XII, 1.

Or. Placers de l'Est-Oural. *Eam.* 10 *Sept.*, 305.

— Transvaal (Industrie minière au). *Ru. Sept.*, 300.

— Région du Darien (Colombie). *EM. Oct.*, 19.

Parachutes pour guidonnage Briard. *Ru. Sept.*, 257.

Philippines. Richesses minérales. *Cc.* 8 *Oct.*, 375.

Salines de Durnberg (Élargissement d'une galerie). *Gc.* 8 *Oct.*, 373.

Sondages. (Appareil Schulteis pour extraire les tubes des). *E.* 16 *Sept.*, 375.

MÉTALLURGIE

Alliages. (Constitution des). *E.* 7 *Oct.* 461.

Alliages. (Surfusion des) (R. Austen). *RSL.* 26 *Juillet*, 447.

Coke (Principe de la chimie du). (Simmerbach). *Ru. Sept.*, 273.

Fer et acier. Trempe cassante des aciers doux (Stead). *E.* 23 *Sept.*, 404.

— *Acier* procédé direct Doherty. *E.* 7 *Oct.*, 473. Mélangeur Jones. *Eam.* 1er *Oct.*, 399.

— Forge de Hofor (Suède). *E.* 7 *Oct.*, 443.

— Fabrication des tôles (Bya). *Ru. Sept.*, 238.

— *Laminoirs* de Rastlein. *SuE.* 1er *Oct.*, 881. — américains *Pm. Oct.*, 146. Machine de laminoir tandem réversible Kusselbach. *SuE.* 15 *Sept.*, 833.

— Fonte. Action des métalloïdes (Johnson). *E.* 16-23 *Sept.*, 372, 403.

— Hauts fourneaux américains. *SuE.* 15 *Sept.*, 853. 1er *Oct.*, 890.

Métaux autres que le fer (Schaebel). *Pm., Oct.*, 149.

Or. Divers. *Cs.* 30 *Sept.*, 849.

— et alliages d'or (Microstructure). (Andrews). *E.* 30 *Sept.*, 411.

— Électrodéposition au Transvaal. *Elé.* 1er *Oct.*, 220.

Le Gérant : Gustave Richard.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

97e ANNÉE. Cinquième Série, Tome III. NOVEMBRE 1898.

BULLETIN
DE
LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT
POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

NOTICE NÉCROLOGIQUE

Discours prononcé par **M. Haton de la Goupillière**, le 3 novembre 1898, aux obsèques de **M. Raffard**, membre du *Comité des Arts mécaniques*.

Nous accompagnons ici à sa dernière demeure l'un des hommes les meilleurs et les mieux doués qu'il m'ait été donné de connaître.

Jules-Nicolas Raffard est né à Paris le 11 mars 1824. Il appartenait à une famille distinguée par l'esprit. Son père et son oncle ont fait partie de l'École polytechnique, dans les promotions de 1813 et de 1812. La faiblesse de ses yeux rendit ses débuts difficiles, et l'empêcha de terminer ses études. A quatorze ans et demi, ses parents changèrent brusquement sa direction, et le mirent en apprentissage comme mécanicien chez Saulnier. Dix-huit mois plus tard, il était reçu le troisième au concours de Paris pour les Écoles d'Arts et Métiers. Il entra en 1841 à celle d'Angers. Dès cette époque, nous le trouvons relié à nous comme boursier de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale, souvenir qu'il aimait à rappeler.

Il rentra ensuite chez Saulnier, d'où il passa dans les ateliers de Kientzy, puis dans ceux de Penn en Angleterre. Dès ses débuts, il donnait des preuves de son esprit créateur. Six modèles de son invention figuraient à l'Exposition de 1849. L'un d'eux se trouve dans les collections du Conservatoire des Arts et Métiers, en compagnie de quatorze autres, dus également à Raffard, à des époques successives de son existence, et admis eux-mêmes dans les galeries de ce bel établissement national.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Doué d'une grande énergie, il s'embarqua en 1852 pour l'Australie, où l'on ne comptait alors que bien peu de nos compatriotes. Il devint l'ingénieur des mines d'or de Bendigo, et y introduisit le bocard californien, qui fut rapidement adopté dans toute la colonie. Il dirigea ensuite un atelier de construction de machines à vapeur.

Raffard revint en France en 1866. Dès lors, et pendant plus de trente années, son esprit ne se repose jamais. Ses inventions, ses publications se succèdent sans relâche. Nous relevons quatre-vingt-huit articles de sa plume dans l'excellent *Bulletin* technologique de la Société des anciens Élèves des Écoles d'Arts et Métiers; et notre propre *Bulletin* en renferme également un grand nombre. Nous avons les numéros de vingt brevets pris par lui. Il évaluait lui-même, vers la fin de sa vie, à près d'une centaine le nombre des procédés de fabrication ou des appareils créés par lui.

Je cite au hasard, et sans ordre, quelques-uns de ceux qui me reviennent à la mémoire : sa Balance dynamométrique, son Dynamomètre totalisateur à courroie élastique, le Thermo-régulateur, le Régulateur à double action, l'Obturateur à mouvement louvoyant, l'Avertisseur de l'échauffement des tourillons, le Manchon élastique d'accouplement, et tant d'autres.

Non seulement la mécanique, mais les diverses branches de la physique lui étaient familières. Ses innovations en électricité sont nombreuses et importantes. Qu'il me suffise d'en citer en ce moment une seule : la locomotion électrique, dont il a été l'initiateur. Il a servi la Société Force et Lumière, et il était ingénieur-conseil des Ateliers Bréguet. Les plus hautes récompenses lui ont été décernées dans les expositions de France et de l'étranger.

En 1872, il devint membre de la Société d'Encouragement, et en 1894 il fut élu dans notre Conseil d'administration pour le Comité des Arts mécaniques. Il fit également partie du Comité de rédaction de la *Revue de Mécanique* dès la fondation de ce recueil.

C'est dans ces réunions que nous avons pu connaître à fond cet homme excellent, cet esprit fin, profondément juste, d'une incroyable érudition. Sa mémoire était un musée vivant, et fournissait d'une manière inépuisable des renseignements peu connus sur les sujets les plus variés. Par-dessus tout, il était d'une modestie touchante. Il trouvait tout naturel de disparaître, et s'effaçait en toute occasion. Il a fallu que la notoriété, que la célébrité vinssent violenter son obscurité voulue.

Il était universellement aimé parmi nous, et méritait de l'être. Sa nature affectueuse et dévouée, sa complète abnégation, lui ont valu la profonde

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

estime de tous ceux à qui il a été donné de l'approcher de près. Que cet accord unanime puisse aider à la consolation de sa famille qu'il adorait, et à laquelle il était si cher.

Nous remettons avec confiance notre vieil ami à Dieu, qui met au premier rang des vertus l'humilité sincère, s'appliquant à voiler d'aussi belles qualités personnelles.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS MÉCANIQUES

RAPPORT fait par **M. Édouard Simon**, au nom du Comité des Arts mécaniques, sur le *métier brodeur automatique* breveté s. g. d. g., par **MM. Antoine et Jean-Baptiste Bastie**, à Panissières (Loire).

Messieurs,

La plus ancienne machine à broder, à aiguilles multiples, fut inventée par notre compatriote Josué Heilmann (1); adoptée par la Suisse, elle est souvent, mais à tort, désignée sous le nom de métier suisse. Dans ce métier, l'aiguille est percée au milieu de la longueur et se termine en pointe des deux bouts, pour pouvoir tirer le fil alternativement sur les faces opposées de l'étoffe par un simple mouvement de va-et-vient.

D'autres machines sont basées sur le principe du *couso-brodeur* Bonnaz (2); elles ne font pas, comme les précédentes, la broderie au plumetis, mais seulement le point de chaînette.

Dans un troisième genre de métiers dits à *fils continus*, la production, en raison de cette continuité, est relativement considérable: deux fils concourent à la confection du point; l'un, envidé sur bobine, alimente l'aiguille qui pénètre toujours du même côté de l'étoffe et forme boucle sur la face opposée; l'autre, logé dans une navette, traverse, comme sur les machines à coudre, la boucle qui, en se retirant, fixe le point.

Le métier breveté par MM. Bastie frères appartient au dernier groupe. Avant de décrire les perfectionnements dus à ces inventeurs, il convient encore de rappeler que, dans les divers systèmes indiqués, tous les constructeurs, à l'exemple de Heilmann, se sont servi du pantographe pour déplacer l'étoffe tendue sur un cadre et pour en présenter successivement les différentes parties aux organes brodeurs.

(1) *Bulletin de la Société d'Encouragement*, 1857. Voir p. 505 le rapport de M. Alcan sur le prix d'*Argenteuil*, décerné à Heilmann.

(2) *Bulletin de la Société d'Encouragement*, 1885, p. 585. Rapport Édouard Simon sur le couso-brodeur Bonnaz.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

I

Un sérieux inconvénient des métiers à navettes tenait à la nécessité d'employer exclusivement des fils très résistants, très tordus, qui, plus coûteux que d'autres, ne convenaient pas toujours au but poursuivi. Ainsi, au lieu de soies torses, il peut être non seulement économique, mais utile pour l'obtention de certains effets décoratifs, de broder soit avec des soies floches, des laines simplement assemblées, soit avec des *lamés* métalliques, etc.

Observant que le fil de la navette ne subit pas de frottements comme le fil de l'aiguille, qui traverse constamment la pièce à orner, MM. Bastie ont eu l'heureuse idée d'invertir le mode de travail habituel, de faire broder l'envers par les aiguilles et l'endroit par les navettes, c'est-à-dire de réserver l'aiguille à la fixation du point et de dérouler, à l'aide de la navette, toute matière appropriée à l'ornementation de l'étoffe.

Cette inversion a permis de produire des articles réservés jusqu'alors au métier dit suisse, dont le rendement est forcément inférieur. Avec ce dernier, l'aiguille, tenue de traverser l'étoffe de part en part, ne fournit que 2000 points par jour, tandis que le métier Bastie atteint, dans le même temps, à une production de 25 000 points (1).

De plus, le métier suisse ne se prête pas, comme celui dont nous nous occupons, à la broderie de *lamés* métalliques sur tissus légers; le lamé *frise* et l'aiguille arrache l'étoffe.

Une autre conséquence utile de la méthode adoptée consiste dans la possibilité de broder l'endroit avec de la soie, l'envers avec du coton ou de la schappe, et de réaliser ainsi le *point économique*.

Le nouveau mode de travail a conduit les inventeurs à augmenter le volume de la navette pour pouvoir y loger des matières plus encombrantes que les fils fins à grande torsion; en même temps, l'accroissement du cadre de la navette les a obligés à former des boucles plus larges que sur les anciens métiers, à ouvrir ces boucles au moyen de crochets spéciaux, de manière à préparer à la navette un passage en rapport avec sa section agrandie.

(1) Quel que soit le nombre des aiguilles, la production en points de broderie se compte par aiguille.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

II

Le fabricant de tissus brodés est souvent obligé de changer les nuances de ses dessins, soit pour l'échantillonnage, soit même en cours de fabrication afin de satisfaire à une commande pressée. Ces changements occasionnent des pertes de temps, dont l'importance augmente avec la largeur du métier, avec le nombre des organes brodeurs.

Pour y obvier autant que possible, MM. Bastie disposent au-dessus de chaque rangée de navettes en action, une rangée de rechange, garnie à l'avance. Lorsqu'il convient d'opérer la mutation, aussitôt le métier arrêté, l'ouvrier pousse latéralement un coulisseau armé de *rasoirs*, en nombre égal à celui des navettes, et sectionne, d'un seul coup, tous les fils brodeurs. Puis à l'aide d'un levier, l'ouvrier fait basculer simultanément les supports des navettes, et celles-ci tombent dans une sorte de gouttière placée en dessous. Les navettes de rechange glissent dans des chemins à rainures et viennent prendre la place des premières. Les supports relevés, il n'y a plus qu'à mettre en marche.

Ajoutons que des casse-fils électriques déterminent le désembrayage du métier dès qu'un fil vient à manquer pour une cause quelconque, qu'une bobine soit vide ou qu'il y ait rupture.

III

Avec l'accélération de la machine s'accentuent les défectuosités qui résultent de la commande du cadre porte-étoffe au moyen du pantographe. L'ouvrier le plus soigneux, obligé à une attention continue de plusieurs heures consécutives, arrive à ne pouvoir suivre avec exactitude les contours du dessin qu'il a sous les yeux. De là des déformations, des irrégularités dans la broderie.

La commande automatique réalisée par MM. Bastie permet les déplacements du cadre de l'étoffe sans aucune fatigue pour l'ouvrier et au delà des limites possibles avec les métiers connus. Le principe de cet appareil est le suivant : sur le côté du métier, au-dessus de la poulie de commande, se fixe au bâti une glissière verticale, dont deux faces opposées, en forme de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

queue d'hironde, sont dressées. Dans l'épaisseur dudit support et des deux côtés peuvent glisser deux règles situées dans un même plan et munies d'encoches, échelons ou *divisions* d'égale longueur, mais inverses. Les deux règles d'un bord commandent les déplacements verticaux, les deux autres règles, les déplacements horizontaux du cadre, auquel toutes quatre sont reliées par des chaînes roulant sur galets et poulies de renvoi.

En regard des règles, sur les faces extérieures de la glissière, se rapprochent et s'écartent alternativement, d'une distance toujours la même et d'un mouvement uniforme, deux chariots en fonte. Ces chariots entraînent une pièce à coulisse, qui butte et s'arrête en des points variables de la course ci-dessus; de plus, le coulisseau sert de support à une sorte de verrou, pouvant glisser en travers du premier et muni d'un cliquet à ressort. Selon que le verrou se trouve poussé à droite ou ramené à gauche, suivant le point où butte le coulisseau, le cliquet s'engage dans l'une ou l'autre des divisions de la règle de droite ou de la règle de gauche, pour pousser la même tringle ou la tirer à l'intérieur de la glissière et déplacer le cadre en conséquence.

Les divisions dont il vient d'être parlé sont comme les degrés de deux escaliers inversement situés, que le va-et-vient des chariots permet de gravir ou de descendre à volonté, un à un, d'après le point d'arrêt de la buttée mobile.

Souvent la longueur de ces échelons, ou *grandes divisions*, qui mesurent 21 millimètres, excède l'amplitude des déplacements utiles. Pour franchir les distances intermédiaires, deux secteurs dentés par chariot, l'un muni de sept divisions *moyennes* de 3 millimètres chaque, l'autre, de sept *petites* divisions de 43/100 de millimètre, peuvent pivoter plus ou moins autour de leur axe pour ajouter à l'une des grandes divisions, ou pour en retrancher un nombre variable de subdivisions moyennes ou petites, pour modifier en conséquence l'endroit où la buttée de chaque coulisseau se trouve *bloquée* et permettre au cliquet de venir en prise avec l'un des échelons des règles situées vis-à-vis.

Les translations du verrou porte-cliquet, les diverses orientations des secteurs sont réglées par une mécanique Jacquard de forme spéciale et de dimensions réduites. Sur cette mécanique, boulonnée à même le bâti au-dessus de l'appareil précédemment décrit, s'enroule une bande de papier sans fin, dont les perforations, comme toujours, laissent dépasser de petites tiges rigides dites *aiguilles*. Toutefois, contrairement à ce qui a lieu d'ordi-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

naire, ces aiguilles n'ont point pour effet de soulever des séries de crochets à des hauteurs égales, mais de faire glisser de quantités variables des tringles dites *pousseurs*. Au nombre de trois par côté, soit six pour les deux faces de la glissière, les pousseurs agissent sur des leviers, qui actionnent directement et indépendamment le porte-cliquet et les secteurs dentés des chariots.

La préparation du papier sans fin, c'est-à-dire la lecture du dessin mis en carte et le piquage, s'effectuent à l'aide d'un appareil basé, comme la commande automatique du cadre, sur l'emploi des trois divisions : grande, moyenne et petite.

Tous ces détails sont difficiles à suivre sans figures et les explications qui précèdent fournissent un aperçu incomplet du problème dont il nous a été donné de constater la solution élégante et pratique. Le métier à broder, que nous avons vu fonctionner dans un atelier de Tarare, travaille bien et économiquement; vous avez sous les yeux des échantillons de ses produits.

Aujourd'hui encore, nous nous trouvons en face de deux ouvriers modestes qui, sans instruction technique préparatoire, sans grandes ressources pécuniaires, se sont résolument, passionnément attachés à l'étude d'une question des plus difficiles et se sont imposé de très lourds sacrifices avec la foi des véritables inventeurs. Cette continuité d'efforts vraiment touchante chez les deux frères méritait de vous être signalée.

En conséquence le Comité des Arts mécaniques vous demande, Messieurs, de remercier MM. Bastie de leur très intéressante communication et de voter l'insertion au *Bulletin* du présent rapport, accompagné des figures utiles et de légendes explicatives.

Signé : Édouard Simon, *rapporteur.*

Lu et approuvé en séance, le 11 novembre 1898.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Description du MÉTIER BRODEUR AUTOMATIQUE, *breveté S. G. D. G.*, par **MM. Antoine** et **Jean-Baptiste Bastie** (1).

Disposition et évolutions des organes brodeurs. — Les fils des bobines, que portent les broches 67 (fig. 7), passent dans les guides 74 (fig. 7 et 8 *bis*), puis sous les crochets 75 des casse-fils électriques, pour repasser sur les guide-fils, derrière les boutons de serrage 72, revenir en avant des guide-fils, contourner la barre 77 et traverser le chas des aiguilles.

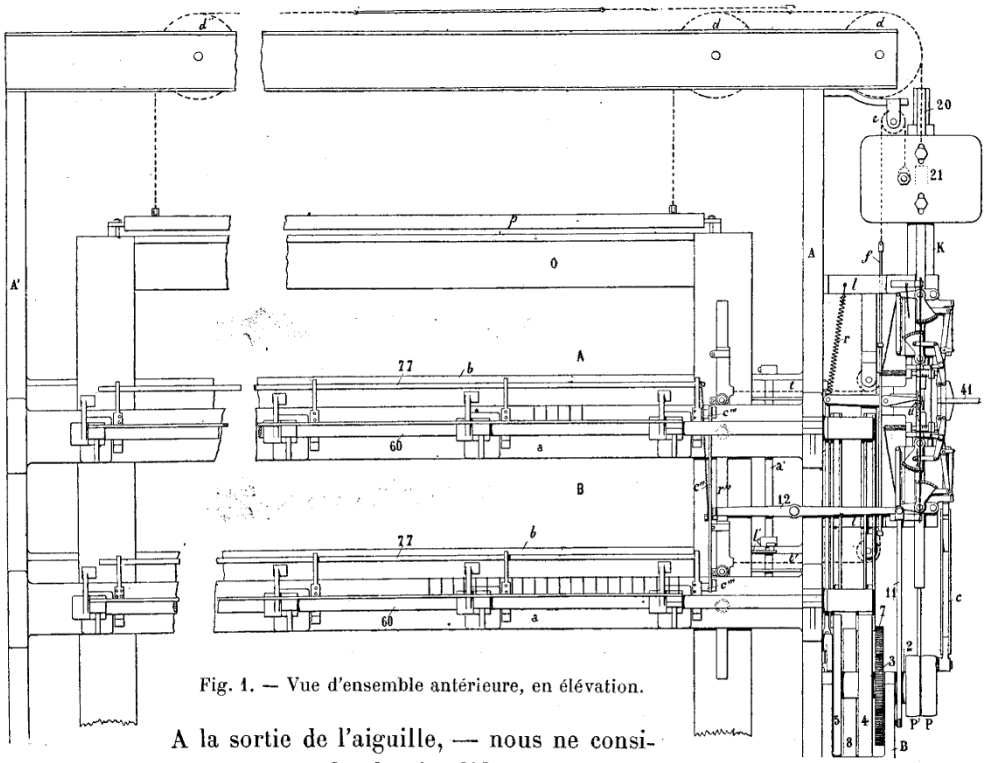


Fig. 1. — Vue d'ensemble antérieure, en élévation.

A la sortie de l'aiguille, — nous ne considérons qu'un élément afin de simplifier la description — le fil est maintenu par un *pied-de-biche* 65, qui appuie contre l'envers de l'étoffe. Le porte-aiguille 64 avance pour faire pénétrer le fil à travers l'étoffe, jusqu'à ce que le chas de l'aiguille ait dépassé d'environ 5 millimètres la pointe des crochets 84 (fig. 7, 8, 8 *ter*); le porte-aiguille rétrograde ensuite de 3 millimètres de manière à former une boucle, que saisit le crochet 84. Ce crochet, fixé sur le coulisseau horizontal 83, avance jusqu'à ce

(1) Les mêmes lettres et chiffres désignent les mêmes pièces dans les diverses figures.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

que sa pointe arrive presque au contact du levier 82 ; il s'arrête alors, tandis que le levier 81, monté sur l'arbre oscillant 79, commence à faire descendre la navette (indiquée en coupe dans la figure 7). Cependant le levier 82, solidaire de l'arbre oscillant 80, s'est abaissé au-dessous du crochet afin de permettre au dernier d'achever son mouvement en avant et d'élargir suffisamment la boucle de fil pour le passage de la navette. Lorsque celle-ci est arrivée au bas de sa course,

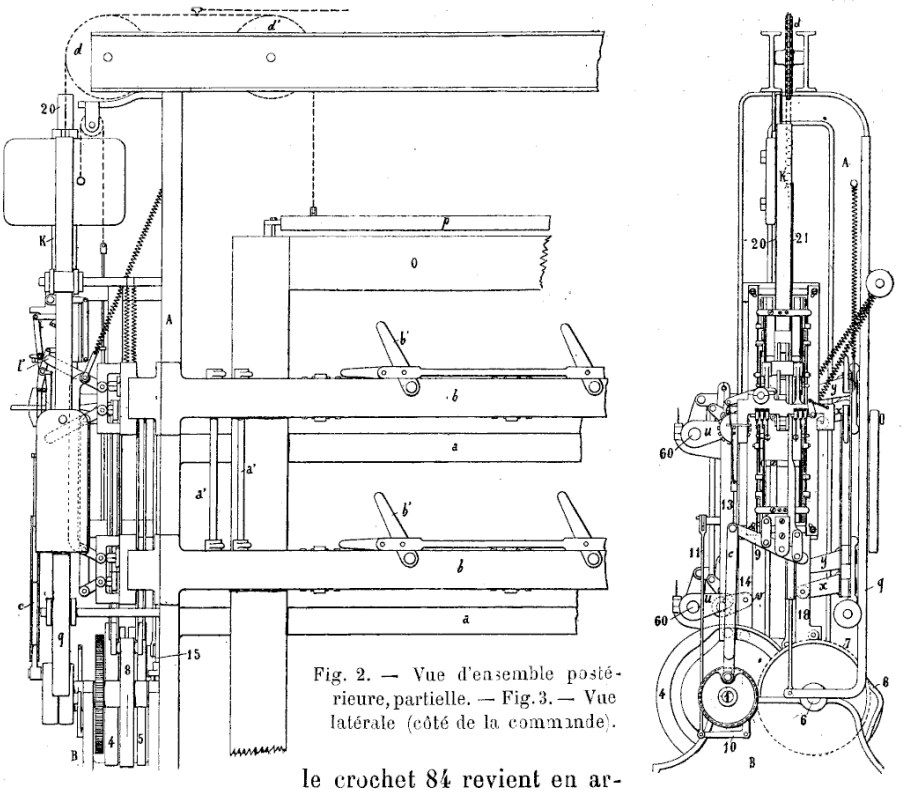


Fig. 2. — Vue d'ensemble postérieure, partielle. — Fig. 3. — Vue latérale (côté de la commande).

le crochet 84 revient en arrière, l'aiguille, — immobilisée pendant la descente de la navette, — se retire, et le point est serré par le serre-fil 72, que dégage la barre 70 ; puis les leviers 81 et 82 se relèvent, et les mouvements ci-dessus indiqués se reproduisent.

Commande des organes brodeurs. — Les deux rangs de porte-aiguilles sont actionnés par les leviers 61, calés sur les arbres 60 (fig. 1, 3, 7, 8 et 8 *bis*) ; les mêmes arbres sont reliés par les pièces *u* et la bielle 13 (munie d'un galet de roulement à la partie inférieure), avec la came intérieure du plateau 4, claveté sur l'arbre de commande 1 (fig. 4, 5 et 6). Sur la face opposée du même plateau, une autre came également venue de fonte, guide le galet de la bielle 14, qui actionne les arbres 68 des donneurs de fils 69.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Des transmissions analogues règlent les mouvements des arbres 79 et 80 afférents aux navettes : l'arbre 6, parallèle à l'arbre 1, porte le plateau 8 à doubles cames saillantes. L'une des nervures est pincée par deux galets fixés à la bielle 18, qui par l'intermédiaire des leviers articulés x (fig. 3) actionne les arbres 80; l'autre nervure est reliée de même à la bielle 19 et, par les leviers y, transmet les oscillations nécessaires aux arbres 79.

La donnée et le serrage des fils se trouvent limités par les oscillations des

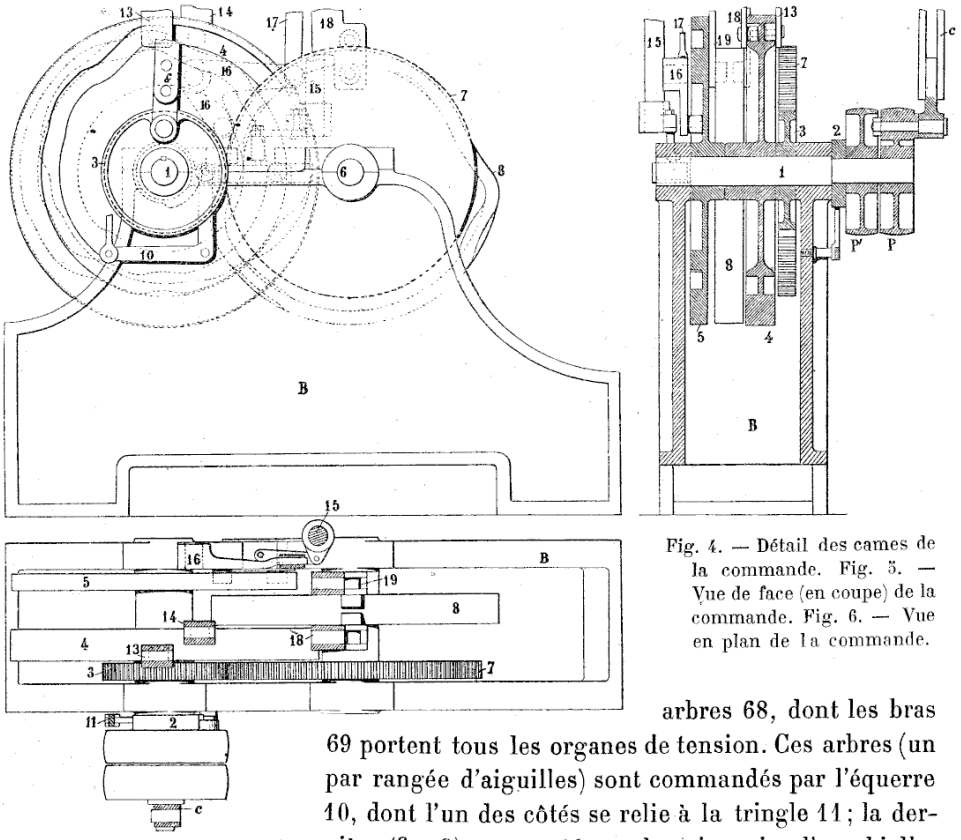


Fig. 4. — Détail des cames de la commande. Fig. 5. — Vue de face (en coupe) de la commande. Fig. 6. — Vue en plan de la commande.

arbres 68, dont les bras 69 portent tous les organes de tension. Ces arbres (un par rangée d'aiguilles) sont commandés par l'équerre 10, dont l'un des côtés se relie à la tringle 11; la dernière (fig. 3) est montée sur le prisonnier d'une bielle, qui solidarise les arbres 68 des rangées supérieure et inférieure.

La roue dentée 7 de l'arbre 6 est double du pignon 3 (claveté sur l'arbre 1) qui la commande; elle ne fait donc qu'une demi-révolution pendant que toutes les pièces calées sur 1 font un tour.

Changement simultané de toutes les navettes d'une rangée. — Lorsqu'il convient de changer les fils brodeurs de l'endroit, l'ouvrier ayant disposé préa-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

lablement, au-dessus des navettes en action, une seconde rangée garnie des nuances voulues, arrête le métier ; à l'aide du coulisseau 85 (fig. 7), armé

Fig. 7.

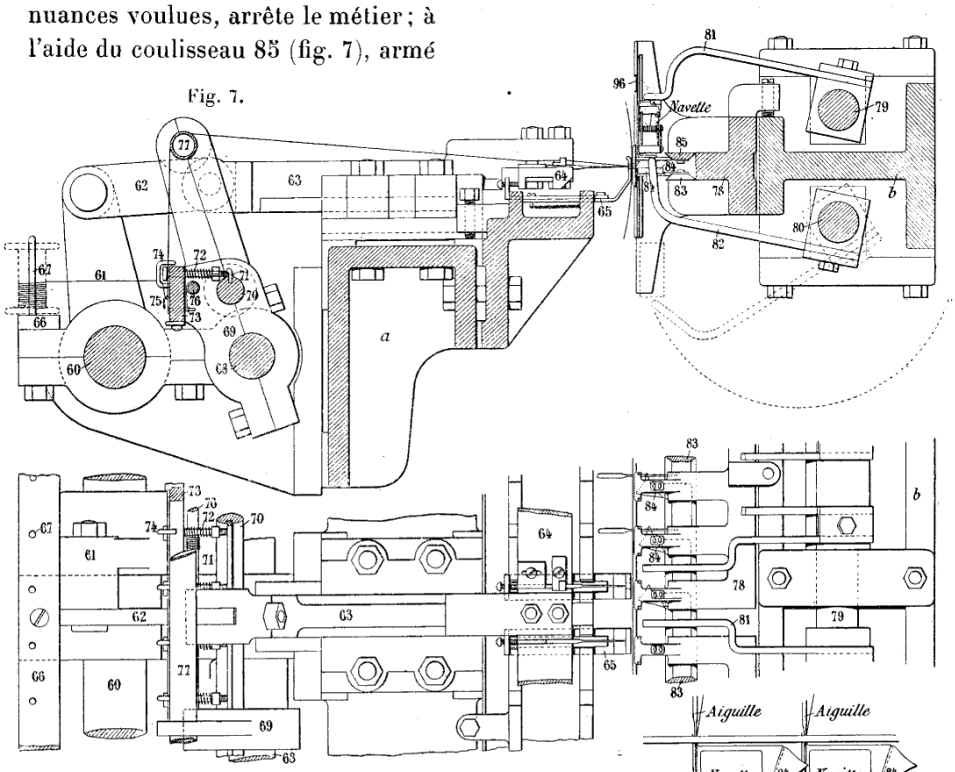


Fig. 8.

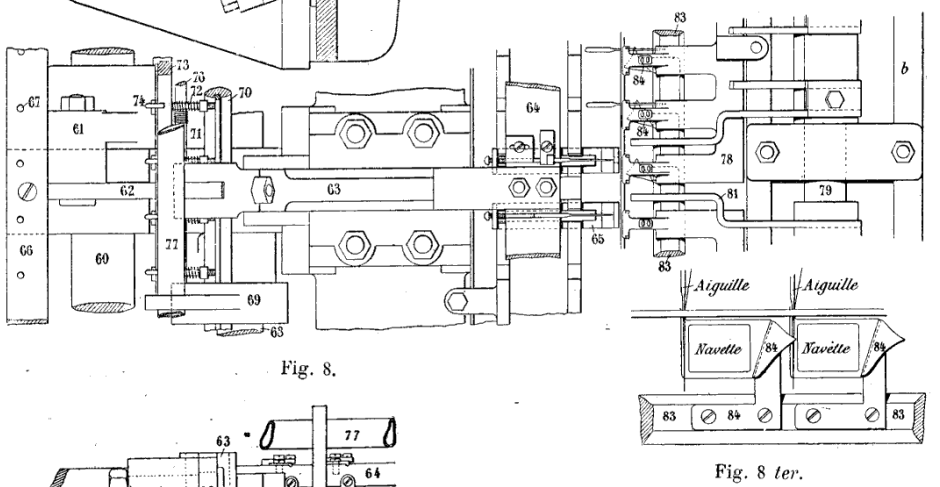


Fig. 8 *ter*.

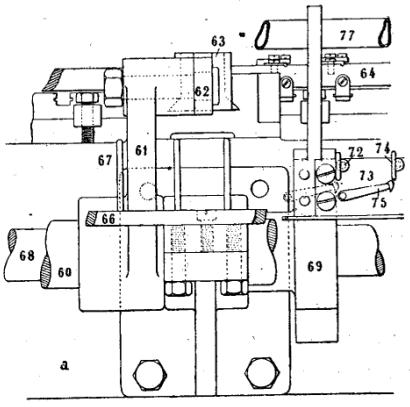


Fig. 8 *bis*.

Fig. 7. — Coupe transversale du bâti laissant voir un porte-aiguille et l'appareil donneur de fil. — Fig. 8. — Vue en plan des mêmes organes. — Fig. 8 *bis*. — Vue de face des mêmes organes. — Fig. 8 *ter*. — Détail amplifié du crochet et de la navette vus en plan.

d'autant de *rasoirs* que le rang comporte de navettes, il sectionne d'un seul mouvement de va-et-vient tous les fils ; puis les leviers coudés 82 sont abaissés dans la position indiquée en pointillé (même fig. 7) et les navettes tombent simultanément dans un gouttière, également représentée par un trait ponctué.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les leviers 82 sont alors relevés dans la position normale pour recevoir les

Fig. 9. Fig. 10. Fig. 12.

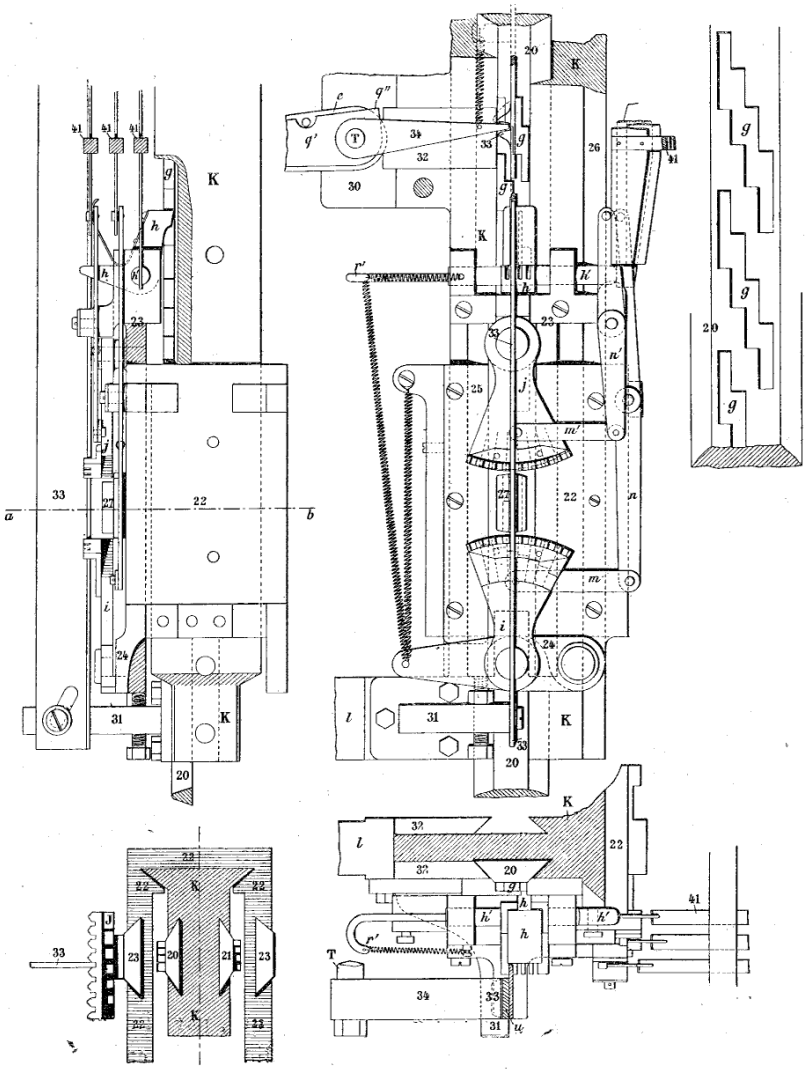


Fig. 9 *bis*. Fig. 11.

Fig. 9. — Vue latérale (en élévation et en coupe) de l'appareil actionnant le cadre porte-étoffe. — Fig. 9 *bis*. — Projection horizontale dudit appareil, coupé suivant la ligne *a b*. — Fig. 10. — Vue de face (en élévation) du même appareil. — Fig. 11. — Vue en plan suivant la ligne *x y*, de la figure 10. — Fig. 12. — Détail des grandes divisions ou échelons des coulisses 20 et 21.

navettes de rechange, qui sont venues prendre la place des précédentes en glissant le long de doubles rainures verticales ménagées à intervalles réguliers dans la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

traverse 96. Il est bien entendu que des dispositifs identiques existent aux deux étages du métier, c'est-à-dire pour les deux rangs d'organes brodeurs, dont la figure 7 ne montre que la série supérieure.

Suspension et déplacements du cadre. — Les déplacements verticaux du cadre *o*, qui porte l'étoffe, dépendent des translations de la règle 21 sur la glissière K (fig. 1 et 3) ; cette règle est reliée, du haut, à des chaînes passant sur les galets *d*, *d'*, *d''*, et fixées à la traverse *p*, sur laquelle le cadre peut cheminer horizontalement; à la partie inférieure de ladite règle est attachée une barre coudée (fig. 3), dont le poids compense celui du cadre.

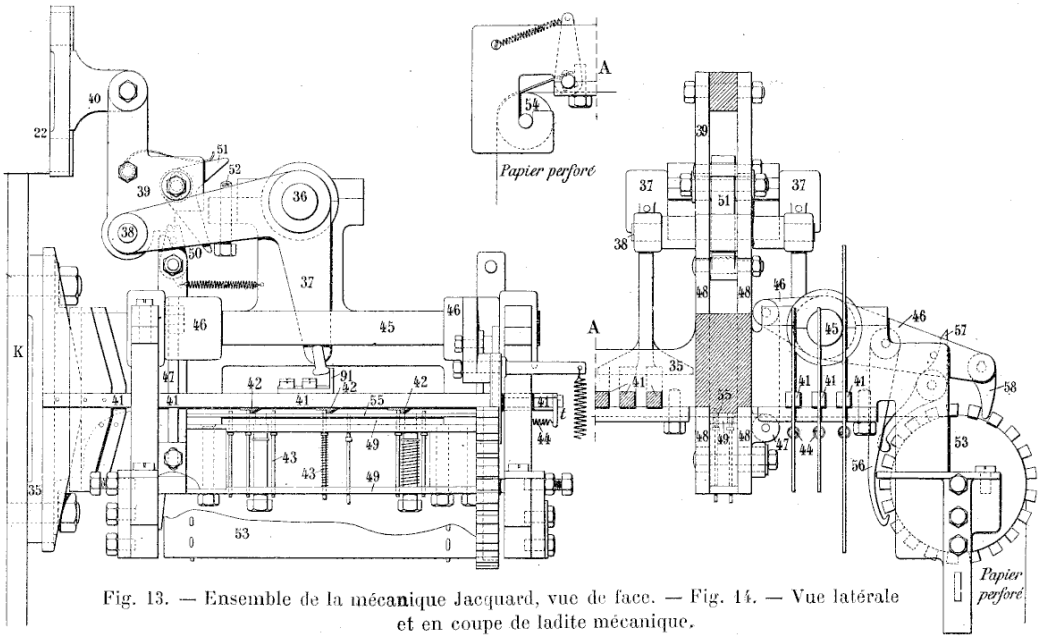


Fig. 13. — Ensemble de la mécanique Jacquard, vue de face. — Fig. 14. — Vue latérale et en coupe de ladite mécanique.

Les déplacements horizontaux du même cadre sont déterminés par la contre-règle 20, coulissant comme la première sur la glissière K, mais du côté opposé. Une chaîne attachée à l'extrémité supérieure de la règle 20 (fig. 1), après avoir contourné le galet *e*, se termine à la tige verticale *f* qui, par l'intermédiaire des deux chaînes parallèles *t*, *t'*, attire la tringle *r''*, solidaire du cadre *o*. Le poids fixé à la partie supérieure de la tringle 20 est équilibré par des contrepoids ou par des ressorts.

Les mécanismes qui font varier les amplitudes des déplacements verticaux et horizontaux du cadre sont symétriquement placés sur chaque face de la glissière K et identiques; on se bornera, pour ce motif, à l'examen de l'un des appareils évoluant avec la règle 20 (voir fig. 9, 9 *bis*, 10, 11 et 12).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le support K (fig. 1), en fonte rabotée, est fixé au bâti du métier A, du côté et au-dessus des poulies de commande fixe et folle P, P', par les bras *l*. Dans l'épaisseur de K glisse la règle 20 qui, en dessus, présente une double série de quadruples échelons *g* inversement entaillés. Ces échelons ou *grandes divisions* (voir détail fig. 12) mesurent 7 millimètres de longueur.

En avant de la règle 20 et sur la même glissière K se rapprochent et s'écartent, à chaque tour de l'arbre de commande, deux chariots 22, dont un seul, le chariot supérieur, a été figuré. Le mouvement alternatif de ces chariots est donné par le levier 9 et la bielle *c*, la dernière directement actionnée par un axe à douille, qui est fixé latéralement à la poulie P (fig. 3, 4 et 5).

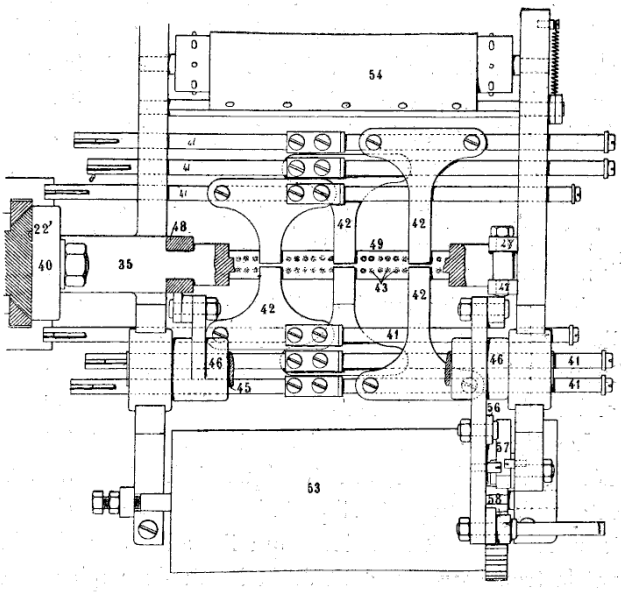


Fig. 15. — Plan de la mécanique Jacquard.

Dans l'épaisseur de chacun des chariots 22 est logée une pièce 23, qui, tout en participant aux déplacements de son chariot, peut glisser d'une certaine quantité. En d'autres termes, tandis que les chariots avancent l'un vers l'autre ou s'écartent d'une distance toujours égale, la pièce 23 s'arrête en des points variables contre la buttée 27, comme il sera expliqué plus loin. Cette coulisse 23 se termine hors du chariot par deux bras parallèles, percés d'un trou circulaire pour le passage de l'axe *h'* du cliquet *h*. L'axe *h'*, ramené vers l'intérieur du métier par un ressort hélicoïdal fixé au crochet *r'*, glisse, au contraire, vers l'extérieur sous l'action d'un levier commandé par une mécanique Jacquard. Ce montage permet au cliquet *h* de se déplacer parallèlement à lui-même et d'occuper quatre positions correspondant exactement aux quatre *grandes divisions* de la série vis-à-vis de laquelle se meuvent les chariots 22.

Au dos du cliquet se voient (fig. 10) quatre crans d'arrêt destinés à recevoir, à tour de rôle, une règle ou barre 33, qui a pour but de maintenir le cliquet *h* en position, pendant qu'un ressort plat (visible fig. 9) presse le nez de ce cliquet

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

contre la division située en regard. Un ressort antagoniste relève le cliquet et le dégage lorsque la barre 33 cesse d'agir.

En outre, chaque chariot 22 porte deux secteurs *i j*, munis en dessus, comme le cliquet *h* et dans le même but, de crans d'arrêt; sur la face interne c'est-à-dire du côté de la coulisse 23, les premiers présentent sept divisions de 3 millimètres chacun, les seconds, sept divisions de 43/100 de millimètre. Ces secteurs pivotent autour de leur axe sous l'action des bielles *m, m'* et des leviers *n, n'* commandés par la mécanique Jacquard, de manière à faire varier le point où ils *bloquent* la buttée 27 et, par conséquent, l'endroit où le cliquet *h*, solidaire de la coulisse 23 qui porte ladite buttée s'engage à droite ou à gauche de l'un des échelons de la règle 20. On arrive ainsi à fractionner la longueur d'une *grande* division par les divisions *moyennes* de 3 millimètres et par les *petites* divisions dépassant à peine un tiers de millimètre.

La barre d'appui 33, qui s'engage dans les crans d'arrêt des secteurs et du cliquet, est périodiquement soulevée par une bielle 17 (fig. 4) reliée au levier 16 qui, de l'autre bout, se termine par un galet; ce galet roule dans la rainure d'une came fondue à même le plateau 5.

Mécanique Jacquard. — Cette mécanique (fig. 13, 14 et 15) est fixée sur la glissière K et reliée par la console 40 au chariot supérieur 22. Le dernier, par l'intermédiaire de la chape 39, imprime aux équerres 37 une oscillation qui, pendant le rapprochement des chariots, détermine le recul des *curseurs* 41.

Les tiges carrées ainsi désignées coulissent à travers des mortaises pratiquées dans le bâti de la mécanique et tirent les trois leviers de commande des secteurs *i, j* et du porte-cliquet *h'*. En dessous de chaque curseur sont fixés plusieurs crochets 42 et, suivant que l'une des aiguilles de la Jacquard, en traversant le trou correspondant de la bande de papier sans fin, vient former arrêt contre tel ou tel de ces crochets, la course de la tige est plus ou moins limitée. Il est ainsi possible de déterminer, conformément à la *lecture* du dessin *mis en carte* , les positions successives des curseurs et du cliquet, par suite les déplacements du cadre *o* pour chaque point de broderie.

Les autres parties de la mécanique ne présentent pas de particularités notables et se comprennent aisément par l'inspection des figures. Il convient, toutefois, de remarquer que l'appareil est double, comme le montre la figure 14. Le côté gauche, en coupe, correspond au mécanisme monté sur la règle 20; le côté droit, au mécanisme de la règle 21.

Enfin, les mouvemements nécessaires à un déplacement du cadre n'exigent qu'un quart de tour de l'arbre de commande, tandis que les trois quarts sont réservés aux évolutions des organes brodeurs.

E. S.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

CONSTRUCTIONS

LES TRAVAUX DU TIBRE, par M. Ronna, *Membre du Conseil.*

DEUXIÈME PARTIE (1)

La Crue de 1870.

Comme pour rappeler au gouvernement italien quelle responsabilité il assumait en faisant de Rome la capitale de l'Italie, le Tibre, trois mois à peine après l'occupation, à la fin de décembre 1870, quittait son lit, et par une inondation, la plus considérable que l'on eût subie depuis 1637, submergeait 178 hectares dans la ville même, et 563 hectares en amont, à partir des Sassi di San Giuliano.

Au pont Saint-Ange, les eaux dépassaient de 1m,80 les clés de voûtes, et au pont Sisto, les arches étaient absolument obstruées. Les niveaux atteints par la crue dans certaines localités de Rome, relativement à ceux des crues antérieures, sont indiqués dans le tableau ci-après.

Comparaison du niveau des crues dans Rome.

LOCALITÉS ATTEINTES PAR L'INONDATION		HAUTEUR des CRUES ANTÉRIEURES au-dessus du 0 de Ripetta.	HAUTEUR EXCÉDANTE DES EAUX pendant la crue de 1870.
		mètres.	mètres.
Basilique de Saint-Paul-hors-les-Murs.		11,73	»
Rue Fiumara.	en ville.	12,43	3,00
Rue de l'Ours	id.	12,88	3,29
Arc de Parme	id.	»	3,86
Place du Panthéon.	id.	12,99	3,65
Rue de la Lungara.	id.	13,33	2,80
Rue Tordinona.	id.	13,39	»
Rue de Ripetta	id.	13,46	3,74
Rue Leccosa.	id.	13,80	»
Cirque Agonal, place Navona.	id.	14,28	2,42
Corso, place Saint-Laurent in Lucina. .	id.	15,00	2,31
Porte du Peuple.	id.	16,96	0,57

(1) *Bulletin* de septembre, p. 1125.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Dès le 23 décembre au matin, la cote atteignait 11^{m},39, puis descendait jusqu'à 7^{m},98, le 25 à midi, pour remonter progressivement et atteindre, le 28, à 10 heures du soir, 17^{m},22. Après être restée à ce niveau maximum jusqu'à 6 heures, le 29, la crue commença à diminuer, pour ne devenir étale que le 2 janvier suivant, à la cote de 10^{m},04.

Le phénomène des croissances et décroissances, qui s'observe dans toutes les crues du Tibre, accusait encore cette fois deux périodes distinctes : la première, précursive, due aux hautes eaux de l'Anio arrivant les premières, à cause du rapprochement de son bassin; et la seconde, pleine, due aux crues des bassins supérieurs bien plus étendus, qui affluent lorsque celles de l'Anio sont déjà en retraite (1).

En calculant, à raison d'une vitesse moyenne de 2^{m},5 à l'heure, la durée d'écoulement des crues des divers bassins secondaires et des groupes de bassins jusqu'à Rome, l'inspecteur Possenti a trouvé, pour l'inondation de 1870, les différences relevées dans le tableau ci-après, en regard des surfaces des groupes et des parcours moyens de leurs crues.

Affluents du Tibre.

DÉSIGNATION des GROUPES.	SURFACE des GROUPES.	PARCOURS MOYEN des crues des groupes.	DURÉE D'ÉCOULEMENT de chaque groupe jusqu'à Rome.	DIFFÉRENCES DE DURÉE pour les cotes maxima des crues.	DIFFÉRENCES DE DURÉE observées pendant la crue de 1870.
	kil. car.	kil.	heures.	heures.	heures.
1. Anio	2872	63	25,20	»	»
2. Basse Nera.	2178	133	53,20	28,00	18
3. Haute Nera.	6373	214	85,60	32,40	30
4. Chiascio.	2331	268	107,20	21,60	24
5. Haut Tibre.	1478	325	130,00	22,80	30
	15232				

Du 25 au 27 décembre, on avait pu constater ainsi l'arrivée des hautes eaux du Tibre, en aval de la Nera, puis, le relèvement exceptionnel dû à l'arrivée

(1) L'ingénieur Canevari a émis une opinion contraire, en se basant sur les diagrammes des crues à Rome, et de l'Anio à Tivoli, de 1862 à 1870, à savoir, que les crues de l'Anio ne suivent pas toujours la règle naturelle de la plus courte distance pour les inondations de la ville. En 1870 notamment, dès le 23 décembre, à six heures du matin, une première crue du Tibre était due aux eaux de pluie, tombées en grande abondance à Pérouse, et par conséquent, à la crue du haut Tibre et des cours d'eau de l'Ombrie. L'Anio n'étant entré en grande crue que le 27 après-midi, c'est seulement dans la nuit du 27 au 28 que celle-ci s'est superposée aux crues du Tibre venant d'amont. (*Allegato G, loc., cit.* 237.)

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

simultanée, du 27 au 29, des eaux du moyen Tibre, de l'Anio et de la Nera. Les eaux n'ont été maintenues ensuite, pendant les journées des 30 et 31, à la cote de 14 mètres, que par l'arrivée des eaux du Chiascio et du haut Tibre.

Le grand courant de la crue de 1870, dirigé du nord au sud, en amont du confluent de l'Anio, rencontrant un obstacle aux monts Parioli, se détournait obliquement, et, refoulé par le pont Milvio, traversait la voie Flaminia, détruisait les murs, renversait les barrières sur son passage, pour s'engager, en partie, dans la voie elle-même, et en partie, par la porte du Peuple, dans Rome. Un autre courant aussi violent, joignant les sommets des courbes décrites par le mont Mario et le château Saint-Ange, se précipitait dans le chenal, près de l'hôpital San Spirito, et démolissait les parapets des fossés du château et de la place Pia. Dès lors, les eaux restées tranquilles jusqu'à la cote de 16 mètres, par rapport à l'hydromètre de Ripetta, pressées par les deux courants, s'élevaient et submergeaient torrentiellement 118 hectares sur la rive gauche, en même temps que 60 hectares sur la rive droite (1).

Déjà, l'hydraulicien Castelli avait fait la remarque que dans la plus forte des crues du Tibre, celle de 1598, la ville subit une terrible inondation, tandis qu'en aval, jusqu'à la mer, comme en 1870, le fleuve ne quitta pas son lit. Il expliquait ce fait par la considération déjà observée pour d'autres cours d'eau, le Pô, l'Adige, l'Arno, à savoir, que le volume des eaux en crue, par rapport à celui des eaux d'étiage, acquiert une vitesse d'autant plus grande que, les fleuves se rapprochent de la mer, mais avec un abaissement de niveau (2).

Mengotti avait calculé que pour les crues du Tibre, le point de gonflement (*ventre*) coïncide exactement avec la section du fleuve comprise dans Rome. De même, pour l'Arno, ce point se trouve aux environs de Pise, où la pente du sol diminue beaucoup et rapidement. Les dérivations exécutées le long des berges, dans le but d'assurer un écoulement aux hautes eaux, n'empêchent pas que le point naturel de reflux des crues se maintienne pendant des journées entières, les eaux continuant à monter (3).

Du 21 au 31 décembre 1870, la quantité d'eau pluviale tombée à Rome jaugeait $0^{m},127$, et à Pérouse, $0^{m},195$, tandis que la température avait varié à Rome entre $1°,2$ et $14°,8$, et à Pérouse, entre $0°,60$ et $8°,9$, par des vents dominants du sud et du sud-est.

Ces observations météorologiques concordent avec celles faites précédemment, pendant les crues de février 1843, décembre 1845 et février 1855, d'après lesquelles, à la suite de grandes pluies qui avaient saturé le terrain des versants du Tibre, les montagnes étant couvertes de neige, et les vents tournant au

(1) Canevari, *Atti della Commissione*, 1871, *Allegato G*, 232.
(2) Benedetto Castelli, *Della misura delle acque correnti*, coroll. XIV.
(3) Mengotti, *Idraulica fisica*. Bologna, 1823, 83.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

S.-S.-E., la température s'était sensiblement élevée; aussi, pour une durée de 4 à 5 jours de pluie générale dans tout le bassin, le fleuve était entré en pleine crue, atteignant des cotes comprises entre 14^{m},90 et 16^{m},25, par rapport au zéro de l'hydromètre de Ripetta (1).

La Commission de 1871.

Le gouvernement ne resta pas insensible à l'appel impérieux du Tibre, car avant que les eaux se fussent retirées de la ville, le 1er janvier 1871, le ministre des Travaux publics fit nommer par décret une commission chargée « de s'enquérir du régime du fleuve, d'examiner les causes permanentes ou temporaires qui déterminent les inondations, et finalement, de proposer les remèdes, en indiquant les voies et moyens à employer immédiatement, ainsi que les travaux à exécuter, en vue d'améliorer la situation » (2).

Cette commission se mit à l'œuvre sans tarder. Son premier acte, après avoir visité minutieusement le fleuve sur tout son parcours, depuis San Giuliano jusqu'au littoral, et pris connaissance des documents et des propositions qui lui avaient été adressés, fut de désigner une sous-commission formée de trois de ses membres, les ingénieurs Betocchi, Canevari et Partini, pour dresser le profil, les sections et le plan de nivellement du Tibre, de San Giuliano jusqu'à Fiumicino.

Sur base du nouveau profil, l'ingénieur Canevari rédigea un avant-projet d'endiguement, accompagné de plans, coupes et détails d'exécution, comme objet de discussion.

En même temps, le président, l'éminent et regretté inspecteur général Possenti, soumettait à ses collègues, pour être examiné parallèlement, un projet qu'il avait élaboré, d'après des données et des calculs personnels (3).

Les deux projets ont été publiés comme annexes du compte rendu des séances et du rapport de la commission, adressé au ministre Gadda, en un volume avec atlas, daté de 1872 (4). Peu de discussions témoignent d'une compétence aussi réelle, d'une impartialité et d'une urbanité aussi parfaites, que celles de ces séances dont le résumé fut confié, d'après les procès-verbaux de l'ingénieur Castellini, au professeur Betocchi.

(1) Canevari, *loc. cit.*, 236.

(2) Ronna, *les Égouts de Rome* (*Bulletin* d'octobre 1897). La Commission était composée de l'inspecteur général, vice-président du Conseil supérieur des travaux publics, C. Possenti, président; des inspecteurs P. Barilari et A. Betocchi, du professeur D. Turazza, des ingénieurs F. Armellini, P. Branchini, R. Canevari, G. Davicini, V. Glori, G. Partini, L. Tatti et P. Castellini, secrétaire. Elle siégea du 10 janvier au 7 décembre 1871.

(3) C. Possenti, *Piano di sistemazione del fiume Tevere dall' Acqua Acetosa al mare per impedire le inondazioni di Roma.* Firenze, 1871.

(4) *Atti della Commissione instituita con decreto del ministro dei Lavori pubblici, 1° Gennaio 1871. Testo ed Atlante.* Roma, 1872.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La commission disposait, pour l'appréciation des divers projets :

1° D'un grand nombre de sections transversales, relevées depuis les *Sassi di San Giuliano* jusqu'à la mer;

2° Des diagrammes des hauteurs hydrométriques du Tibre, à Ripetta, de 1822 à 1871;

3° D'un plan topographique général de la ville, montrant les limites de l'inondation en 1870;

4° Du plan du Tibre, de ses affluents et de leurs bassins;

5° Du plan du Tibre, de San Giuliano à la mer;

6° Du plan du Tibre, depuis son entrée dans Rome jusqu'au pont du chemin de fer en aval, avec le tracé de la régularisation des rives et du fond;

7° Du profil longitudinal des rives et du fond, sur lequel se trouvaient rapportés les niveaux des crues les plus remarquables, et notamment de la crue de 1870.

Comme jaugeages directs, pour estimer la portée du fleuve pendant ses diverses phases, elle ne possédait que deux chiffres relevés directement par l'ingénieur Canevari dans la section de 150 mètres comprise entre la Marmorata et l'Emporium. Ce sont ces deux coefficients numériques qui, en appliquant la formule des interpolations, servirent au calcul de la portée maxima de 3128 mètres cubes (1).

Des propositions examinées par la Commission, il y a lieu de signaler, pour mémoire seulement, les projets suivants :

1° Projet Mirotti. — Le plan de régularisation de l'ingénieur Mirotti, résumé par Possenti dans son rapport (2), consistait :

A débarrasser le lit de tous les obstacles, depuis la Porte du Peuple jusqu'à la Porte Portese;

A endiguer la section du fleuve depuis Acqua Acetosa jusqu'à Rome;

A régulariser le chenal par des murs de quai dans la traversée de la ville;

A détourner les eaux des égouts dans un canal, pour les rejeter à l'aval dans le Tibre;

La régularisation du chenal dans Rome comportait 4270 mètres de murs de quai, au niveau de la crue de 1870, et 5652 mètres de voies de quai, d'une largeur de 12, 16 et 20 mètres.

Le système proposé par Mirotti, bien que satisfaisant aux conditions essentielles du projet qui fut plus tard adopté, ne fit l'objet d'aucune discussion dans le sein de la Commission.

(1) Une année après le dépôt du rapport de la Commission, l'ingénieur en chef de la ville, Vescovali, procéda à quatre nouveaux jaugeages, dans la section comprise entre le pont suspendu et le pont Sisto, d'où il conclut à une portée maxima de 3058 mètres cubes.

(2) *Atti della Commissione*, *loc. cit.*, 206.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

2° Projet Tomei. — Le projet de l'ingénieur Tomei, se bornait :

A resserrer le fleuve dans la vallée en amont de Rome, à partir du confluent de la Nera, au moyen de digues orthogonales en terre, armées d'éperons, qui eussent formé autant de bassins; à Ponte Molle, Collerosetta, Corese, Orte, etc. En limitant le débouché à 50 mètres sur ces divers points, il devait s'ensuivre un relèvement de la hauteur moyenne du plan d'inondation, soit de 2 mètres sur 2 kilomètres de largeur; ce qui équivalait, pour un parcours de 50 kilomètres, à retarder l'arrivée de 240 millions de mètres cubes, ou le volume correspondant à deux jours de crue ordinaire (1).

La Commission émit l'avis que non seulement les bassins ainsi formés ne tarderaient pas à se colmater, par suite de la variation des courants, et il deviendrait indispensable de les surhausser, en aggravant le danger pour Rome, mais il était impossible de justifier, à moins d'expropriations ou d'indemnités, l'occupation d'une surface aussi étendue de terrains submersibles, en même temps que la construction de nouvelles routes latérales ou parallèles au fleuve, sans excéder de beaucoup la dépense estimée à un demi-million, pour chaque couple de digues pourvues d'un revêtement solide, d'éperons sur culées et de radiers.

D'ailleurs, indépendamment de la crue de l'Anio, les eaux de la Paglia, du Chiaggio et du Haut Tibre, arrivant simultanément dans les bassins d'expansion chargés de recevoir celles de la Nera, ne pouvaient que déterminer leur débordement, en précipitant toute la masse sur Rome, alors qu'elle est naturellement fractionnée, sauf dans des cas exceptionnels.

Projet Possenti. — Le plan que le président Possenti développa et défendit savamment, mais sans succès, auprès de ses collègues, était fondé sur des calculs dont les données parurent contestables, quant à la portée maxima, évaluée à 2800 mètres cubes, d'après d'anciennes formules monômes, appliquées au mouvement uniforme, et surtout au choix de neuf sections du Tibre, dans le parcours de Ponte Molle à la mer, à l'exclusion de huit autres, pour lesquelles les mêmes formules présentaient des résultats trop disparates.

Il comprenait essentiellement trois coupures à exécuter, en aval de Rome :

La première, à une distance de 9420 à 11816 mètres du pont Molle, sur 1600 mètres de longueur, depuis le pont du chemin de fer, avec une largeur moyenne de 110 mètres et un radier plan;

La seconde, plus en aval encore (distance de 12569 mètres à 15100 mètres) d'une longueur moyenne de 1422 mètres et d'une largeur moyenne de 120 mètres;

La troisième, depuis le ruisseau Tor di Valle (distance 17330 mètres) jusqu'au ruisseau Malafede (distance 27600 mètres), d'une longueur de 5140 mètres et d'une largeur de 150 mètres.

(1) Ce système est analogue à celui qui fut réalisé dès 1711, sur la Loire, par les grandes digues de Pinay et de la Roche.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Indépendamment de ces trois raccourcissements pour lesquels l'ancien chenal eût été abandonné sur les tronçons désignés, l'auteur proposait de déblayer le lit et le pied des berges dans la traversée de Rome, d'enlever les radiers et avant-becs obstruant l'accès de quelques-uns des ponts et s'opposant à l'approfondissement du fond en temps de crue; d'augmenter d'une arche le pont Saint-Ange et d'ouvrir des lucarnes cylindriques aux tympans des ponts de l'île Tibérine, etc., etc., enfin, d'endiguer la rive gauche depuis San Giuliano jusqu'au pont Molle, à $1^m,50$ au-dessus du niveau de la crue de 1870.

Grâce à ces travaux, Possenti prévoyait un dénivellement, par rapport à la dernière crue, de 2 mètres à Ripagrande et de 4 mètres à Ripetta (1).

En prenant 0 fr. 90 comme prix unitaire, pour le déblai et le transport d'un mètre cube de terre, il évaluait la dépense des trois coupures, représentant 7 millions de mètres cubes, à 6300000 francs, et, en ajoutant la dépense de dix sas à écluses, soit 30000 francs pour chacun, plus 200000 francs pour fascinages et enrochements à l'amont de chaque sas, le coût des dépenses se fût élevé à 6800000 francs.

Pour les autres travaux à exécuter dans Rome, les dépenses auraient été les suivantes :

	Fr.
1. Élargissement du Tibre par sections, de la place du Peuple au pont Saint-Ange, à 110 mètres; du pont Saint-Ange à Ripagrande à 90 mètres; de Ripagrande au pont du chemin de fer, à 100 mètres; de ce dernier à l'entrée de la première coupure, à 110 mètres	2.500.000
2. Démolition et déblai de tous les obstacles encombrant le lit du fleuve et au pied des berges, en deçà des lignes du profil. .	300.000
3. Enlèvement de tous radiers et avant-becs des ponts.	50.000
4. Construction d'une nouvelle arche au pont Saint-Ange et de diverses ouvertures cylindriques aux ponts de l'île Tibérine, remplacement du Pont Rotto, par un ouvrage à travées métalliques.	600.000
5. Clôture de toutes les issues et exhaussement des murs du parapet, placés actuellement sous une ligne de niveau de $0^m,50$ supérieure à la limite du profil.	50.000
6. Construction de deux avant-becs avec radier, au pont Molle . .	250.000
7. Endiguement en terre, depuis les Sassi di San Giuliano jusqu'au pont Molle.	450.000
Total.	4.200.000

L'ensemble du projet comportait ainsi une dépense totale de 11 millions (2).

(1) L'abaissement moyen du niveau d'étiage dans Rome, causé par les coupures, étant de $0^m,40$ à $0^m,50$; celui dû à l'élargissement du chenal avait été calculé de 1 mètre; au déblai du chenal, de $1^m,80$; et à l'amélioration des ponts, de $0^m,60$. (Shelford, *on non-tidal rivers, Proceedings Inst. Civ. Engin.*, 1885.)

(2) *Atti della Commissione, loc. cit.*, 204.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Déjà, la majorité de la Commission, en présence des deux systèmes d'un principe opposé, le maintien, ou le changement du régime du fleuve, s'était prononcée, dans un premier rapport au Ministre (1), sur le maintien, c'est-à-dire, sur l'urgence de débarrasser le lit de tous encombrements, d'augmenter le débouché des ponts à conserver et de remplacer les ponts défectueux, de capter les eaux souterraines et des égouts dans des collecteurs parallèles au fleuve, de régulariser le chenal, en abandonnant le bras gauche de l'île Tibérine, et en entaillant les berges sur plusieurs points, comme aux *Prati di Castello*, à la Farnesina, à la Regola, etc., afin d'obtenir une largeur d'au moins 100 mètres, et, finalement, d'encaïsser le chenal entre deux murs dont le couronnement fût à une cote telle qu'une crue analogue à celle de 1870 devînt impuissante à le surmonter, après déblai du fond.

D'autre part, les membres de la Commission s'étaient montrés très hésitants quant à l'efficacité de coupures à l'amont et à l'aval, et de dérivations dont les effets, sous le rapport du régime des crues, semblaient contestables et très incertains.

Avant-projet Canevari. — Aussi, pour répondre aux idées et aux vues de ses collègues, l'ingénieur Canevari dressa-t-il l'avant-projet, déjà mentionné, d'endiguement du fleuve, comprenant l'établissement des collecteurs annexes.

Le profil général, d'après lequel cet avant-projet fut établi, résultait de l'ensemble des nivellements opérés sur la rive droite, depuis Tor di Quinto jusqu'à la Magliana, par l'ingénieur Betocchi; sur la rive gauche, depuis San Giuliano jusqu'en aval de San Paolo, par l'ingénieur Canevari, et sur les deux rives en aval de Rome jusqu'à la mer, par l'ingénieur Partini. Une dernière opération, exécutée en commun, dans le but de raccorder les profils partiels, relativement au niveau de la Méditerranée, démontra, d'accord avec les travaux géodésiques de l'État-Major, que le zéro de l'hydromètre de Ripetta était de $0^m,971$ supérieur à ce niveau; ce qui donna lieu au remaniement des cotes de l'ensemble.

Il ressortait du profil rendu définitif :

1° Qu'au plus bas étiage, la pente moyenne du fleuve, depuis Malpasso jusqu'aux abords de Rome, est de $0^m,273$ par kilomètre; dans la traversée de la ville, cette pente commence par diminuer de moitié, puis augmente jusqu'à $0^m,600$; enfin, à peine hors de Rome, elle ne cesse de diminuer, dans le parcours d'aval, jusqu'à atteindre l'horizontalité approximative dans les huit derniers kilomètres vers la mer;

2° Que, pendant la crue de 1870, les plus hautes eaux avaient une pente de $0^m,176$ depuis Monte Rotondo jusques passé Castel Giubbileo ; le niveau demeurait dès lors pour ainsi dire horizontal sur 15 kilomètres jusqu'au pont Saint-Ange, après un ressaut au pont Milvio ; puis, sur 3 kilomètres entre le pont Saint-Ange et le pont Sublicius, la chute

(1) *Atti della Commissione, loc. cit., Allegato C*, 140.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

atteignait près de 4 mètres; enfin, en aval de Rome, la pente, n'excédant pas $0^m,500$, se réduisait à $0^m,300$, à Capo-due-Rami (1).

Il était ainsi permis de conclure que les pentes du fleuve, quant il est encaissé dans son lit, à l'état normal, et celles du fleuve en grande crue, n'ont aucune relation entre elles; que le niveau des crues dépend du resserrement et de l'élargissement de la vallée divisée en bassins plus ou moins spacieux, et reliée par un chenal plus ou moins large; enfin, que Rome est située immédiatement à l'aval du plus vaste de ces bassins d'expansion, et qu'il n'y a pas là gonflement des crues, car à l'extrémité du chenal à courant rapide, mais rendu trop étroit par les obstacles, le fleuve, s'élargissant de nouveau, forme d'autres bassins d'expansion pour l'étale des crues (2).

Le profil de la section du Tibre, dans la traversée de Rome, était si profondément altéré par les obstacles, qu'en les supposant enlevés, d'après la pente de $0^m,30$ relevée en aval (entre le pont du chemin de fer et la Casetta Nepoti, sur 400 m.), la plus haute crue de décembre 1870, n'eût atteint, à Ripetta, que $14^m,25$ au lieu de $17^m,22$, et la submersion ne se serait produite dans la ville que sur un très petit nombre de points des deux rives.

Pour établir théoriquement *a priori* la hauteur maxima des crues, il eût fallu calculer le volume maximum de pluie tombée dans le bassin du Tibre; le volume qui s'écoule superficiellement pour former le courant torrentiel; les

(1) D'après le profil dressé ultérieurement par la direction du génie civil (fig. 7, 1re partie), la pente moyenne générale du Tibre, entre Orte et Fiumicino, sur 160 kil. de parcours, serait : à l'étiage (27 septembre 1876), de $0^m,270$ par kilomètre; en crue normale (5 décembre 1875), de $0^m,302$ par kilomètre; en crue extraordinaire (28 décembre 1870), de $0^m,308$ par kilomètre.

Dans la traversée de Rome, où les obstacles abondaient, les pentes différaient naturellement de la moyenne, sur les mêmes points considérés, à l'étiage, en crue normale et en crue exceptionnelle, comme il suit (*) :

	1876	1875	1870
	mètres.	mètres.	mètres.
Pont Milvio	0,286	0,223	0,145
Ripetta	0,269	0,124	0,258
Pont Saint-Ange.. . .	0,429	0,395	1,703
Pont Sisto.	0,521	0,852	0,808
Pont Sublicius. . . .	0,084	0,903	0,830

Pendant la crue de 1870, la pente générale moyenne, entre le pont Milvio et le pont du chemin de fer, aurait été de $0^m,548$ par kilomètre, variant entre $0^m,151$ à l'amont du pont Saint-Ange, et $1^m,100$ à Ripagrande. Sur le bas Tibre, à l'aval de Rome, elle a été calculée de $0^m,263$ par kilomètre comprise entre $0^m,184$ dans les grandes courbes du fleuve et $0^m,518$ au-dessus d'Ostie. A l'embouchure, la pente finale, due à la barre, atteignait $0^m,700$ par kilomètre (**).

(2) Cette déduction, tirée des bassins d'expansion, est en désaccord avec celle des hydrauliciens Castelli et Mengotti, quant au point de gonflement (*ventre*), ou de refoulement (*rigurgito*) des crues observées dans le Tibre, comme dans le Pô et l'Arno.

(*) *Cenni monogr. Fiumi.* V, *loc. cit.*
(**) Shelford, *loc. cit.*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

durées de temps qu'exige le parcours des eaux des divers points du bassin jusqu'à Rome, déduction faite de la portée maxima du fleuve en ces divers points; enfin, évaluer la hauteur d'eau d'après la pente et la section du lit. Faute d'observations météorologiques et de données hydrauliques quant aux volumes d'eau évaporée et filtrée dans le sol, ou s'écoulant à la surface; faute également de données sur les mouvements des courants se succédant et se superposant à leur arrivée dans Rome, cette méthode ne pouvait être suivie.

Une autre méthode, la seule possible en 1870, quoique tout empirique, se basait sur les faits observés dans les crues antérieures, malgré l'absence de profils, coïncidant avec ces crues, qui eussent indiqué les pentes et les sections mouillées pendant les diverses phases. C'est celle qui a été adoptée pour dresser l'avant-projet soumis à la Commission, après avoir relevé le niveau maximum des plus hautes eaux durant une longue période de siècles, et analysé les circonstances naturelles qui ont pu les produire.

Les grosses inondations antérieures à celle de 1870 peuvent se classer en deux séries : la première, qui, depuis l'an 1378, comprenant cinq siècles, fournit des indications précises, soit par des plaques posées sur divers édifices, soit par des descriptions détaillées; la seconde, qui s'étend, en remontant de l'année 1378 jusqu'aux premiers temps de la fondation de Rome, ne peut donner lieu qu'à des présomptions.

De la discussion des cotes relevées pendant la première série, il ressort que la plus forte crue observée en 1598, soit $19^{m},50$, ne surpassa effectivement que de $0^{m},70$ celle de 1870; et de la seconde série, il apparaît, étant donné l'abaissement du sol de Rome ancienne, et l'état d'obstruction du lit plus considérable encore que de nos jours, qu'aucune inondation, celle même de 1280, dont la cote au Panthéon atteignit $13^{m},80$, suivant une version, et $15^{m},83$ suivant une autre, n'a excédé ni égalé les inondations de 1598 et de 1870 dans la même localité, ni dans le voisinage (1).

D'après cela, en remaniant les ponts Saint-Ange, Cestio et Palatin ou Rotto, en donnant au chenal une largeur uniforme de 80 à 100 mètres, on pouvait inférer que le niveau maximum de la crue de 1870, atteignant 16 mètres à Ripetta, pour un refoulement évalué à 1 mètre des ponts conservés et remaniés, il suffirait de tenir le couronnement du mur de quai à $1^{m},90$ au-dessus de 16 mètres pour mettre la rive entièrement à l'abri des hautes eaux. Le plan des voies de quai à Ripetta se trouverait ainsi effectivement placé à $0^{m},70$ au-dessus du niveau atteint en 1870.

Quant à la largeur à donner au chenal, l'avant-projet fixait à 90 mètres l'écart entre les parois verticales des murs de quai dans tout le parcours de la ville,

(1) Canevari, *Allegato G, loc. cit.*, 245.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

correspondant à la section du lit naturel, à l'aval, entre des berges peu inclinées, et à 100 mètres aux abords des ponts. L'ingénieur Canevari proposait, en outre, de restreindre à 70 mètres, à l'aide de deux banquettes de 10 mètres chacune, la largeur au pied du muraillement et au niveau des eaux basses, de façon à avoir une section d'étiage et une section de hautes eaux c'est-à-dire une surface libre de 1 350 mètres carrés environ, depuis le fond moyen jusqu'à hauteur des parapets.

Enfin, l'endiguement entraînait l'établissement de deux voies de quai de 14 mètres de largeur, soutenues par le muraillement, auxquelles se raccorderaient les rues des quartiers voisins; en même temps que l'adossement d'un grand collecteur sur chacune des rives.

La figure 1 montre, en coupe, l'un des types de muraillement projeté pour la section de 1 221 mètres com-

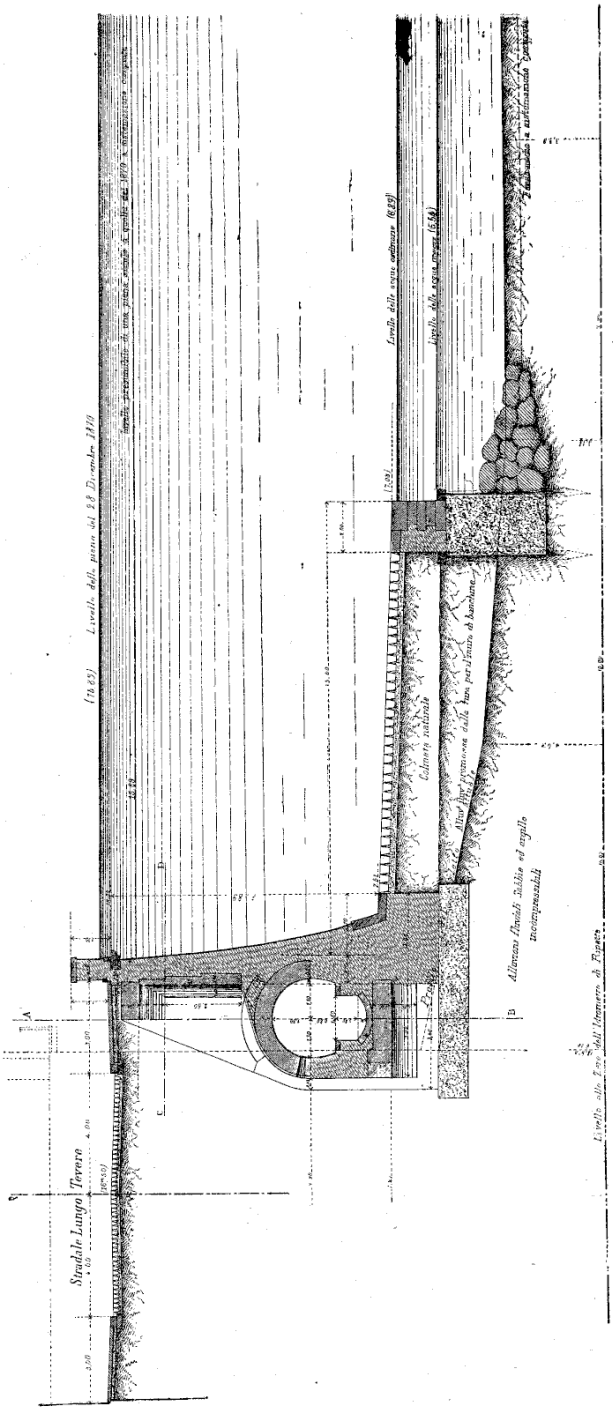


Fig. 1. — Projet Canevari (commission de 1871); type n° 2 de muraillement avec banquette et collecteur (rive gauche).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

prise entre le môle du port de Ripetta et le pont Saint-Jean-des-Florentins, devant l'ancien théâtre d'Apollon. Cette section correspond à une portée d'étiage de 0^{m3},800, et à une portée maxima de 5^{m3},170.

Comme indication sur la marche des travaux, l'auteur de l'avant-projet proposait de mettre d'abord chaque section à la largeur normale de 90 mètres, de déblayer le lit, tant au fond qu'au pied des berges, et de protéger la ligne des

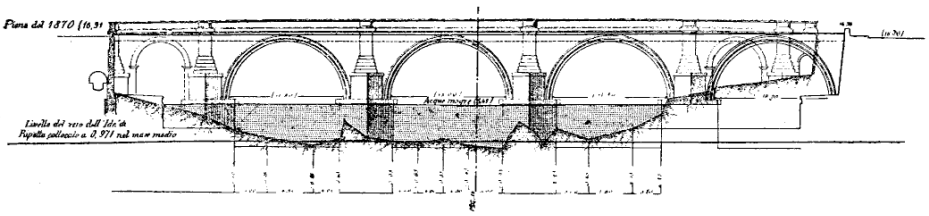


Fig. 2. — Projet Canevari (commission de 1871); coupe transversale du Tibre au pont Saint-Ange avec indication de l'agrandissement d'une arche sur la rive droite.

banquettes, dans les parties profondes, par des estacades derrière lesquelles le colmatage s'effectuerait naturellement. C'est sur ces colmates formées de sable et d'argile que charrie le Tibre d'amont et, se superposant aux anciennes alluvions, que le muraillement devait être assis. Il ne pouvait y avoir d'autre préoccupation, quant à ce mode de fondation, que l'éventualité d'affouillement du courant, mais contre cette érosion il devait être pourvu à l'aide du mur frontal des banquettes, défendu lui-même par des pieux avec enrochements.

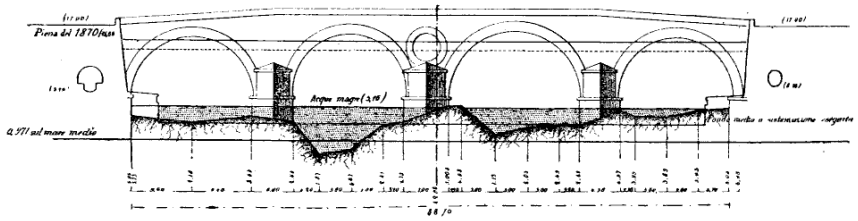


Fig. 3. — Projet Canevari (commission de 1871); coupe transversale du Tibre au pont Sisto.

Les fondations auraient été poussées à la profondeur moyenne de 4 mètres sous l'étiage, et exécutées au moyen d'encaissements remplis au fond de béton, avec 2 mètres de maçonnerie au-dessous du niveau de la banquette. Depuis la cote du quai jusqu'à celle de la profondeur moyenne du lit, la hauteur moyenne eût été de 13^{m},84.

Diverses coupes du chenal sont indiquées à titre d'exemple, au pont Saint-Ange (fig. 2), pour élargissement à 90 mètres; au pont Sisto (fig. 3), pour approfondissement; au pont Palatin (fig. 4), pour rétrécissement.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L'endiguement se terminant aux abords du pont Sublicius, le mur de quai, sur la rive droite, se raccordait avec le quai de Ripagrande, et sur la rive gauche, se poursuivait jusqu'à la Marmorata. De ce point extrême, une digue en terre,

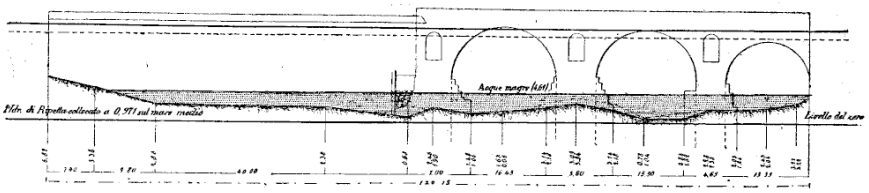


Fig. 4. — Projet Canevari (commission de 1871); coupe transversale du Tibre au pont Sénatorial ou Rotto.

remplaçant le mur jusqu'au pont du chemin de fer, eût mis la plaine du Testaccio à l'abri de tout débordement.

Le premier devis estimatif de l'avant-projet Canevari, adopté par la Commission dans ses parties essentielles, se chiffrait par une dépense de 13 780 000 francs, répartie comme il suit :

	Fr.
Construction du muraillement des quais.	8.280.000 (1)
— des collecteurs de chaque rive..	4.000.000
Déblai du chenal, y compris les indemnités.	400.000
Construction d'un nouveau pont en remplacement des ponts Cestio et Fabricio.	500.000
Agrandissement du pont Saint-Ange.	300.000
Construction d'un pont en remplacement du pont *Rotto*. . . .	300.000
Total.	13.780.000

En tenant compte, après une étude plus approfondie du projet, des suppléments de dépenses qu'entraîneraient : le déblai du chenal (2 600 000); le muraillement et les collecteurs (3 000 000); les quais, les chaussées et le raccordement des égouts (3 700 000); les expropriations (7 500 000); enfin, les travaux annexes divers (2 120 000); le montant total atteignait en 1875, le chiffre, en nombres ronds, de 33 millions (2).

Il paraissait naturel d'imputer cette dépense pour moitié au Trésor, et pour l'autre moitié à la province de Rome, à la commune et aux propriétaires riverains dont les immeubles devaient acquérir une plus grande valeur. Mais un courant d'idées contraires prévalut, du côté administratif autant qu'au point de vue technique, qui suspendit l'exécution du projet de la commission, bien

(1) Cette dépense fut calculée sur base du prix unitaire de 1 200 francs par mètre courant (fondations et maçonnerie), pour une longueur totale de 6 900 mètres.

(2) F. Giordano, *Condizioni topogr. e fisiche di Roma. Monografia della città di Roma*, I, 49.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

que le Conseil supérieur des travaux publics l'eût sanctionné aussitôt, avec quelques variantes.

L'État et la ville de Rome. — La situation financière générale était telle alors, qu'au mépris de l'engagement moral contracté vis-à-vis de Rome devenue capitale, le gouvernement hésitait à contribuer pécuniairement à l'exécution d'une entreprise qu'il considérait comme exclusivement municipale. D'autre part, la commune de Rome, obligée de subvenir avec ses propres ressources aux exigences multiples de la transformation urbaine, était trop obérée pour songer un instant à supporter seule les frais d'une opération aussi importante. Après de longues négociations, le gouvernement finit par offrir un concours financier absolument insuffisant, pour ne pas dire dérisoire, sous forme d'une annuité qui représentait une quote-part minima de la dépense totale. Sur le refus de l'accepter, la commune s'engagea à faire dresser, à son propre compte, un projet dont elle chargea l'ingénieur en chef de la ville, Angelo Vescovali.

Le projet municipal, accompagné d'un rapport descriptif, d'un rapport technique, d'un devis estimatif et de l'énumération des travaux plus urgents (1), était à peine achevé et soumis au Conseil supérieur, que des pourparlers s'entamaient de nouveau avec le gouvernement, la commune ayant reçu des offres directes d'exécution, de la part d'une compagnie privée.

Projet Vescovali. — L'ingénieur Vescovali, aidé de ses propres recherches hydrométriques (2), s'était écarté sensiblement des données de la commission, non seulement dans l'évaluation de la portée maxima, mais aussi quant à la pente kilométrique du fleuve en hautes eaux et, surtout, à la détermination du niveau de la crue de 1870 sur divers points; ce qui, pour le pont Saint-Ange, par exemple, amenait les ingénieurs municipaux à déclarer qu'aucun refoulement ne s'y était produit, pas plus en décembre 1870 que dans les crues antérieures moins importantes.

Dans la crainte que le muraillement en maçonnerie entraînât trop de dépenses et de difficultés de fondation, Vescovali proposait de lui substituer des digues en terre, à 45 degrés, avec revêtement en pierres. En assurant ainsi un plus vaste débouché aux crues, la digue pouvait être portée seulement à $15^{m},50$. Grâce à l'économie réalisée, il devenait possible de rectifier le cours du Tibre entre Rome et la mer, en pratiquant des coupures qui l'eussent raccourci de 10 kilomètres et abaissé à 4 mètres l'étiage dans la ville.

Le Conseil supérieur élimina ce projet par les considérations suivantes : la dépense n'aurait pas été assez réduite pour procurer l'économie annoncée. Des digues en terre, outre les inconvénients intrinsèques qu'elles offrent,

(1) S.P.Q.R. *Piano di esecuzione dei lavori di sistemazione del tronco urbano del Tevere.* Roma, 1874.

(2) A. Vescovali, *Studii idrometrici sul fiume Tevere* (*Giornale del Genio civile*, 1875).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

peuvent convenir à une ville qui s'installe sur les rives d'un fleuve, mais elles ne s'adaptent nullement au Tibre, où chaque mètre carré de berge doit être extrait à la mine, ou au pic, avec des frais considérables (1).

Un autre plan, plus vaste encore, émanant de l'ingénieur Baccarini (2), devait contribuer à accroître les doutes entretenus par l'inertie du gouvernement, relativement à la possibilité d'endiguer le fleuve entre deux murailles, et à leur efficacité pour empêcher les grandes inondations.

Contre-projet Baccarini. — L'ingénieur Baccarini, recourant à la même méthode de calcul que l'inspecteur Possenti, arrivait à des résultats plus discordants que lui, comme il ressort de la comparaison des deux évaluations pour la même section du Tibre, se terminant au pont du chemin de fer (3).

		Possenti.	Baccarini.
Aire moyenne.	m. car.	1 092,30	1 105,25
Rayon moyen.	mèt.	9,363	9,395
Pente unitaire.	mèt.	0,000 55	0,000 58

Tandis que Possenti, dans cette section, trouvait une portée maxima de $4183^{m3},10$, et l'écartait comme trop élevée pour être vraie, Baccarini, l'évaluait à $4575^{m3},73$ et la retenait comme exacte.

L'auteur proposait, pour un débit maximum de 5 000 m. cubes à la seconde, dans les crues exceptionnelles, d'ouvrir sur la rive gauche un canal de décharge qui, dans les conditions ordinaires, devait détourner les eaux de l'Anio, et, en cas de crue, environ 700 m. cubes des eaux du Tibre, de sorte que pour les crues simultanées, le canal aboutissant en aval de Saint-Paul-hors-les-Murs, devait dériver 1 200 m. cubes environ. Le Tibre, dans ce cas, eut charrié encore 3 800 m. cubes, c'est-à-dire un volume d'eau supérieur à celui évalué par les ingénieurs Vescovali et Canevari. Aussi, ne doit-on considérer ce projet que comme une annexe des précédents, ajoutant une dépense de 25 millions, à celle de l'endiguement en ville (4).

Les objections n'ont pas fait défaut au déversoir Baccarini, à cause des atterrissements auxquels il eût été exposé, mais surtout des effets du refoulement des crues dans le canal et le fleuve, et des dimensions et de la construction du débouché.

(1) F. Giordano, *Condizioni topografiche* etc., *loc. cit.*, 51.

(2) *Sull' altezza di piena massima nel Tevere urbano e sui provvedimenti contro le inondazioni. Considerazioni e proposte dell' ing. A. Baccaroni.* (*Il Politecnico*, 1875.)

(3) Fr. Brioschi, *le Inondazioni del Tevere in Roma. Nuova Antologia*, 1876.

(4) Le projet Baccarini comprenait en effet, indépendamment du canal de dérivation, la régularisation du chenal dans Rome, au moyen de quais d'une hauteur de $15^{m},50$ (coût prévu à 35 millions), pouvant contenir toutes les crues qui intéressent le régime normal du fleuve. (*Opinione*, 5 janvier 1876.)

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Contre-projet Garibaldi. — Les projets se succédaient sans répit, et aussi les observations et les suggestions des ingénieurs sur les projets antécédents (1), mais l'entente ne parvenait pas à s'établir entre l'État, la province et la commune de Rome quant au plan définitif, ni à la quote-part d'un chacun dans la dépense, lorsque le général Garibaldi saisit la Chambre, le 26 mai 1875, d'une proposition de loi concernant son propre projet de régularisation du Tibre, que le prestige de l'auteur fit prendre aussitôt en considération (2).

Le général, à l'instar de Jules César, avait conçu grand; il s'agissait, dans sa première pensée, de détourner le Tibre complètement, à l'aide d'un canal prolongé jusqu'à la Méditerranée, avec un grand port à Fiumicino, « pour sauver Rome, disait-il, des inondations, la doter d'un canal navigable, ranimer son commerce maritime, et aider, par l'irrigation, à l'assainissement de la campagne romaine (*agro romano*) (3) ».

La dépense énorme qu'eût entraînée avec lui un plan aussi considérable détermina le promoteur, après de nouvelles études confiées au colonel L. Amadei, au professeur Q. Filopanti, etc., à le borner à la dérivation du fleuve sur la rive gauche, dans la traversée de la ville, et au maintien dans l'ancien chenal d'un volume d'eau déterminé capable de subvenir à la navigation fluviale, et à l'écoulement des eaux souterraines.

(1) L. Tatti, *ingegnere. Sulle proposte per liberare Roma dalle inondazioni.* Milano, 1875.
F. Mora, *ingegnere. Sulla sistemazione del Tevere.* Roma, 1875.
F. Cerroti, *generale. Lavori del Tevere* (*Giorn. d'Artiglieria*, II, 1875).

(2) La Commission nommée par la Chambre, et composée des députés Depretis, Consiglio, Barracco, Bucchia, Baccelli, Maiorana, Perazzi, Seristori et Fano, choisit ce dernier comme rapporteur, mais elle ne tarda pas à décliner toute compétence pour apprécier le mérite technique des propositions; elle obtint finalement du général qu'il modifiât le texte du projet de loi, pour ne considérer que la déclaration d'utilité publique concernant les travaux.

(3) Garibaldi avait songé tout d'abord à créer un port au sud d'Ostie, puis à l'embouchure du fleuve et, finalement, à utiliser l'ancien port de Trajan, en le reliant à la mer par un nouveau canal. Les ingénieurs anglais Wilkinson et Smith, après plusieurs mois d'études, firent écarter ces diverses idées comme impraticables, et dressèrent l'avant-projet complet d'un port à construire à Fiumicino, qui eût été formé au moyen de deux jetées de 2 050 et 1 698 mètres de longueur, laissant entre elles une passe de 150 mètres, dans une profondeur d'eau de 9 mètres. Le devis estimatif des travaux du port, pourvu de son phare et complètement outillé, s'élevait à 15 millions de francs (*the Times*, 4 février 1875).

D'autre part, en vue des améliorations projetées à Fiumicino, le gouvernement avait accordé la concession d'un embranchement de 10 kilomètres entre la station Ponte Galera, de la ligne de Rome à Civita Vecchia, et Fiumicino, établissant une communication directe (31 kilomètres) de la capitale avec la mer. Le prince Torlonia avait cédé gratuitement, de son côté, les terrains de l'embranchement (*Daily News*, 19 mars 1875).

Enfin, le général avait adressé un pressant appel, pour obtenir le concours moral et financier de l'Angleterre, par la voie des journaux, en même temps qu'il sollicitait du roi son patronage en faveur de la souscription du capital que l'État devait garantir, et la coopération du prince Torlonia (*the Times*, 6 février 1875).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

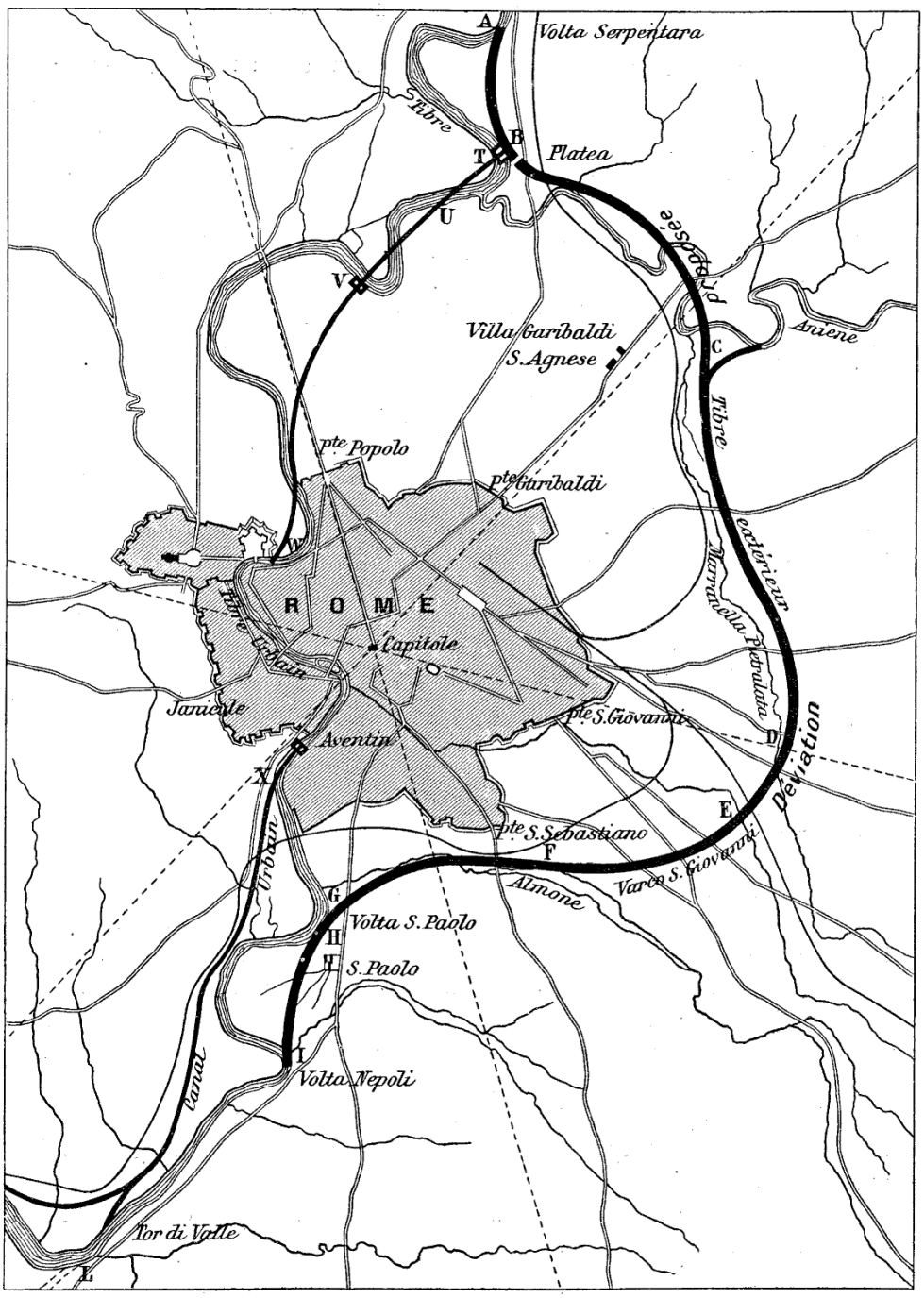


Fig. 5. — Projet Garibaldi; tracé Filopante de dérivation du Tibre et du canal urbain.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les travaux à exécuter, d'après le colonel Amadei, auraient été les suivants (1) :

1. Creusement d'un nouveau lit à partir de Porto Salario, suivant la vallée du Teverone jusqu'au confluent du ruisseau (*maranella*) de Pietra Lata, puis cette vallée même, ainsi que les vallées des Cave et de l'Almona, et aboutissant au Tibre en amont du pont du chemin de fer.
2. Barrage de l'ancien lit pour intercepter le retour des eaux du fleuve.
3. Dérivation de l'Anio dans le nouveau lit.
4. Construction de ponts sur le nouveau chenal, aux points de croisement des routes et des chemins de fer.
5. Construction de siphons pour les aqueducs.
6. Construction des ouvrages d'art nécessaires à l'écoulement des eaux.
7. Établissement d'un port fluvial en aval de la ville.
8. Creusement d'un canal navigable intérieur (100 mètres carrés de section).
9. Construction d'un collecteur, avec canal de décharge, débouchant dans le fleuve près de Malafede.
10. Percement d'une grande voie sur l'emplacement de l'ancien lit, avec lotissement des terrains à bâtir, de chaque côté.

Suivant le tracé Filopanti, la longueur totale du Tibre dérivé hors de Rome eût été de 15 500 mètres, avec une pente moyenne de $0^m,38$ par kilomètre

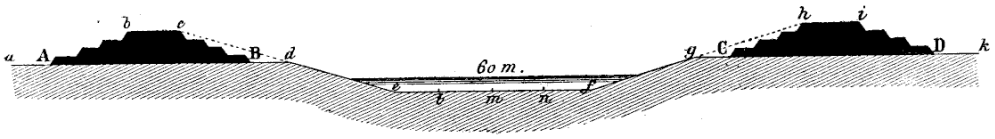


Fig. 6. — Projet Garibaldi, tracé Filopanti; coupe transversale du canal de dérivation du Tibre.

(fig. 5). La largeur du radier du canal étant de 50 mètres, et les talus de 2 sur 1, formant un angle de 30 degrés, le déblai total était calculé de 28 millions de mètres cubes, pour une profondeur partout égale de 16 mètres. La section moyenne de déblai était évaluée à 1 300 mètres carrés, dont moitié devait servir à la construction de chacune des berges en gradins (AB et CD), d'une hauteur totale de 8 mètres, avec couronnements (*bc* et *hi*) de 40 mètres de largeur et 122 mètres de base (fig. 6).

Le canal ainsi établi, pour une vitesse moyenne de 5 mètres par seconde, aurait eu une portée maxima de 15 000 mètres cubes, c'est-à-dire, de trois à quatre fois celle de la crue de 1870.

Pour le second canal destiné à remplacer le Tibre dans la traversée de Rome, les rectifications en amont du château Saint-Ange, comme en aval de la porte

(1) *Progetto della deviazione del Tevere, del generale G. Garibaldi, compilato da L. Amadei, ingegnere-architetto, colonnello del genio.* Napoli, 1875.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Portese, jusqu'à Tor di Valle (fig. 5), d'une longueur de 3 200 mètres, au lieu des 6 kilomètres du fleuve, eussent exigé, par rapport à une section moyenne de 1 000 mètres carrés, un remblai de plus de 3 millions de mètres cubes. Ce remblai devait être effectué en dévalant les berges actuelles, suivant les indications données par la figure 7. Dans le fond LM, de 100 mètres de largeur moyenne, on eût ménagé une cunette *c, d, e, f*, de 1 mètre de profondeur pour l'écoulement des eaux souterraines et le drainage des terres.

Enfin, le canal dit *urbain*, réduit à une portée de 100 mètres cubes par seconde, pour une vitesse moyenne de 1 mètre, aurait eu comme section un trapèze de 10 mètres de largeur au radier. Sur la chute totale de 9^{m},90, on devait réserver 6 mètres, au moyen de chutes successives, représentant ensemble une force nominale de 6 000 chevaux.

Le déblai des berges, dans le cas où la section du canal urbain eût été réduite à 50 mètres carrés, était estimé à plus de 1 million de mètres cubes (1).

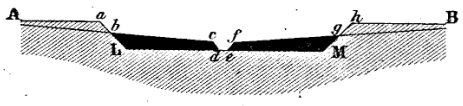


Fig. 7. — Projet Garibaldi, tracé Filopanti ; coupe transversale du chenal du Tibre dérivé.

Le ministère des Travaux publics, en présence de ces variantes, crut devoir charger un ingénieur spécial, M. Amenduni, de contrôler les tracés et de fixer approximativement les devis relatifs à l'exécution. Le tracé Amadei, pour la dérivation seule du Tibre, comprenant celle de l'Anio, eût coûté au-delà de 60 millions, dont il était question de mettre 32 millions à la charge de l'État, et 28 à la charge de la province, de la commune de Rome et des propriétaires. Le devis du tracé Filopanti s'élevait à 146 millions, dont 84 pour le canal de dérivation et 62 pour le canal urbain (2).

La Chambre, écartant sagement toute appréciation technique des projets Garibaldi, dans sa séance du 16 juin, et le Sénat, dans sa séance du 18 juin 1875, se bornèrent à voter le projet de loi, décrété le 6 juillet suivant, ainsi conçu :

Article 1er. — Tous les travaux nécessaires pour préserver Rome des inondations du Tibre sont déclarés d'utilité publique.

Art. 2. — Une somme de 50 000 fr. est portée au crédit du ministère des Travaux publics pour poursuivre les études nécessaires ; mais il est stipulé que l'ensemble des dépenses ne pourra pas excéder 60 millions. Pour obtenir la sanction du gouvernement, les projets devront avoir été soumis au Conseil supérieur des Travaux publics.

(1) *Considerazioni di Quirico Filopanti sulle bonifiche romane proposte dal generale G. Garibaldi.* Roma, 1875.

(2) *Engineering*, 8 décembre 1876.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le Conseil supérieur des Travaux publics.

Projets soumis au Conseil. — Dès lors, le Conseil supérieur eut à se prononcer sur tous les projets, qu'il classa en quatre catégories :

a). Dérivation totale du fleuve, en conservant un canal navigable dans Rome. (Projet Garibaldi, avec variantes Amadei, Filopanti, etc.)

b). Établissement de barrages en montagnes, en vue des réservoirs d'eau des affluents; rectification du fleuve dans l'intérieur de la ville, et en aval. (Projets Bergolli, Giordano, Cerroti, etc.)

c). Endiguement du Tibre dans Rome, à un niveau réduit, et canal déversoir pour les crues, à exécuter sur la rive gauche. (Projet Baccarini.)

d). Endiguement complet du Tibre, en vue de contenir les crues maxima, avec collecteurs pour les eaux souterraines et d'égoût. (Projet de la Commission de 1871, dressé par Canevari, ou amendé par Vescovali, etc.)

Projet définitif. — Après un examen approfondi, le 29 novembre 1875, le Conseil adopta définitivement et à l'unanimité les principes suivants, applicables aux travaux :

Exécution des ouvrages reconnus nécessaires pour rendre immuable le lit du fleuve au pont Molle, à la cote fixée par la Commission de 1871.

Endiguement du Tibre en amont de Rome; sur la rive gauche, conformément au projet municipal, et sur la rive droite, suivant une ligne à déterminer, qui côtoierait depuis le bastion du Belvédère jusqu'au val d'Inferno.

Construction de digues muraillées dans Rome, à l'ordonnée de 17 mètres, par rapport au zéro de l'hydromètre de Ripetta, suivant un type présentant les conditions de stabilité voulue, avec contreforts intérieurs.

Construction d'une voie de quais (*Lungo Tevere*) au niveau de la crête du muraillement.

Adoption pour le chenal d'une largeur de 100 mètres au minimum, mesurée entre le pied des murailles, et adaptation générale du lit, d'accord avec le projet municipal, sauf deux variantes de détail.

Conservation de l'île Tibérine, en portant le bras droit à 70 mètres, et le bras gauche à 60 mètres de largeur, de façon à ménager un chenal total de 130 mètres.

Agrandissement du pont Saint-Ange à l'aide d'une arche de droite, et si possible, d'une arche de gauche, sinon, d'une seconde arche à droite, symétrique de celle déjà existant à gauche.

Démolition du pont Rotto (Palatin) et du pont Cestio, et leur reconstruction avec des arches suffisantes pour ne pas entraver le courant.

Enlèvement des débris et décombres, avec dragage du lit, afin d'y ménager une pente régulière de $0^m,40$ par kilomètre à partir de Ripetta, à la cote hydrométrique de $1^m,50$, jusqu'à *Porta Portese* en aval, et un plan horizontal, de Ripetta en amont jusqu'à *Albero bello*. De *Porta Portese* en aval jusqu'à *Capanna*, sur la route d'Ostie, le fond sera maintenu à la cote zéro de l'hydromètre.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Endiguement, en aval de Rome, de la rive gauche, jusques passé la basilique de Saint-Paul.

Substitution, au port de Ripetta, d'un autre port plus convenablement situé pour la navigation fluviale d'amont.

Étude d'un raccourcissement du fleuve depuis le pont du chemin de fer jusqu'à la section IV du profil de la Commission de 1871.

Construction de collecteurs des eaux d'égout de la ville, mais séparés des murs de quai, pour lesquels un projet sera dressé à part, d'accord avec la Municipalité (1).

Les principes techniques admis par le Conseil excluaient d'emblée tous les projets, hormis celui de la Commission de 1871, qu'il précisait, en fixant la hauteur des digues à 17 mètres au-dessus du zéro hydrométrique, soit à $18^{m},20$, avec une largeur de 1 mètre à la crête et un fruit de $1^{m},20$.

Le projet du général Garibaldi, tout réduit qu'il fût à de plus modestes proportions par ses collaborateurs, ne trouva pas grâce devant le Conseil, qui le jugea aussi inutile qu'inopportun et lui fit subir le sort commun (2).

Le Ministre n'adopta d'abord l'endiguement qu'en principe, et le Conseil supérieur dut se préoccuper, à sa requête, de l'étude d'un redressement du Tibre près de Saint-Paul; mais, le 3 février 1876, la Chambre, saisie d'une demande de crédit de 9 millions, sur lesquels 6 millions et demi devaient être consacrés à l'exécution de ce redressement, et 2 millions et demi au déblai du chenal, repoussa la coupure projetée par le Ministre et approuva l'endiguement pur et simple.

Le 16 mars suivant, le gouvernement présenta de nouveau une demande de crédit, mais seulement de 3 millions, affectés aux travaux du chenal; une crise ministérielle la fit retirer, et finalement le 30 juin 1876, sur le dépôt d'un projet de loi, à l'effet d'entamer les travaux de déblai, de consolidation des berges, de régularisation du chenal et l'exécution du collecteur de la rive gauche, le Parlement vota le premier crédit de 10 millions, à répartir, sous le titre de première série des travaux de rectification du Tibre, sur quatre exercices, à savoir:

1870.	500.000	francs.
1877.	4.000.000	—
1878.	4.000.000	—
1879.	500.000	—

(1) Cette dernière partie du programme du Conseil a été traitée dans la monographie spéciale : *les Égouts de Rome* (*Bulletin* d'octobre 1897).

(2) Il ne fallut rien moins que l'autorité de l'éminent ingénieur John Fowler, qui visita Rome expressément, à son retour d'Égypte, au printemps de 1875, et examina minutieusement les projets de correction du fleuve soumis au gouvernement, y compris ceux de Garibaldi, pour démontrer au général que l'opposition du Conseil supérieur des travaux publics se justifiait par des considérations d'ordre purement technique.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

En résumé, après six années de tergiversations, de discussions et de négociations interminables entre les intéressés, grâce à l'attitude ferme et invariable du Conseil supérieur des travaux publics, on était revenu au point de départ (1).

Mise à exécution. — Aussi bien, à l'exécution, le programme des travaux de la Commission de 1871, quoique sanctionné dans ses parties essentielles par le Conseil supérieur, devait-il rencontrer des obstacles et éprouver des lenteurs dont il était difficile de prévoir la durée, du moment où l'on oubliait que l'endiguement du fleuve entraînait en même temps la transformation des deux rives, l'assainissement du sous-sol de la ville, le remaniement des ponts et des voies d'accès, et l'amélioration des conditions générales de la navigation.

Il ne s'agissait pas seulement, en effet, de construire des murs de quai et des quais, mais encore de débarrasser le chenal des décombres entassés depuis des siècles, d'élargir les sections trop étroites, de diminuer les sections trop larges, et de relever les parties basses des berges pour contenir les crues dans le lit encaissé, de canaliser les eaux souterraines pour les conduire hors de la ville sans possibilité de refoulement par les hautes eaux, de remanier les ponts à conserver, d'en construire d'autres dans de meilleures directions, de ménager des rampes d'accès qui impliquaient la réfection des voies latérales et d'établir de nouveaux ports sur le fleuve. La plupart de ces opérations devaient donner lieu à des expropriations litigieuses et coûteuses, et plus encore, à des contestations pénibles entre les divers services et l'administration municipale, sans compter les modifications incessantes des plans, bien qu'ils eussent été rendus définitifs en 1876 par le Ministère.

A. — PREMIÈRE SÉRIE DE TRAVAUX

Les premiers travaux engagés en aval du pont Saint-Ange, comprenaient quatre lots pour lesquels les adjudications, ne furent couvertes qu'en décembre 1876 et les années suivantes, par des soumissions portant des rabais de 27 jusqu'à 33 p. 100.

1er *lot.* — *Déblai du chenal en aval du pont Saint-Ange*, adjugé le 5 décembre 1876, à l'entreprise H. Campos, qui rétrocéda le lot à l'entreprise V. Sismondo, avec délai d'achèvement fixé au 5 juin 1879.

L'entrepreneur avait le choix des procédés, à la condition de sauvegarder les habitants, les édifices riverains et de ne pas nuire au régime fluvial. Ces procédés consistaient dans l'emploi de mines, de broyeurs combinés avec des dragues, d'encaissements pour mise à sec du lit (*ture*), etc.; mais la plupart ne fonctionnèrent qu'imparfaitement et par intermittence.

(1) F. Giordano, *Condiz. topogr.* etc., *loc. cit.*, 32.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les encaissements établis sous la partie métallique du pont Rotto durent être achevés en prévision des crues, avant d'avoir pu être asséchés.

L'usage de la dynamite fut concédé à plusieurs reprises, en limitant les charges à un quart de kilo, puis retiré à la suite des protestations des riverains, dans le bras droit de l'île Tibérine, et notamment de l'hôpital des *Fate bene Fratelli*.

La Commission d'hygiène intervenant pour la suppression de tous barrages, celle d'archéologie réclama le maintien de la pile centrale du pont Sublicius, jusqu'à ce que des sondages eussent démontré qu'il fallait la détruire.

De ces difficultés, jointes aux litiges de l'administration avec l'entreprise, il résulta qu'en 1881, deux années après le délai fixé pour l'achèvement, le déblai opéré pendant cinq années écoulées, n'avait porté que sur le parcours du fleuve compris entre le pont Sublicius et l'île Tibérine, sans que le pont Sisto eût été dégagé. Sur une somme prévue de 933 000 francs, il avait été effectivement dépensé 502 000 fr., pour déblayer 400 mètres entre les ponts Sublicius et Palatin (1).

2e *lot. — Élargissement du chenal à la Farnesina, et muraillement sur 54 mètres de longueur.* — Ce travail, adjugé les 11 avril 1877 et 10 mai 1878 à l'entreprise H. Campos, avec délai d'achèvement fixé au 28 novembre 1880, ne put être entamé qu'en 1878. Son importance résultait de l'avancement démesuré de la berge occupée par le jardin du Palais, qui restreignait le chenal à 58 mètres de largeur, en face du palais Falconieri. Le délai provenait de l'opposition faite à l'entaille du jardin (2).

Tandis que la fouille exigée par la coupure de la berge se poursuivait, l'administration imposa une variante pour le muraillement, qui nécessita une revision du marché et la Commission de l'Académie de San Luca, aussi bien que les autres Commissions des Beaux-Arts, obtinrent qu'on suspendît tous les travaux, de crainte de détérioration des fameuses fresques du palais, provoquée par l'affaissement du sol.

Une Commission mixte désignée pour proposer les mesures de conservation, fut d'avis de construire une digue sur le fond argileux supportant la terrasse du jardin du palais, afin d'intercepter le passage des eaux souterraines, que des égouts spéciaux conduiraient au dehors. Cette digue dont les travaux furent poussés jusqu'en juin 1879, n'ayant pas atteint le but, une nouvelle Commission décida d'isoler le sous-sol par une muraille de fondations, en procédant par dragage. L'essai ordonné par l'administration, d'un fonçage de muraille sur pilotis, n'ayant pas davantage réussi, un autre projet fut arrêté, et après son approbation le 21 juillet 1880, un nouveau marché dut être soumis à l'entreprise, qui ne l'accepta qu'en 1881.

(1) *Relazione della Commissione di Vigilanza*, décembre 1883.

(2) Bâtie sous le pontificat de Léon X, par le célèbre banquier A. Chigi, protecteur et ami de Titien et de Raphaël, la villa de la Farnesina, rachetée plus tard par le cardinal Farnèse, s'était accrue abusivement d'un magnifique jardin avec terrasse, aux dépens du chenal et de la libre navigation dans cette section du Tibre. « C'est dans cette partie du fleuve, écrivait De Tournon, que la nécessité d'une régularisation, comme Navier la projetait, est la plus évidente ».

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ainsi, jusqu'en 1881, les travaux qui auraient dû être terminés depuis une année, se bornèrent à l'excavation, à 3 mètres environ au-dessus de l'étiage, du front de la Farnesina, et à la construction de 80 mètres de muraillement aux abords du pont Sisto.

3e *lot. — Coupure et endiguement de la Regola*, sur la rive gauche, depuis le pont Sisto jusqu'à l'extrémité de l'île Tibérine. — Ce lot, adjugé le 11 avril 1877 à l'entreprise Campos, qui le transféra à l'entreprise Fumaroli, avec délai d'achèvement fixé au 18 novembre 1879, prorogé jusqu'en 1880, ne fut entamé qu'après une modification du marché, en date du 10 mai 1878. L'administration avait changé le projet, en prenant à sa charge le déblai des fondations, ainsi que le matériel et les matériaux à fournir à l'entreprise, qui, dès lors, n'avait plus qu'à faire le mur et la plate-forme du quai.

Or, pour le revêtement du mur, stipulé dans le cahier des charges, comme exécutable en briques ou en travertin, l'entrepreneur ne recevant aucune décision de la part de l'administration, les travaux de simple maçonnerie restèrent en suspens jusqu'en juin 1880.

4e *lot. — Coupure de la berge et muraillement entre le pont Sisto et les ruines des bains Olimpia*, vers le pont Cestio, sur la rive droite. — L'entreprise Carlo Santini avait soumissionné les travaux le 10 juin 1878, avec délai d'achèvement fixé au 18 juillet 1881; elle avait toute liberté pour organiser ses chantiers et pourvoir aux moyens d'exécution.

Après avoir construit 222 mètres de muraillement, en s'appuyant sur le lit du fleuve incompressible, dans la section du *Muro nuovo*, l'entreprise se trouva arrêtée par un sol absolument perméable, correspondant à des fissures de la berge, par lesquelles la couche aquifère pouvait mettre en danger les immeubles riverains.

L'administration résolut alors de proposer l'emploi de l'air comprimé, d'après un cahier des charges qui fut arrêté et accepté seulement au mois de février 1881.

En dehors des 222 mètres de muraillement, l'entreprise avait borné ses opérations à l'essai de quelques autres systèmes de fondation, à la démolition des anciens murs de berge et au déblai des terres entre le pont Cestio et les Bains, afin de pouvoir remblayer les quais, derrière le muraillement achevé, mais sans revêtement, car l'administration ne s'était pas encore prononcée, en 1881, sur le système définitif.

Pour ce lot, comme pour les précédents, les crues survenues en septembre et en novembre 1878 causèrent de sérieux dommages aux travaux en cours, à la Farnesina, à la Regola et au pont Sisto, retardèrent les installations nouvelles et amenèrent des complications sérieuses de la part des entrepreneurs.

Lots divers. — D'autres travaux moins importants furent adjugés en 1879, à savoir : l'endiguement complet du pont Sisto, à l'entreprise Olinto Morosi, la démolition de l'immeuble Cento Preti, à l'entreprise V. Sismondo, et la four-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

niture de blocs artificiels en béton, destinés à protéger les murs de quai, à l'entreprise Solari.

Pont Sisto. — Aux épaulements du pont Sisto, les travaux comprenaient des murs de quai et de banquette, qui les raccordent avec le muraillement, tant à l'amont qu'à l'aval, sur chacune des rives. Il eût été préférable de remplacer cet ouvrage ancien et peu commode que rien ne recommandait spécialement au point de vue esthétique, par un pont à larges ouvertures, plus viable, qui eût amélioré le profil des crues et permis de tenir à une moindre hauteur les murs de quai. Le Conseil supérieur en avait décidé autrement.

Le pont Sisto, encadré à ses deux extrémités par les murs de quai, présente aujourd'hui l'aspect de la reproduction photographique (fig. 8).

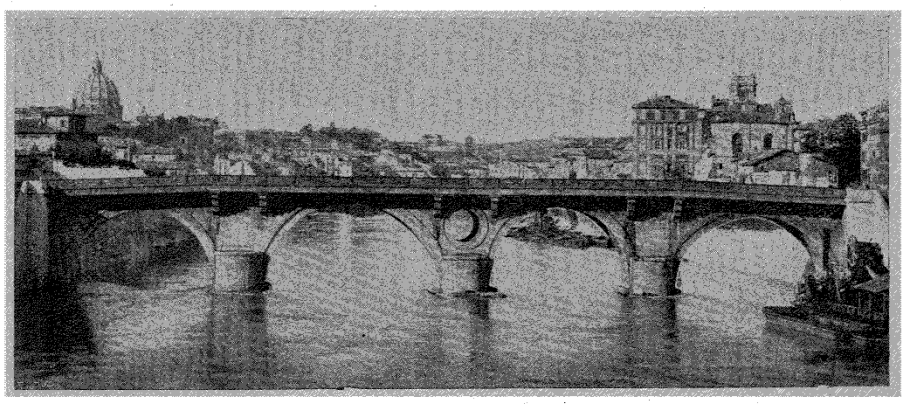


Fig. 8. — Pont Sisto entre les nouveaux quais.

En rendant compte des travaux de la première série des travaux, la Commission de vigilance (1) n'hésite pas à attribuer les résultats médiocres à la mauvaise installation des chantiers et au défaut de matériel approprié, qui étaient la conséquence forcée du fractionnement en petits lots, échéant à des petites entreprises mal outillées, dépourvues d'un personnel exercé dans ces sortes d'opérations et de capitaux.

Indépendamment du système des petites adjudications, déterminées par des rabais exagérés, et ne répondant pas au vaste programme dont le gouvernement avait mission de hâter l'exécution, l'administration, par des variantes incessantes de profil, de modes de fondations, de qualités de matériaux, etc., donnant lieu à des contestations, à des remaniements de cahiers des charges,

(1) Aux termes du règlement approuvé par décret du 5 avril 1877, une Commission de contrôle, composée de cinq membres : Pianciani, président, Baccelli, Bracci, Manni et Canevari, rapporteur, fut chargée de rendre compte annuellement au ministre des Travaux publics, de la marche des travaux ; son rapport doit être soumis au Parlement chaque année.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

à des ajournements de délais, etc., n'avait pas peu contribué au retard préjudiciable et à l'excédent de dépenses que l'on constatait au bout des quatre premières années.

La Commission en prenait acte pour recommander au Ministre de porter son choix à l'avenir sur une ou deux entreprises chargées de lots bien délimités, d'abandonner le système des adjudications publiques en traitant de gré à gré avec des entreprises dûment qualifiées, d'interdire aux entrepreneurs de sous-traiter à moins de cas autorisés, de fixer désormais les profondeurs des fondations suivant un plan définitif, ainsi que les prix unitaires par mètre linéaire de muraillement, de collecteur, etc., et par mètre de fondations en profondeur, d'après des types normaux; de laisser aux entrepreneurs toute liberté pour le choix des moyens d'exécution, mais aussi la responsabilité entière vis-à-vis des tiers en cas de dommages; enfin, de désigner une commission permanente pour référer sur toutes difficultés en matière d'intérêts archéologiques, artistiques, etc., et proposer des solutions (1).

B. — DEUXIÈME SÉRIE DE TRAVAUX

Sur la proposition du gouvernement, le Parlement sanctionnait une loi du 23 juillet 1881 accordant une nouvelle somme de 20 millions pour la continuation des travaux du Tibre, et conformément aux recommandations de la Commission de vigilance, le ministère adjugeait à l'entreprise Conrad Zschokke les travaux de la deuxième série, à partir du *Vicolo dello Struzzo* jusqu'à la *Marrana di San Giovanni*.

L'adjudication des 16 mars et 4 avril 1883 provoqua un rabais de 12,2 p. 100 sur le montant du cahier des charges et de 9,2 p. 100 sur la série des prix unitaires offerts par l'entreprise. Le coût du mètre cube de fondations à l'air comprimé fut accepté à 63 fr. 56.

Fondations. — La question des fondations était celle en effet qui préoccupait le plus sérieusement l'administration, étant donnée la nature du sol reconnu jusqu'aux profondeurs de 6 mètres sous l'étiage, à la Farnesina, au Politeama, et de 5 mètres, à la Regola.

Sur la rive gauche, le sol, très compact, formé de dépôts alluviens anciens, gros gravier mélangé avec des fragments calcaires et des pierres, cachait un grand nombre de fontenages.

Sur la rive droite, à la Farnesina, le sol formé d'argile, avec du gros sable, à partir du pont Sisto, ne consistait près des murs Auréliens, le long du jar-

(1) *Relazione, loc. cit.*, 25 r vier 1879, 17.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

din, qu'en sable mélangé d'un peu d'argile fine, jusqu'à 3 mètres sous l'étiage, surmontant une épaisse couche aquifère de sable fin.

Au Politeama, en aval du pont Sisto, le gros sable apparut, sur lequel on put fonder directement la muraille, mais, vers le pont Cestio, la même couche aquifère qu'à la Farnesina se montra à la profondeur de 3m,40, également sous l'étiage.

Si le Conseil supérieur eût décidé d'arrêter les fondations à 4 mètres, comme le portait l'avant-projet Canevari, les procédés pratiqués dans la première série de travaux eussent été applicables, mais, pour parer aux érosions des berges et du lit, aussi bien qu'au danger d'affaissement et de fissures par voies d'eau, le Conseil avait jugé indispensable de les pousser jusqu'à 6 mètres. Dès lors, sous une pression de 5 à 6 mètres d'eau, à travers un terrain perméable, il ne pouvait être pourvu aux fondations qu'en recourant à l'emploi de caissons à l'air comprimé; ce qui aurait pu être prévu, dès 1876, par des sondages, sinon après les premières opérations à la Farnesina.

A. — Entreprise Zschokke et Terrier.

Dès le 20 juin 1882, l'entreprise générale Zschokke et Terrier, procéda à l'installation de deux ateliers mécaniques, l'un pour les fers, à la *Salara Vecchia*, et l'autre pour les bois, à la *Bocca della Verità*; elle commença les déblais nécessaires au fonçage de deux caissons métalliques à la Farnesina, comme reprise de travaux des entrepreneurs précédents (Cottrau et Cie) et à la démolition du couvent *San Giacomo*, afin d'y installer également deux caissons, tandis que pour le déblai du chenal, elle mit en œuvre une première drague à tenailles du système Priestman, une grue à vapeur, en même temps qu'elle plaçait la voie métallique pour le transport en wagonnets des matériaux déblayés.

1. *Endiguement de la rive droite* en deux sections : *a*) depuis la maison Amoretti-Ansaldi à la Lungara, jusqu'aux bains de Donna Olimpia, avec délai d'achèvement fin décembre 1887; *b*) depuis les bains précités jusqu'à Ripagrande, au jardin des religieuses de Sainte-Marie-en-Chapelle.

La première section exigea, en 1884, le fonçage de dix-sept caissons métalliques à une profondeur inférieure à 6 mètres sous l'étiage, et, en 1885 et 1886, celui de cinq caissons, à l'aval et à l'amont des culées des ponts Cestio et Palatin.

La deuxième section de prolongement réclama le fonçage de sept caissons à des profondeurs variant entre 6m,50 et 7m,20, pendant les années 1887 et 1888.

A la fin de 1888, on pouvait considérer comme achevé le muraillement de la rive jusqu'à Ripagrande. Il ne restait qu'à terminer le revêtement en travertin depuis San Giacomo jusqu'au pont Garibaldi, la pose des parapets jusqu'au pont Cestio, et des banquettes au pied du muraillement jusqu'à Ripagrande. L'entreprise avait achevé le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ravalement de toute la maçonnerie, en même temps que le remblai à l'arrière du mur, pour l'assiette de la voie du quai.

Une seule partie difficile s'était présentée dès le début, en 1884, en amont du pont Sisto, comprenant le déblai à exécuter entre le vieux mur du *Caffehaus*, démoli au niveau d'étiage, et le nouveau muraillement, en vue d'élargir le fleuve jusqu'à la section normale.

2. *Endiguement de la rive gauche*, depuis le *Vicolo dello Struzzo* jusqu'à l'embouchure de la *Marrana San Giovanni*.

Les premiers travaux, engagés comme suite à ceux de la précédente série, exigèrent le fonçage de sept caissons, en 1844, entre la *Mola della Giuditta* et le pont Fabricio. Deux de ces caissons, à cause de l'inégalité du fond, hérissé de débris d'anciens murs, s'inclinèrent et se fissurèrent, ce qui obligea de recourir à l'épuisement par les pompes à vapeur pour boucher les lézardes et rétablir la verticale. Deux autres caissons furent ajoutés en 1885, dont un réservé pour la tête du pont Fabricio.

Entre le pont Fabricio et le pont Palatin, cinq caissons furent foncés, en 1885, à des profondeurs qui varièrent de $6^{m},60$ à $8^{m},30$ suivant la nature du sol, le voisinage des ponts, et le danger possible des érosions. Deux caissons supplémentaires, dont un pour la tête du pont Palatin, à $10^{m},70$ de profondeur, furent appareillés en 1886.

En amont du pont Sisto, sur l'autre rive, les travaux de la Farnesina étant achevés et le chenal ramené à la largeur voulue, les travaux purent être abordés à l'amont du pont, à partir du Vicolo dello Struzzo, en fonçant sept caissons à une profondeur qui varia entre 7 et 8 mètres au-dessous de l'étiage.

Du pont Sisto jusqu'au nouveau pont Garibaldi, et de ce dernier jusqu'à la *Mola della Giuditta*, il s'agissait seulement d'exhausser le muraillement au niveau qui correspond aux voies d'accès de ces deux ponts et du pont Fabricio, et de le revêtir en travertin.

En 1887, l'entreprise avait foncé au total, pour le muraillement de la rive sur la longueur de la section, soit 457 mètres, dix-sept caissons, et l'endiguement touchait à son terme.

En outre, la voûte de la *Cloaca Maxima*, près du pont Palatin, aux termes d'un marché additionnel, avait été refaite en bel appareil, et les escaliers, en amont et en aval des ponts, avaient été construits sur les deux rives (voir fig. 11).

Le palais Falconieri dont la vue pittoresque a été reproduite dans la première partie de ce travail (fig. 43) se présentait maintenant sous l'aspect que donne la photographie (fig. 9) prise du même point de la rive opposée.

3. *Déblai du chenal*, depuis le *Vicolo dello Struzzo* jusqu'à la *Marmorata*, sur une longueur de 3257 mètres.

Les travaux de fouille adjugés à l'entreprise Zschokke, le 20 juin 1883, avec délai d'achèvement fixé au 20 avril 1889, débutèrent, en 1883, à l'aide d'un matériel insuffisant; une drague Priestman avec compresseur hydraulique, une perforatrice à vapeur pour les mines sous eau, une drague à godets avec appareil de triage des sables, un remorqueur de chalands, etc.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L'extraction moyenne mensuelle qui atteignit en 1883, 183 mètres cubes, seulement, s'était abaissée, en 1884, à 90 mètres cubes; or les prévisions du cahier des charges envisageaient 6000 mètres cubes comme un minimum, mais l'administration ne s'était pas rendu un compte exact du travail, ni des difficultés qu'il présentait.

La première section, du couvent San Giacomo jusqu'à 60 mètres en aval du pon-Sisto (longueur 623 mètres), comprenait en effet, outre le déblai du lit, encombré de matériaux maçonnés, la démolition et l'arrachement des anciens murs de berges. C'est seulement à l'aide de caissons mobiles à air comprimé pour forer les mines, et de perforatrices à vapeur, qu'il fut possible de venir à bout des fondations des

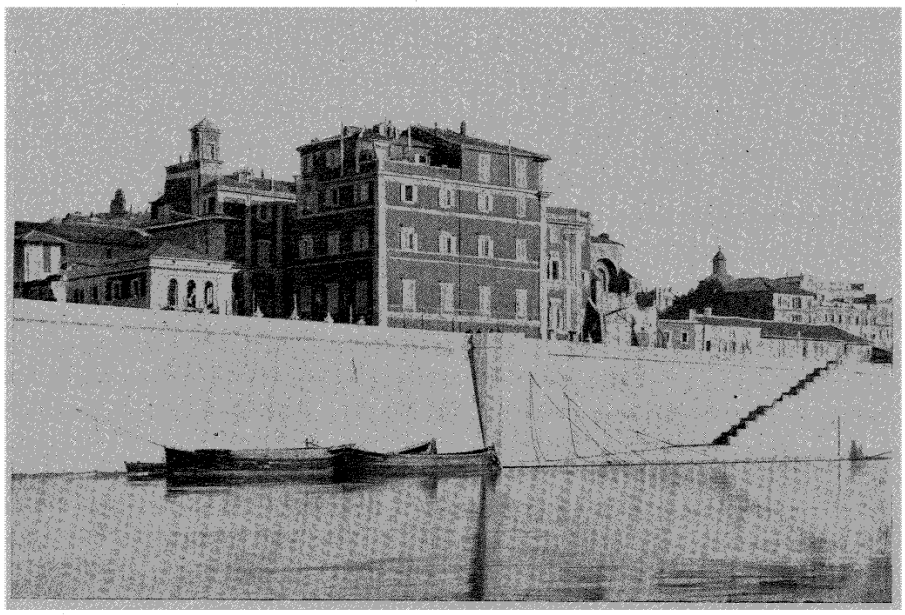


Fig. 9. — Palais Falconieri et le nouveau quai de la Regola.

anciens murs, consolidés par de longs et nombreux pilotis de fortes dimensions.

De même, dans la seconde section jusqu'à la Marmorata (2364 m.), force fut de recourir aux caissons mobiles pour arracher les fondations du pont Sublicius et celles de la Marmorata et de la Farnesina, qui se trouvaient logées à 5 mètres au-dessous de l'étiage.

Malgré l'emploi des caissons, de 4 dragues à vapeur, dont 3 à godets et 1 à tenaille, de 2 remorqueurs à vapeur, de grues, etc., et le tirage de 2600 coups de mine (1), de mai à janvier 1885, l'entreprise ne parvint à extraire que 2500 mètres cubes en moyenne par mois.

L'administration, en vue d'une extraction totale, prévue par elle, de 167000 mètres cubes, qui, au taux réduit de 2500 t. par mois, eût exigé deux années et demie de pro-

(1) La charge du coup de mine avait été fixée à 0k,250 de dynamite n° 1.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

rogation du marché, se détermina à renouveler le marché pour les deux sections, avec la même entreprise, mais sur base d'un forfait.

La progression n'en est pas moins restée très variable; l'extraction, qui s'abaissait à 25 686 mètres cubes en 1886, à 19369 mètres cubes en 1887, augmentait à 28238 mètres cubes en 1888, mais redescendait à 16689 mètres cubes en 1889, etc.

Les masses de maçonneries ensevelies dans le lit, de vieux pilotis enfoncés à de grandes profondeurs, de travertin, de béton, de mortier, de chaux et de pouzzolane, de seuils en marbre scellés aux rives, etc., étaient la cause des lenteurs, non moins que l'obligation de maintenir libres les passages pour la navigation, dans le bras droit de l'île Tibérine. En 1890, il devint nécessaire, afin de faciliter les transports par chalands des déblais, d'ouvrir une passe navigable, à la profondeur de 3m,50 sous étiage, de 25 mètres de largeur et de 84 mètres de longueur, à travers les décombres de l'ancien pont Triomphal, près de l'hôpital San Spirito et d'excaver de ce fait 850 mètres cubes de matériaux. L'extraction totale fut ainsi réduite pour 1890, à 16000 mètres cubes.

Finalement, en 1891, l'entreprise acheva le déblai entre les ponts Sisto et Palatin, moyennant l'extraction de 5650 mètres cubes de matériaux et d'argile, et de 335 mètres cubes de sable.

4. *Enrochements.* — En continuation des travaux d'immersion de blocs de béton, sur les points désignés dans la première série, l'entreprise Zschokke obtint par contrat additionnel de faire les enrochements nécessaires sur les deux rives qu'elle était chargée d'endiguer.

C'est ainsi, après avoir arraché les pieux et les bois, et déblayé les alluvions à l'*Istituto Pio,* comme en face du Politeama, que l'entreprise eut à exécuter des enrochements cubant plus de 8000 mètres pour la défense du nouveau muraillement.

Sur d'autres points, les enrochements ne consistaient pas seulement en prismes de béton (25 mètres cubes), mais aussi en pierres dures, n'excédant pas 40 kilos en poids, qui, cimentées par le limon du fleuve, offrent une résistance suffisante au courant et sont plus économiques.

En 1887, sur deux sections en aval du pont Sisto (rive droite 340 mètres, et rive gauche 110 mètres), 3080 blocs furent immergés, 2500 étant tenus en réserve.

En 1890, la défense du périmètre de l'île Tibérine exigea l'emploi de 1225 mètres cubes de blocs, fournis à divers entrepreneurs.

5. *Complément des travaux du 4e lot de la première série* (1). — Pour parfaire les travaux du 4e lot de la première série, laissés en suspens par l'entrepreneur Santini, lorsqu'il fallut recourir aux caissons à air comprimé sur les 240 mètres de fondation jusqu'au pont Cestio, l'entreprise Zschokke et Terrier se rendit

(1) Ce lot adjugé, en mai 1883, à l'entrepreneur Santini, pour un montant de 1 153 714 fr. s'étendait depuis l'arc de l'Annunziata jusqu'au pont Cestio, sur la rive droite.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

adjudicataire des travaux sur base de nouveaux marchés (17 mai 1883 et 1er mars 1884), avec délai d'achèvement fixé fin novembre 1886.

Après fonçage, en 1884, de dix caissons à une profondeur moyenne de 6m,40, l'entreprise exécuta 175 mètres de fondations avec le muraillement respectif, le revêtement en travertin, et le quai, par déblai et remblai derrière le mur.

En 1885, l'amorce de l'épaulement droit du pont Garibaldi en construction étant terminée, l'entreprise fonça à 9 mètres de profondeur deux autres caissons qui permirent d'achever le mur du quai sur 60 mètres.

Le délai final ayant été prorogé jusqu'en avril 1887, la totalité des travaux se trouva prête à la réception. Elle comprenait :

14 600	mètres cubes	de déblai et remblai,
9 147	—	de maçonnerie de fondations,
7 800	—	de maçonnerie en élévation,
5 080	—	de revêtement et travaux divers.

Il ne manquait, en 1888, pour le complet achèvement, que le parapet dont le mode de construction en travertin, avec socle et couronnement en granit, avait été réservé par l'administration jusqu'à cette époque.

Comptes de l'entreprise Zschokke et Terrier. — Aux termes du premier marché général, le montant de l'ensemble des travaux était de 8.301.170 fr.

Aux termes des dix-neuf contrats additionnels, échelonnés jusqu'en 1887, les dépenses additionnelles, successivement approuvées, furent les suivantes :

1. Déblai sous eau à la Farnesina	131.113
2. Exhaussement du mur de quai exécuté dans la première série	202.284
3. Armature provisoire de l'arche gauche du pont Fabricio	5.463
4. Nouvelle section de collecteur (rive gauche)	281.240
5. Exhaussement du mur du quai à la Regola	47.522
6. Prolongement du mur de quai sur les deux rives et nouvelle section de collecteur en amont du pont Sisto (rive gauche)	155.070
7. Prolongement du mur de quai jusqu'au port de Ripagrande (rive droite)	388.880
8. Remplacement du travertin par du granit pour le revêtement, le socle et les parapets du mur de quai	69.923
9. Indemnité de navigation entre l'île du Tibre et le pont Rotto	23.493
10. Enrochements à l'aval du pont Sisto	45.447
11. Remplacement des briques par du travertin dans les parapets	40.531
12. Travaux à l'embouchure de la Cloaca Maxima	173.960
13. Ouverture d'une passe navigable à l'ancien pont Triomphal	44.948
	9.911.044
En ajoutant pour expropriations la somme de	3.845.264
Le total représentait le montant général des dépenses imputables à l'entreprise, soit	13.756.308 fr.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

En liquidation définitive, la régularisation des deux rives du Tibre, sur 2350 mètres de longueur totale, et le déblai du chenal entre le Vicolo et la Marmorata, stipulés par le premier marché général, indépendamment des travaux additionnels énumérés, représentaient, fin 1892, une dépense de 11975413 fr. L'entreprise Zschokke et Terrier réclamait toutefois, en 1893, pour indemnité à des titres divers, une somme de 1306803 fr.; ce qui majorait le montant d'autant, en le portant à 13282216 fr.

B. — Ile Tibérine.

Le maintien, pour des considérations archéologiques, de l'île Tibérine, avec ses deux bras, dont un seul, celui de droite, livrable à la navigation après approfondissement, devait avoir pour conséquence une modification dans le régime fluvial, en cette section, et une reconstruction du pont Cestio.

La largeur du chenal augmentant de 100 mètres à 150 mètres, à la pointe d'amont de l'île, et à 160 mètres à la pointe d'aval, avec un bras à droite, de 75 mètres et un second à gauche de 65 mètres, soit ensemble 140 mètres, le bras gauche devait nécessairement s'ensabler, sous l'action du courant, plus long d'un septième. En effet, tandis que dans le bras droit, en prolongement de la section canalisée du fleuve, le courant est rectiligne, il est courbe dans le bras gauche.

L'administration technique avait songé à conserver un courant dans ce dernier, à l'aide d'un barrage en maçonnerie de $3^{m},70$ de hauteur au-dessus de l'étiage, dirigé d'un point en amont vers le bec à l'aval de la pile du pont, et d'un avant-bec en charpente, se détachant de la même pile pour remonter le courant sur 17 mètres de longueur (1); mais l'essai ne fut pas satisfaisant, et les atterrissements ne s'arrêtèrent pas, de façon que le bras gauche ne remplit plus maintenant qu'une fonction, celle de déversoir des hautes eaux. Encore, importe-t-il qu'il ne reçoive plus de décharges, que les eaux des égouts de l'île soient dérivées, et que les herbes et arbrisseaux soient faucardés régulièrement, afin que les crues puissent se faire leur lit à la profondeur qu'exige leur volume.

Endiguement de l'île sur le périmètre en amont des ponts Fabricio et Cestio. — Ce travail adjugé le 11 mars 1882 à l'entreprise Emiliani, a été achevé en 1884. Il comprenait l'empierrement de la pointe de l'île, la fondation et l'élévation d'un mur sur 33 mètres de longueur, en remplacement du mur avarié du bras gauche, et la confection des blocs de béton avec immersion, pour régler le partage des eaux, en même temps que régulariser la berge.

(1) Cet essai, commencé au mois d'août 1890, se chiffrait, en 1893, par une dépense de 27203 francs.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

En 1883, l'entreprise construisit le parapet du mur sur le bras gauche, et le revêtement en dalles de pierre des berges et de la proue de l'île.

Pont Cestio. — Le projet technique du 11 décembre 1880, approuvé en 1883, pour l'agrandissement du pont Cestio, fut l'objet d'une soumission dont l'entreprise Zschokke et Terrier devint adjudicataire le 24 juillet 1884, avec un délai d'achèvement fixé au 31 octobre 1888, moyennant la somme de 1 062 000 francs.

La Commission archéologique avait insisté, à cause de l'antiquité de l'ouvrage, pour que l'ancienne arche, à laquelle deux nouvelles devaient être ajoutées, fût conservée à la largeur de 8 mètres ; mais déjà la démolition de l'ancien pont Rotto, un peu en aval, avait permis de constater que les fondations n'atteignaient pas la profondeur fixée pour le lit définitif, après enlèvement des décombres. Le même défaut de profondeur avait été reconnu à la culée gauche du pont Sisto, qu'il fallut renforcer à l'aide d'une banquette à grande profondeur. Il en résultait un grave danger pour l'isolement des piles de l'ancienne arche, et de grandes difficultés pour les rasseoir à 5 ou 6 mètres en contre-bas, à l'aide de caissons à air comprimé, à moins de restreindre la section du chenal entre deux brides en maçonnerie, et d'établir un radier sous les arches.

Aussi bien, les difficultés entrevues et le surcroît de dépenses, que la considération d'après laquelle la voûte de l'arche à conserver portait des traces de restaurations mal faites, avec des matériaux de constructions étrangères, décidèrent la Commission de vigilance à proposer sa démolition complète et la reconstruction d'un ouvrage à deux arches laissant un libre débouché aux crues.

« Il convient de rappeler, écrivait le rapporteur de la Commission, qu'à l'île Tibérine principalement, les hautes eaux rencontrent les plus grands obstacles pour leur écoulement, et qu'une régularisation aussi coûteuse du fleuve ne saurait être compromise pour conserver une œuvre ni belle, ni artistique, ni antique. L'ancienne arche, d'ailleurs, pourrait être reconstruite, si l'on insiste, avec les mêmes matériaux, sur un autre point, par exemple, à un passage de voie fréquentée, et le souvenir pourrait en être gardé par un relief apposé sur les piles du nouvel ouvrage, à l'aide d'une plaque de marbre où serait retracé l'ancien profil, à l'instar de ce qui se fit à Florence, par les soins de la famille des Alberti, près du pont delle Grazie, quand le palais de leurs ancêtres fut démoli pour faire place à un nouveau (1). »

Mais la Commission archéologique ne consentit, en 1886, à la démolition de l'arche et du pont qu'à la condition qu'il serait reconstruit identiquement, avec les mêmes matériaux, même dans les parties couvertes, et en gardant les lucarnes latérales. Un autre projet fut dressé en conséquence, qui obtint la sanction

(1) Cavalletto, *Relazione, loc. cit.*, 18, 1886.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

des ministres des Travaux publics et de l'Instruction publique, et de la Municipalité, mais qui souleva avec l'entreprise des litiges dont le règlement n'eut lieu que par une augmentation de 179 000 fr. par rapport au prix initial. (Convention du 24 juin 1887.)

En 1885, l'entrepreneur installa un pont provisoire, non sans rencontrer de grandes difficultés pour le battage des pieux dans les maçonneries du chenal, et un caisson métallique à la culée de gauche. De nombreuses expropriations suivirent ces premiers travaux pour permettre les démolitions, notamment celle d'une partie du couvent Saint-Barthélemi.

En 1886, le pont provisoire fut ouvert au service et les fondations des culées s'exécutèrent à l'aide de six caissons, trois à droite, d'une longueur de 49 mètres, à

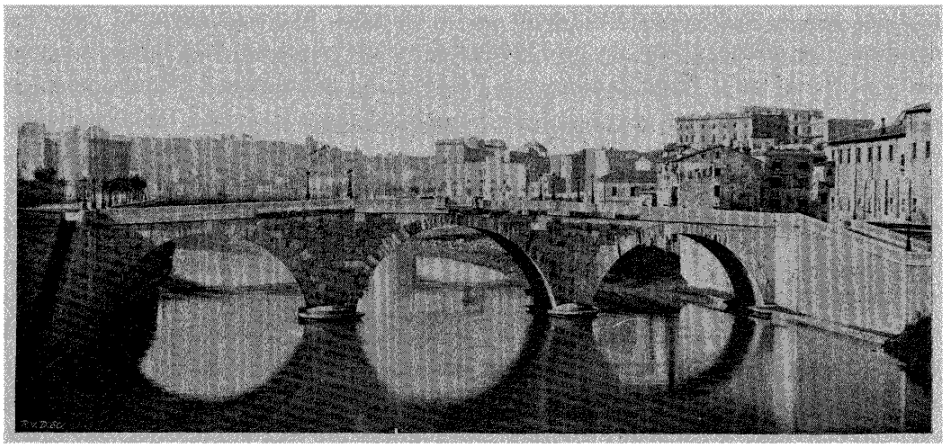


Fig. 10. — Pont Cestio reconstruit entre quais.

la profondeur de $10^{m},40$, et trois à gauche, sur $53^{m},30$ de longueur, à $9^{m},14$ de profondeur. Les murs d'épaulement furent fondés à $8^{m},13$, en vue du choc violent des crues.

Toutefois, jusqu'en 1888, à cause de l'immixtion de la Commission archéologique, les travaux se bornèrent au déblai des culées pour l'élévation des murs. La démolition occupa toute l'année 1888, par suite de l'obligation de décomposer la voûte centrale et les lucarnes, en numérotant chacun des blocs utilisables. Sur 564 blocs détachés sans rupture, 347 seulement furent trouvés en bon état; mais un grand nombre était en roche différente de celle du travertin employé sous l'empereur Gratien, et provenait des matériaux de Rome ancienne. La plupart des voussoirs et des parements étaient reliés, d'ailleurs, par des agrafes en fer soudées au plomb, et nécessairement brisés en les disjoignant.

Après avoir employé l'année 1889 à la démolition des parties déjà condamnées de l'ancien pont et des fondations, ainsi qu'au fonçage d'un caisson à 14 mètres de profondeur sous étiage pour la pile de gauche, l'entreprise fonça à la même profondeur, en 1890, le caisson de la pile de droite. La maçonnerie des piles se poursuivit dès lors

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sans armature spéciale, en n'utilisant pour la façade que 113 des blocs mis en réserve, et en portant la hauteur au-dessus de l'étiage à 4m,50. L'année suivante, les armatures des cintres étant installées, les trois arches furent complétées, avec leur plate-forme horizontale, jusqu'aux parapets.

Le 20 août 1892, l'ouvrage était achevé, et le 20 septembre suivant, le nouveau pont Cestio, tel que le représente la figure 10, était livré à la circulation. La dépense finale a très légèrement dépassé celle prévue; 1 397 612 fr. au lieu de 1 386 265 francs.

L'ancienne épigraphe indiquant la restauration par les empereurs Gratien, Valentinien et Valens, en l'an 369, avec les quelques blocs incorporés dans le nouveau pont, sont seuls à rappeler l'ancienneté de son origine, tandis que pour avoir tenu à le rétablir dans la forme, et, en partie, selon les dimensions anciennes, on a fini par baisser son niveau au-dessous de celui du quai (*Lungo Tevere*) ; ce qui oblige, de la rive droite, à descendre sur la plate-forme (1).

C. — Pont Palatin ou Rotto.

Le Conseil supérieur avait décidé que le pont Rotto, dont le profil transversal a été indiqué (fig. 4), serait remplacé par un nouvel ouvrage, suivant un axe mieux orienté relativement au courant, et un peu en aval de l'ancien dont le souvenir serait conservé, en laissant subsister une arche, avec deux piles, à la pointe inférieure de l'île Tibérine, de manière à ne créer aucun obstacle au flot des crues.

Le projet d'exécution, dressé par l'administration technique du Tibre, comportait une longueur de 154m,42, partagée par quatre piliers en maçonnerie, en cinq travées métalliques, avec plate-forme horizontale de 20 m. de largeur entre les parapets de tête, à la cote 17m,90 au-dessus de l'étiage. Le devis estimatif s'élevait à 2 010 000 francs.

L'adjudication en fut faite à l'entreprise Zschokke et Terrier, le 28 octobre 1886, pour la somme de 1 372 136 fr., non compris les deux culées en cours d'exécution.

En 1887, les caissons étaient à peine montés aux ateliers de la Salara, que l'administration reconnut la nécessité de donner plus de profondeur aux piles, à cause de l'état des couches inférieures du lit. Il en résulta des travaux additionnels qui motivèrent un excédent de dépenses, portant le montant du marché, expropriations comprises, à 1 822 963 fr. La répartition devait se faire comme il suit : 735 013 fr. au compte du syndicat des travaux du Tibre comprenant l'État, la Province et la Commune, et 1 087 950 fr. au compte de la ville de Rome.

(1) Canevari, *Relazione, loc. cit.*, 4, 1893.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Une fois les culées exécutées, avec leurs murs d'épaulement, on commença par fonder les piles 1, 3 et 4, en réservant la fondation de la pile 2, pour ne pas entra ver la navigation, rendue déjà très difficile et dangereuse par les obstacles en amont des piles à conserver, de l'ancien pont Rotto.

La culée de gauche fut foncée à la profondeur de $10^{m},21$ sous l'étiage, la pile n° 1 à $10^{m},11$, la pile n° 3 à $16^{m},10$, la pile n° 4 à $14^{m},11$, et la culée de droite à $10^{m},71$.

Une convention spéciale ayant réglé les conditions de démolition de la culée droite de l'ancien pont et du déblai du lit compris entre les deux ouvrages, les travaux de fondation de la pile n° 2 purent alors être commencés, de telle sorte que dans le cou-

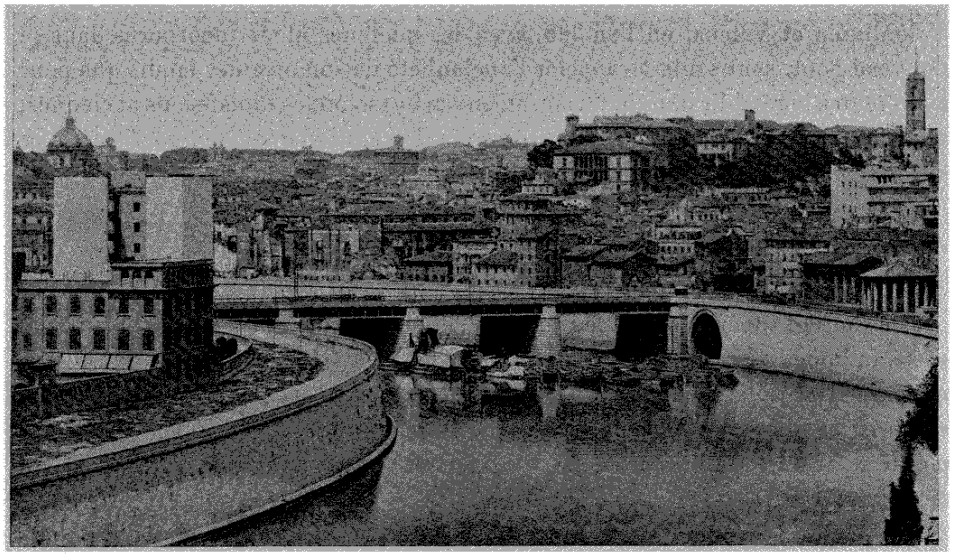


Fig. 11. — Nouveau pont Palatin et Cloaca Maxima.

rant de l'année 1888, le plan de pose des travées était atteint et deux travées étaient déjà lancées en place.

En 1889, la partie métallique fut complétée, ainsi que la partie décorative et le parapet; les conduites d'eau et de gaz posées, on acheva les trottoirs et la chaussée asphaltée.

Le pont fut livré et reçu en 1890, les travaux de ravalement et les essais ayant pris fin avant juin, mais les rampes d'accès sur la rive gauche, à cause du retard apporté par l'administration municipale, n'étaient pas prêtes pour la circulation.

Après liquidation des comptes avec l'entreprise, le coût du nouveau pont Palatin a atteint 2 292 000 fr., dont moitié environ à la charge de la Ville, en y comprenant l'exécution des deux culées pour 410 000 francs.

La figure 11 montre une vue générale du nouveau pont, avec la Cloaca Maxima sous sa voûte nouvelle, et la figure 12, la partie conservée de l'ancien pont Rotto.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

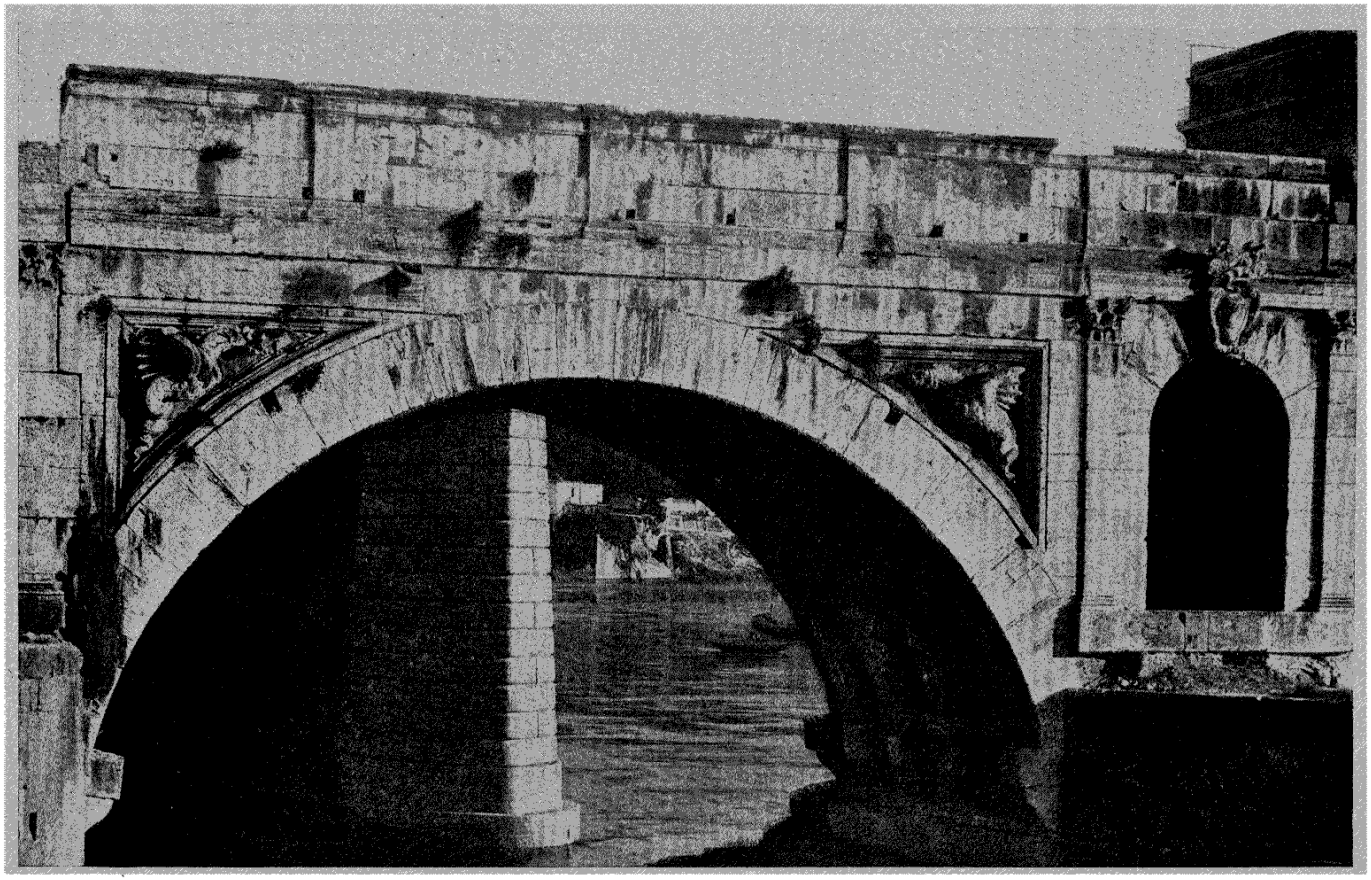


Fig. 12. — Arche conservée de l'ancien pont Rotto.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

D. — Pont Garibaldi.

Des six ponts nouveaux projetés dans le plan de régularisation de la ville, deux seulement avaient été imposés à la Ville. Le premier, dit de *la Regola*, situé entre la pointe, à l'amont de l'île Tibérine, et le pont Sisto, et reliant la nouvelle artère dite Arenula avec le Transtévère, à la place Saint-Chrysogone, transformée en place d'Italie, est le seul que la Municipalité ait construit à ses frais.

Le second, dit de l'*Orso*, situé entre les ponts Saint-Ange et Ripetta, pour desservir le quartier des *Prati di Castello*, a été construit sous le nom de pont Humbert Ier, au compte de l'État, après 1890.

L'entreprise Zschokke et Terrier, chargée des travaux d'endiguement de la

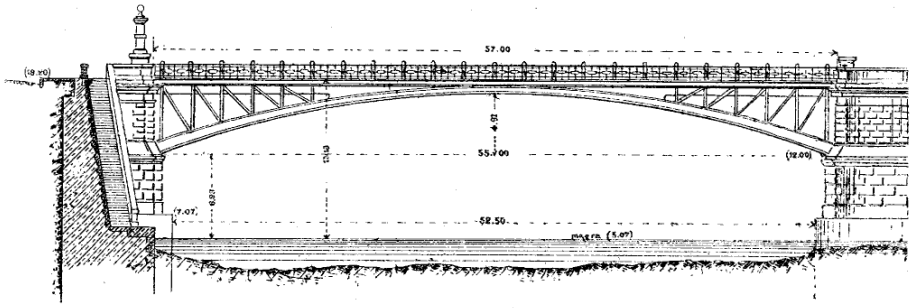


Fig. 13. — Nouveau pont Garibaldi; élévation d'une des deux arches (rive droite).

section du fleuve depuis le *Vicolo dello Struzzo* jusqu'à l'Aventin, obtint de la Ville, par deux marchés des 16 mai et 14 juillet 1884, la construction du pont de la *Regola*, que l'on appela pont *Garibaldi*, en raison de sa proximité du mont Janicule, célèbre par la défense du général, où s'élève sa statue équestre depuis 1895.

Le pont est formé de deux arches métalliques et d'une pile centrale en maçonnerie, avec culées également en maçonnerie, mais légèrement obliques, par suite de la divergence des murs de quai aux deux extrémités (1). La longueur entre les deux bords est de 141m,40, et la largeur de 20 m., subdivisée en 12 m. pour la chaussée, et 4 m. pour chacun des trottoirs. Les figures 13 et 14 montrent l'élévation du côté aval, et le plan de la moitié du pont attenant à la rive droite.

La chaussée est à la cote de 18,20 par rapport au zéro hydrométrique, c'est-à-dire, à 13m,15 au-dessus de l'étiage.

(1) L'obliquité est, pour la culée droite, de 80° 0′13″, et pour la culée gauche, de 80° 21′ 30″. Cette différence à l'aval a permis de mettre à profit les petites plates-formes des têtes de pont pour y amorcer les escaliers descendant au fleuve.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les fondations furent exécutées, en 1885, à l'aide de trois grands caissons à air comprimé, dont la figure 15 représente un type destiné à la pile. Ces caissons ont été foncés entre 13m,8 et 15 m. de profondeur et placés à 52m,50 de distance, tandis que les

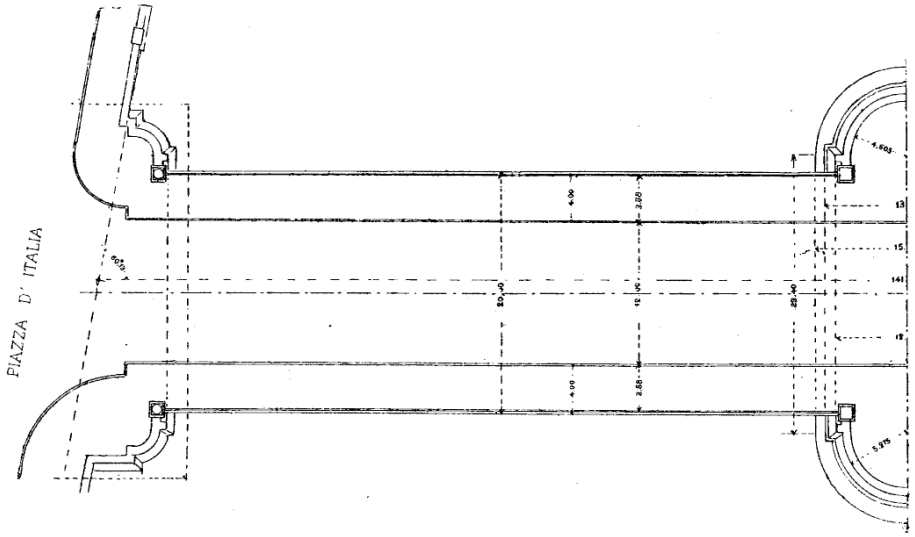


Fig. 14. — Nouveau pont Garibaldi; plan de l'arche (fig. 13) (rive droite).

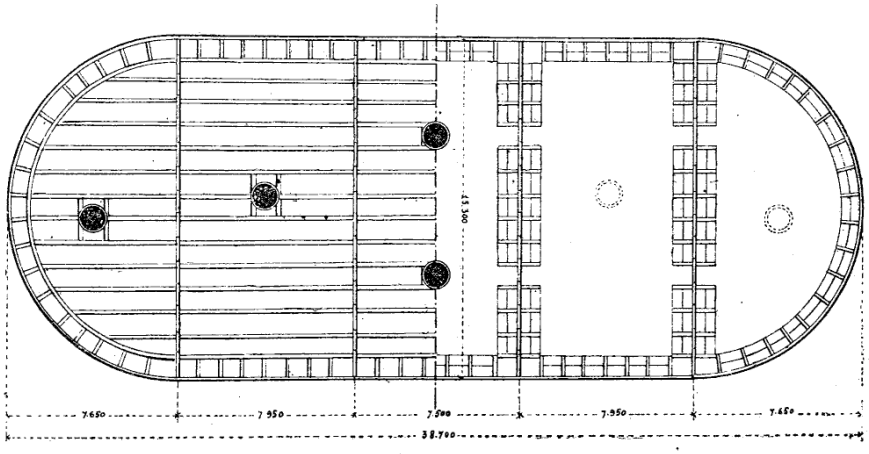


Fig. 15. — Pont Garibaldi; type du caisson Zschokke pour fondation de la pile.

murs en élévation sont à 55 m. d'écartement au-dessous des impostes, et à 56m,40 au-dessus. Le mode de fonçage de la pile est indiqué par une coupe (fig. 16).

L'épaisseur de la maçonnerie des culées, à l'imposte, est de 14 m., et celle de la pile de 12 m., quoique cette dernière aurait pu être notablement allégie, aussi bien par motifs esthétiques que par raison d'économie.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les caissons entièrement métalliques, à parois pleines et à plafond continu, mesurent pour les culées (31,80 × 15,30) 486,54 m. car., et pour la pile (23,40 × 15,30 + 3,14) 540,61 m. car. Ils ont été montés sur place, le fond étant aplani à 1m,50 de profondeur sous l'étiage.

Deux types de chambres, ou cloches d'équilibre, de l'invention de l'entrepreneur

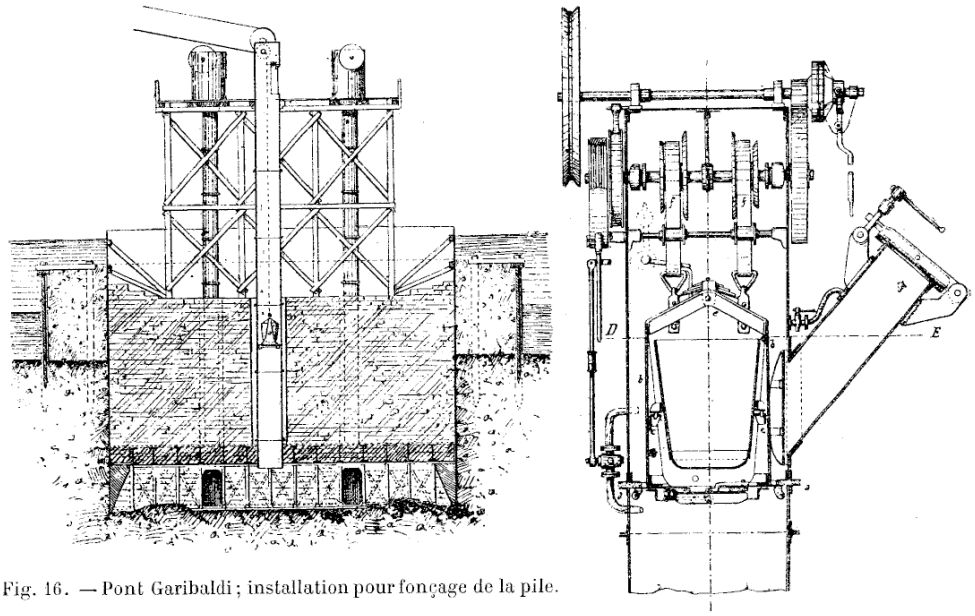


Fig. 16. — Pont Garibaldi ; installation pour fonçage de la pile.

Zschokke, ont été employés, mais le second seulement, permettant un déblai moyen de 3 m. cubes par heure, a servi à l'extraction des matériaux. C'est du reste la même cloche que celle employée pour la première fois à Paimbœuf, sur la Loire, et représentée suivant des coupes verticale et horizontale (fig. 17). Le premier type de même diamètre, 1m,50, a été utilisé pour l'entrée et la sortie des ouvriers.

Les crues d'hiver et de printemps, les démolitions des maisons voisines et les changements d'appareils d'extraction, ont prolongé quelque peu la durée du fonçage, c'est-à-dire, pendant 60 jours sur 146. Le volume de maçonnerie exigé par les trois fondations a été de 22377 m. cubes.

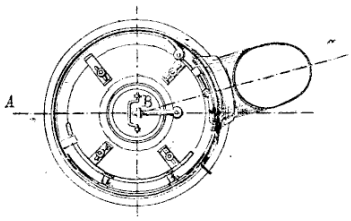


Fig. 17. — Pont Garibaldi ; coupes longitudinale A B C et transversale D E de la cloche pneumatique Zschokke.

L'établissement d'un pont de service, rendu nécessaire pour la construction des maçonneries de la pile et les revêtements successifs, permit d'aborder également celle des murs en élévation. Jusqu'à la cote 11,77, ces murs furent établis en tuf des carrières de Monteverde (station de Saint-Paul), et au-dessus, pour surcroît de résistance, en pierres de Montebove. Les parements en travertin et les impostes des arcs,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

en granit rouge de Baveno, ont complété la partie maçonnée de l'ouvrage, sur laquelle il restait à monter les arcs et la plate-forme métallique.

Le détail de la partie métallique pour une moitié du pont, du côté de la rive gauche, est montré en plan (fig. 18). Treize arcs en double T symétrique offrent les mêmes dimensions dans chaque travée, sur une hauteur variable depuis l'imposte

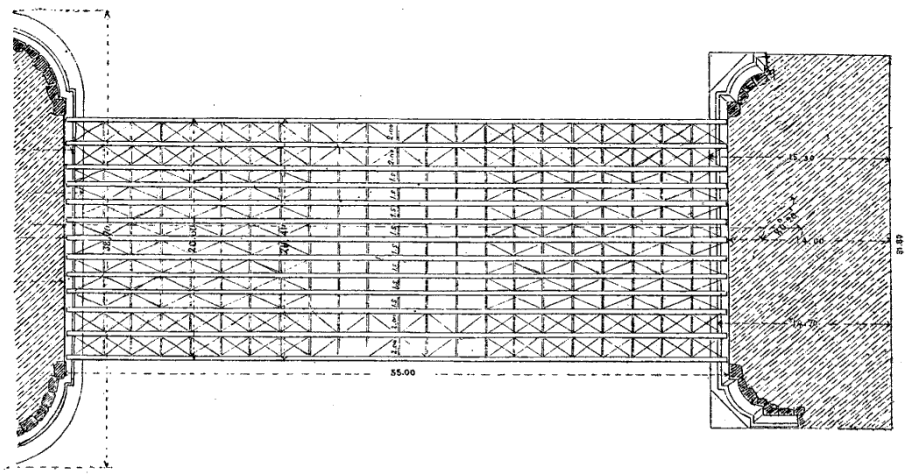


Fig. 18. — Pont Garibaldi; plan de la partie métallique de l'arche de la rive gauche, avec culée et demi-pile.

(1m,20) jusqu'à la clé (0m,60). Leur corde mesure 55m,24 entre les centres d'appui, et la flèche 4m,70, tandis que pour l'intrados la corde est de 55 m., et la flèche de 4m,94.

Rayon de l'axe.	83m,575
Rayon de l'intrados.	79m,01
Rayon de l'extrados.	88m,14

L'imposte à charnière, sur pivot semi-cylindrique en acier, de 0m,18 de diamètre, est masquée en façade par une plaque d'acier.

Le mode de contrevents employés pour les arcs extérieurs a été calculé de façon à défier le choc des courants et des corps flottants en hautes eaux; il consiste en doubles cornières horizontales avec croisières en fer plat.

La chaussée, soutenue par neuf arcs, à l'écartement de 1m,50, est formée à l'aide de fers Zorès, disposés normalement avec écarts de 0m,058, sur lesquels reposent les assises de briques et le lit de béton.

Le 5 juin 1888, sans qu'on eût procédé aux essais d'usage, considérés comme superflus à la suite des essais de résistance des matériaux, le pont, tel que le montre la vue photographique (fig. 19), fut ouvert au public et généralement admiré.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

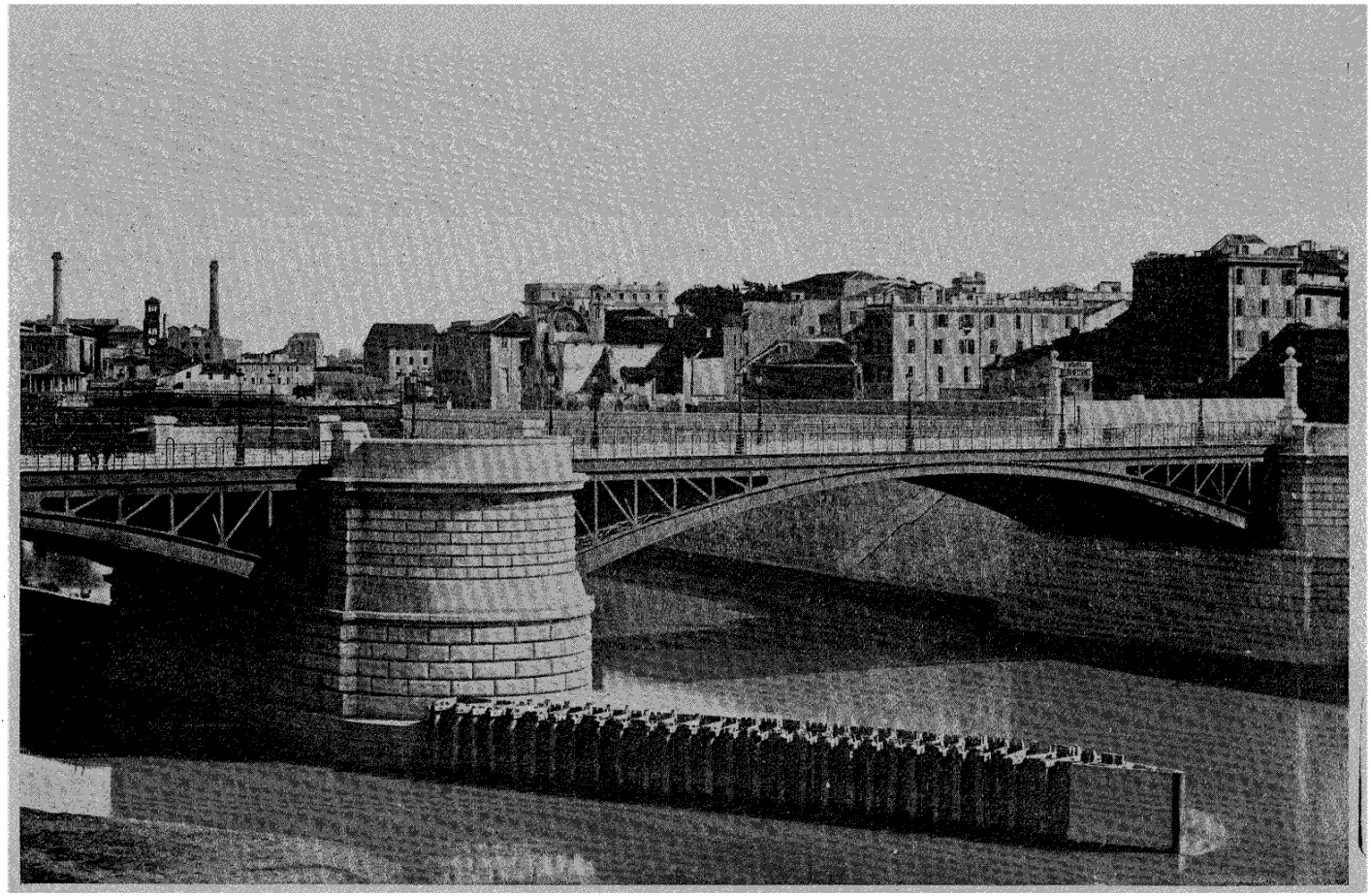


Fig. 19. — Pont Garibaldi; vue perspective.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les travaux du pont Garibaldi se décomposent, comme quantités et comme prix, de la manière suivante (1) :

	Quantités. Mètres cubes.	Prix. Fr.
Maçonneries :		
Fondation	22.376	
Élévation.	13.600	
Pierres de taille.	2.190	
Total. . . .	38.076	2.477.000
Partie métallique :		
Fers	1.741,195	
Acier.	40,144	
Fonte.	67,707	
Plomb..	7,654	
Total. . . .	1.856,700	1.171.000
Chaussée, trottoirs, etc.		52.000
Total général		3.700.000

C. — TROISIÈME SÉRIE DE TRAVAUX.

Le 15 avril 1886, le Parlement allouait aux travaux du Tibre, par une nouvelle loi, un crédit de 30 millions.

En vue de ce crédit, l'administration avait dressé les projets suivants pour être soumis à l'approbation ministérielle.

	Fr.
1. Régularisation et endiguement de la rive gauche, du Vicolo dello Struzzo, à l'amont, jusqu'au pont Saint-Ange, collecteur compris, sur une longueur de 685 mètres, au montant estimatif de.	4.699.000
2. Régularisation et endiguement de la rive gauche, à l'amont, du pont Saint-Ange jusqu'à l'Abattoir public, collecteur compris (1 528 mètres).	11.415.000
3. Régularisation et endiguement de la rive droite depuis le pont Marguerite, à l'aval, jusqu'au pont Saint-Ange (1 223 mètres).	7.255.000
4. Agrandissement du pont Saint-Ange au moyen de deux nouvelles arches, montant approximatif.	1.200.000
5. Endiguement de la rive gauche, entre les *Sassi di San Giuliano*, un peu en amont du pont Milvio, et l'Abattoir public, collecteurs compris pour les égouts du quartier Flaminia (longueur 4 460 mètres), au montant approximatif de.	3.583.000
Total.	28.152.080

L'administration recommandait comme plus urgents les travaux sous le n° 1, destinés à compléter l'endiguement de la rive gauche, et les travaux sous le n° 3, qui devaient permettre la régularisation de la rive droite, longeant le nouveau quartier des *Prati di Castello*.

(1) P. Bonato, *Il ponte Garibaldi sul Tevere a Roma*, 1889.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le chenal, dans cette section embrassant les deux rives, devait être forcément régularisé, avant de pouvoir aborder les travaux indiqués sous le n° 2. Les soumissions furent préparées en conséquence pour les lots à adjuger, à savoir : 1 séparément, 2 et 3 réunis.

1. *Endiguement avec muraillement, quai et collecteur sur la rive gauche, entre le pont Saint-Ange et le Vicolo dello Struzzo* (longueur 685 m.).

Ce lot fut adjugé le 28 février 1887, à l'entreprise Ettore Bassevi, au montant de 2 276 329 fr., avec délai d'achèvement fixé au 4 novembre 1889.

L'année 1887 fut employée à l'installation des chantiers, des ateliers à air comprimé, à la démolition des maisons expropriées, etc., et à l'organisation de deux sections de travaux, en attendant que la Ville ait fait connaître ses décisions quant aux ponts projetés, l'un près du *Vicolo*, et l'autre, à l'amont de l'ancien pont Triomphal, ainsi qu'à un troisième pont provisoire, en vue de l'agrandissement du pont Saint-Ange.

Première section. — Du pont Saint-Ange au pont suspendu de Saint-Jean-des-Florentins.

Fonçage, en 1888, de 14 caissons sur une longueur de 196^{m},50 (largeur des caissons 5^{m},85 ; longueur 20 m.; sauf pour celui près du pont Saint-Ange, d'une longueur de 26 m., et pour celui près du pont Saint-Jean, d'une longueur de 30^{m},20).

Deuxième section. — Du pont Saint-Jean au *Vicolo dello Struzzo* où s'arrêtait le muraillement exécuté par l'entreprise Zschokke.

Fonçage de quinze caissons de 20 m. de longueur sur 5^{m},60 de largeur.

Les travaux exécutés en 1888 dans les deux sections correspondaient à un mouvement de terres de 3 300 m. cub. et comprenaient 25 000 m. cub. de maçonnerie de fondations, plus 9 700 m. cub. de maçonnerie pour le muraillement. A titre d'indemnité pour frais imprévus, causés par les variantes qu'elle avait introduites au cours des travaux, et pour la démolition qu'elle projetait du pont suspendu Saint-Jean-des-Florentins, l'administration consentit à l'entreprise une majoration de 503 000 francs, qui porta le montant total à 2 779 329 francs, et une prorogation du délai d'achèvement jusqu'en novembre 1890; mais elle suspendit bientôt l'ordre de démolir le pont, en attendant l'achèvement d'un projet qui eût permis de le conserver et d'éviter le rachat des droits de péage.

En 1889, les fondations des deux sections étaient prêtes, sauf aux épaulements des ponts Victor-Emmanuel, Lungara et Saint-Jean; le mur de quai, y compris les banquettes, le revêtement et le couronnement, était achevé dans la seconde section, et seulement en partie dans la première, pour laquelle le cube de maçonnerie mis en œuvre avait été de 4 574 m.

Après complément, en 1890, des travaux de maçonnerie (3 000 m. cub.), du revêtement en travertin, des parapets et des escaliers, les deux sections furent terminées pour la réception.

Les dépenses, soldées en 1892, s'élevèrent à 2 561 684 fr., quoique le pont Saint-Jean eût été maintenu, au lieu des 2 276 329 fr. stipulés par l'adjudication.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

2. *Pont Saint-Jean-des-Florentins.* — Le pont suspendu et à péage de Saint-Jean était formé d'un tablier central de 94 m. et de deux tabliers latéraux de 10 m. chacun. La largeur normale du fleuve ayant été fixée à 100 m. entre les murs de quai, il fut proposé de raccourcir la travée centrale de 94 m. à 86m,50. Le projet conforme à cette proposition de la Commission de vigilance donna lieu, après approbation ministérielle, à une adjudication en faveur de l'entreprise Bassevi, par marché du 7 avril 1891.

Les travaux consistaient à déplacer la pile et la culée de gauche sur de nouvelles fondations, tout en maintenant la circulation par deux passerelles provisoires aux extrémités.

Après fonçage de deux caissons, les fondations furent aménagées pour la reconstruction de la culée et de la pile; la chaîne de suspension fut ramenée à la dimension fixée; la culée de droite, élevée et raccordée au nouveau mur de quai; enfin, les ancrages furent modifiés pour pouvoir remonter les chaînes et les tabliers. Il ne restait, en 1892, qu'à construire les pavillons des gardiens et à achever la plate-forme.

Le pont fut reçu définitivement le 31 mai 1893. La communication entre les deux rives, bien qu'elle ne soit pas très active sur ce point de la ville, en raison du péage, s'est trouvée ainsi maintenue, sans que le niveau des crues, quelque haut qu'il soit, puisse jamais la troubler.

La liquidation des comptes avec l'entreprise Bassevi, aussi bien pour l'endiguement que pour le pont, a motivé une demande d'indemnité qui portait la somme totale de la dépense à 3 204 890 fr. Une expertise, par les soins d'une Commission spéciale, a notablement réduit ce chiffre.

3. *Endiguement des deux rives, avec régularisation du chenal, murs de quai et collecteur de la rive gauche,* depuis l'Abattoir public jusqu'au pont Saint-Ange (longueur 1 528 m. sur la rive gauche, et 1 223 m. sur la rive droite).

Les travaux de cette importante section furent adjugés, sur deuxième soumission, le 24 novembre 1887, à l'entreprise Luigi Medici, avec délai d'achèvement fixé au 20 avril 1892.

La somme prévue pour travaux, soit 11 073 300 fr. s'est réduite par l'adjudication, avec 27,65 p. 100 de rabais, à 8 011 547 fr.; celle des expropriations est restée fixée à 9 050 400 fr., soit, comme ensemble de dépenses prévues, 17 061 947 francs.

Les lenteurs administratives, mais plus encore l'incurie de la municipalité qui devait dresser le plan du nouveau quartier des *Prati di Castello,* où les constructions s'étaient élevées *ad libitum,* depuis 1872, jusques sur les berges du fleuve, rendaient plus particulièrement onéreux et urgents les travaux de cette section, que les débordements du Tibre menaçaient toujours sérieusement.

Déjà, le projet de l'administration pour la coupure de la rive droite, depuis le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Fig. 20. — Section d'endiguement de l'Abattoir au pont Saint-Ange (entreprise Medici); plan des deux rives.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

château Saint-Ange jusqu'aux fours Hoffmann, soumis en 1881 à l'approbation municipale, prévoyait une dépense de plus de 2 millions en expropriations aux *Prati di Castello*. Le décret approuvant le plan de ce quartier ne fut toutefois rendu que le 3 mars 1883, et seulement au mois de mai 1886, le projet d'exécution, entraînant à une dépense de 9 millions pour expropriations et démolitions, fut définitivement approuvé.

L'entreprise Medici, après réception du projet, le 20 février 1888, installa deux chantiers avec locomobiles et compresseurs à air, à Ripetta et à Tordinona, munis d'appareils électriques pour l'éclairage des caissons, des chantiers et des ateliers.

Le plan général de la section adjugée à l'entreprise Medici (fig. 20) indique, pour les deux rives, le tracé des berges à régulariser et du mur de quai. Les profils longitudinaux, celui de la rive gauche, avec collecteur (fig. 21) et celui de la rive droite (fig. 22), démontrent clairement l'importance des travaux de fouille et des terrassements à exécuter.

Le muraillement lui-même est représenté par deux coupes en élévation (fig. 23 et 24) servant de type normal à chaque extrémité de la section; le collecteur sur la rive gauche y figure également dans ses dimensions normales.

Enfin, les détails de la banquette au pied du muraillement sont indiqués (fig. 25) et ceux de la corniche et du parapet : socle et couronnement en granit, avec corps et face en travertin (fig. 26) (1).

Rive gauche. — Tandis que les démolitions suivaient leur cours en aval de Ripetta, au débouché des rues Monte Brianzo et Tordinona (théâtre d'Apollon, Casino, etc.), et à la place Saint-Ange, l'entreprise commençait, dès 1888, le fonçage des caissons au nombre de 10, d'une longueur variant entre 20 et 30 m., et d'une largeur de $9^{m},50$, à $12^{m},50$, depuis l'Abattoir jusqu'au pont de Ripetta (plan, fig. 20, et profil, fig. 21). Quatre autres caissons, de $25^{m},35$ à $29^{m},70$ de longueur, furent foncés à 12 m. de profondeur maxima, entre les ponts Humbert Ier et Saint-Ange.

A la fin de 1889, les fondations poursuivies à l'aide de 22 caissons, foncés de $7^{m},50$ à 10 m., avaient permis d'élever 770 m. de muraillement à la hauteur moyenne de 8 mètres.

Dès lors, moyennant l'appareillage, en 1890, de 19 caissons, à des profondeurs variables, comprises entre 8 et 13 m., et, en 1891, de 8 caissons, inclus celui destiné à la culée du pont Cavour, les fondations purent être achevées sur toute la longueur de rive (1535 m.) et le mur de quai, élevé à toute hauteur, put être revêtu aux 4/5 en travertin.

Les déblais du chenal, les travaux du grand collecteur et les terrassements du quai (*Lungo Tevere*), ainsi que le ravalement et la pose du parapet, selon le type définitif adopté par l'administration (fig. 26), étaient à terme fin 1893.

Le fonçage au total de 63 caissons ne donna lieu à quelques difficultés que

(1) Ces figures ont été tracées d'après les plans d'exécution fournis obligeamment par l'entreprise même.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

devant le palais de l'École des Beaux-Arts, dépendant de l'Académie de Saint-Luc, où la profondeur d'eau atteignant 8 m., le sol était de consistance très poreuse et variable. C'est dans le chenal, vis-à-vis de ce palais, du côté de la promenade de Ripetta, que

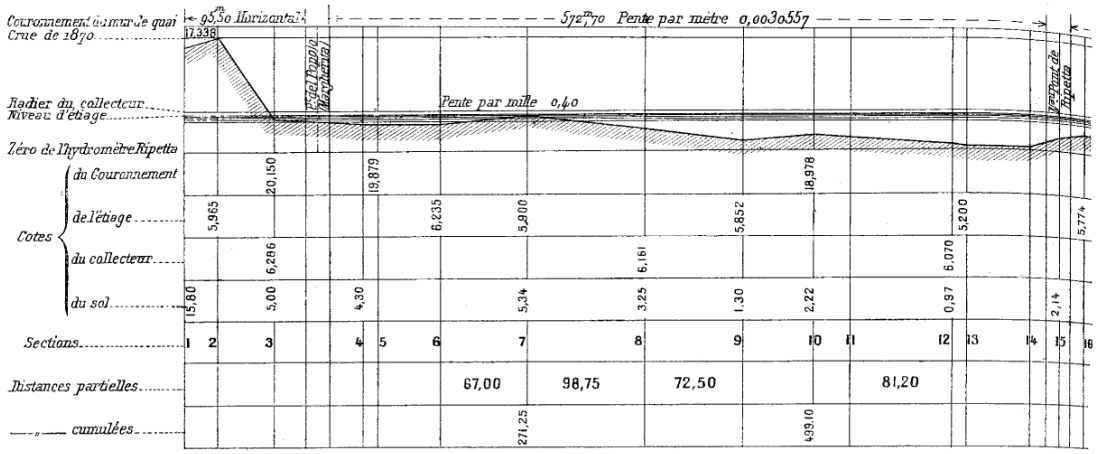


Fig. 21. — Endiguement du Tibre (section

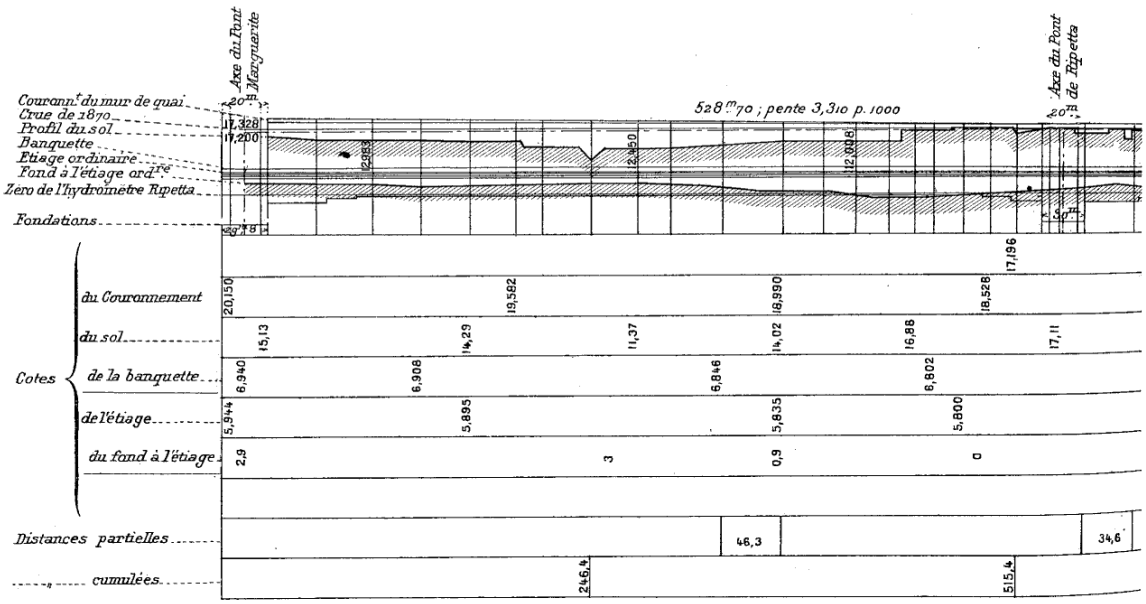
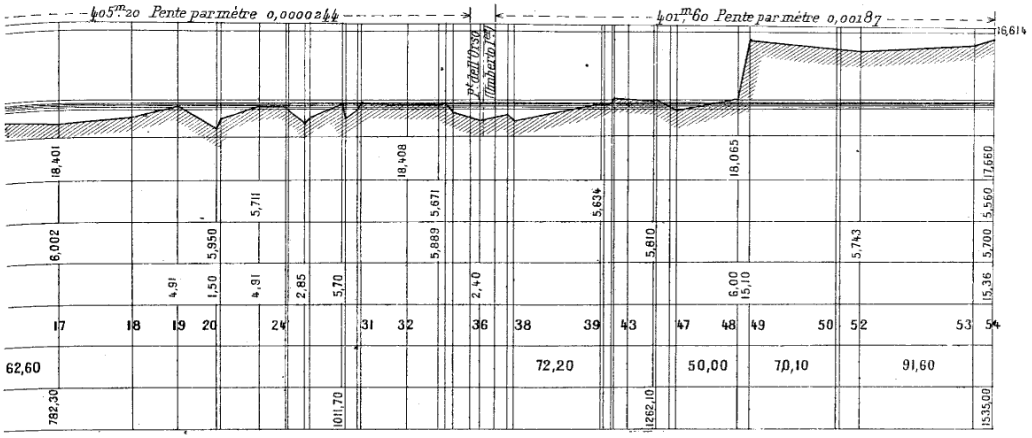


Fig. — 22. — Endiguement du Tibre (section

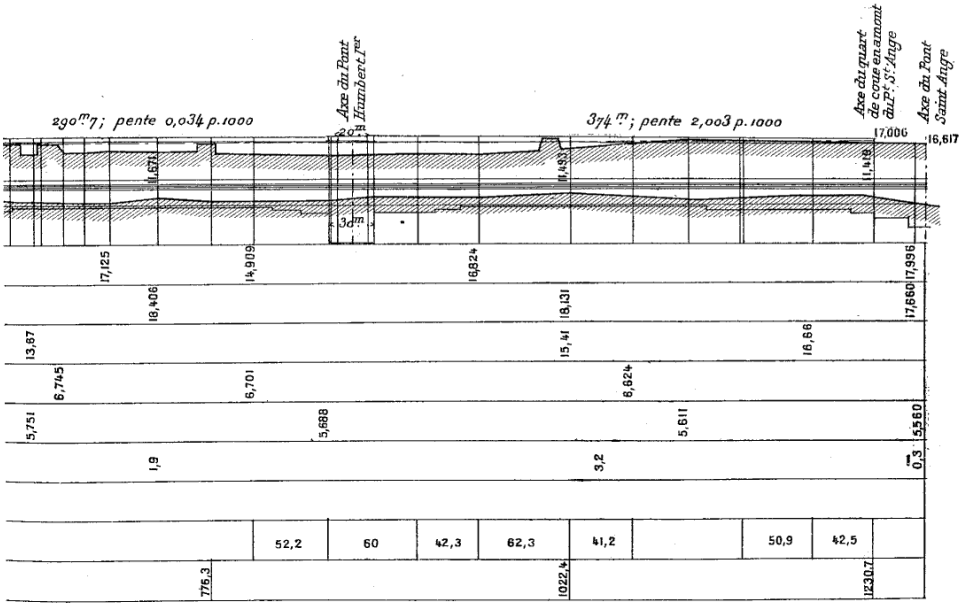
furent retrouvés, à 10 m. de profondeur, dans le limon, les restes d'anciennes barques et des conduites (de 10 cent. de diamètre intérieur et 14 cent. de diamètre extérieur), sans soudure, ni encaissement de maçonnerie, qui furent attribuées à l'époque romaine.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Plus en aval, le déblai a été parfois empêché, auprès des berges et dans les berges mêmes, par d'anciennes palissades, faites de pieux de 0m,60 que reliaient des traverses et des lames de plomb.



Medici); profil longitudinal; rive gauche.



Medici); profil longitudinal; rive droite.

L'ensemble des travaux, sur cette rive, a représenté comme cube de maçonnerie de fondation près de 100000 m., et le mur de quai, 57000 m.; tandis que pour déblai, le volume total a atteint environ 40000 m. cubes.

En dehors de la construction du collecteur parallèle au fleuve, l'entreprise avait eu

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

à exécuter, aux termes de son marché, trois vannes de décharge des égouts dans le mur de quai, auprès des ponts Saint-Ange, Cavour et Marguerite, ainsi que les esca-

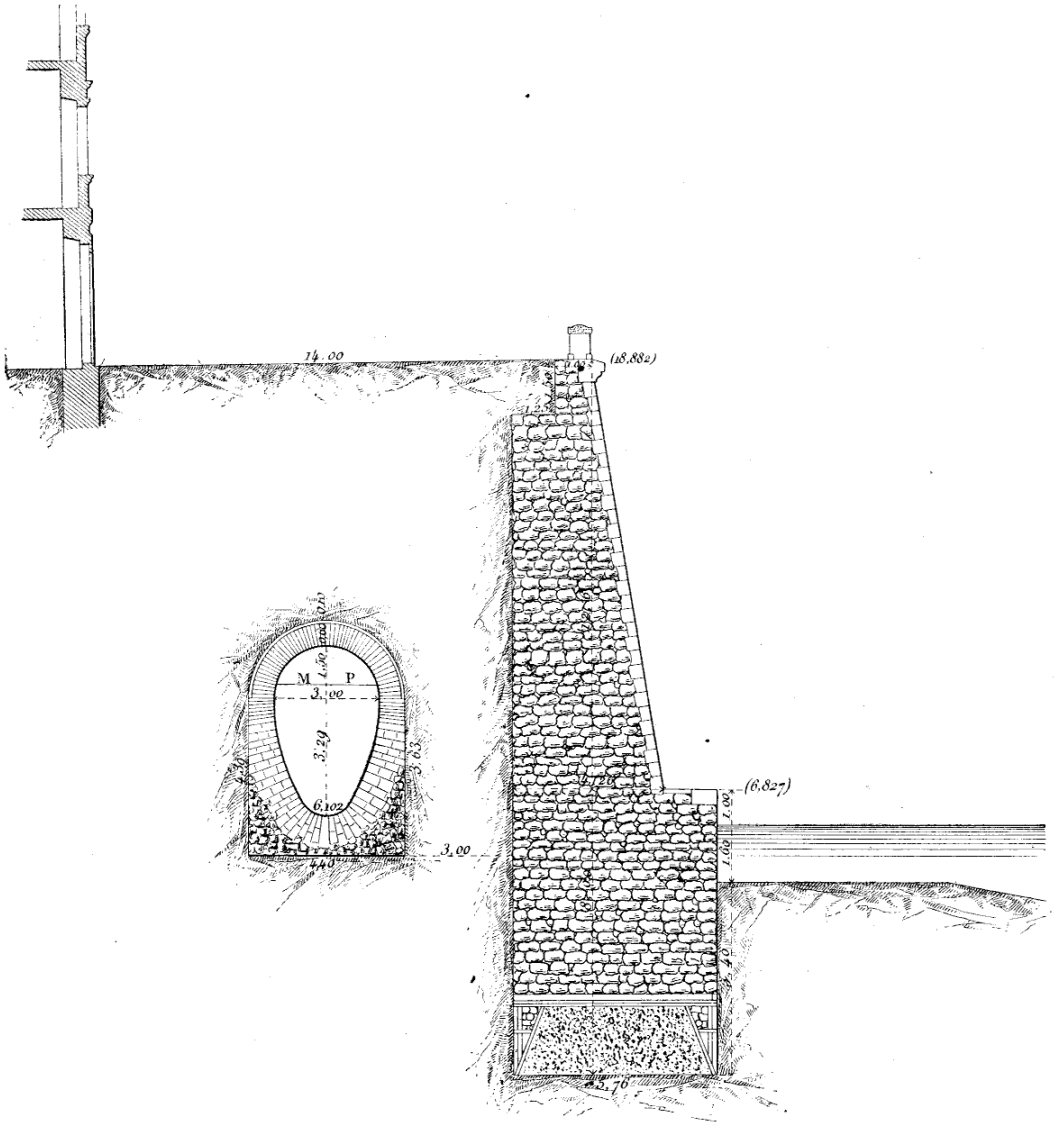


Fig. 23. — Endiguement du Tibre (section Medici); type normal du muraillement avec collecteur, sur la rive gauche, au pont Marguerite.

liers des quais et un palier incliné, au pied de l'École des Beaux-Arts, pour servir provisoirement de port, en attendant que celui de Ripetta fût rebâti.

Rive droite. — Le projet, pour cette rive, comprenait, comme le montrent le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

plan et le profil (fig. 20 et 22), une entaille de la berge à l'amont et à l'aval du pont de Ripetta, et le rétablissement des ponts et passages des routes interceptées par la

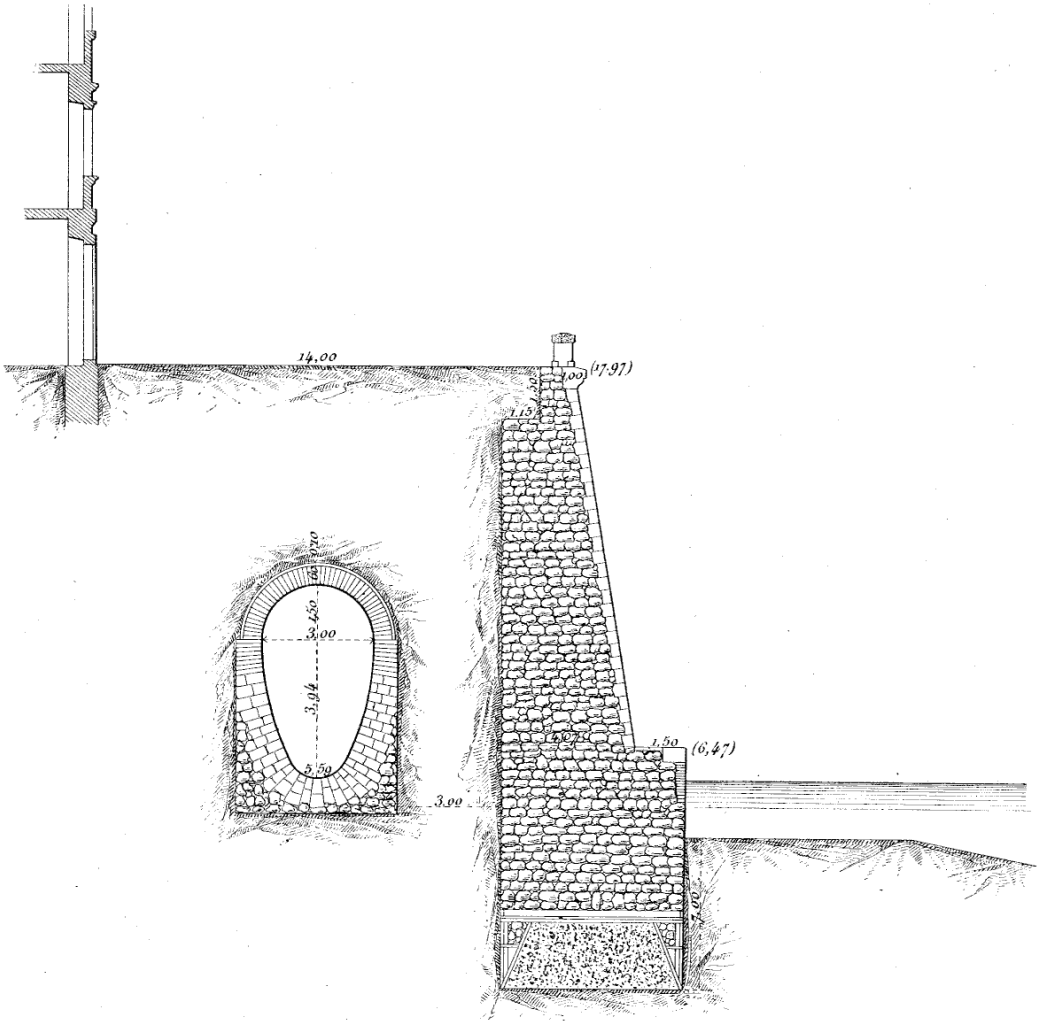


Fig. 24. — Endiguement du Tibre (section Medici), type normal à l'aval du muraillement, avec collecteur, sur la rive gauche, au pont Saint-Ange.

coupure, outre de nombreuses démolitions d'immeubles récemment édifiés en empiètement sur la berge.

En vue du prolongement du pont de Ripetta, l'entreprise dut conserver une partie de la rive correspondante, mais en réservant l'élargissement indispensable du chenal, afin de contre-balancer l'avancement de la rive opposée et le resserrement qui en résulterait.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pendant l'année 1889, les déblais sous étiage et au-dessus, étendus jusqu'au chantier du pont Humbert Ier, n'ont pu être poussés plus loin, la municipalité n'ayant pas concédé l'emplacement nécessaire à la pose d'une double voie indispensable pour le transport des matériaux et des déblais.

L'administration du domaine et du génie avait fait la remise de la surface du quai

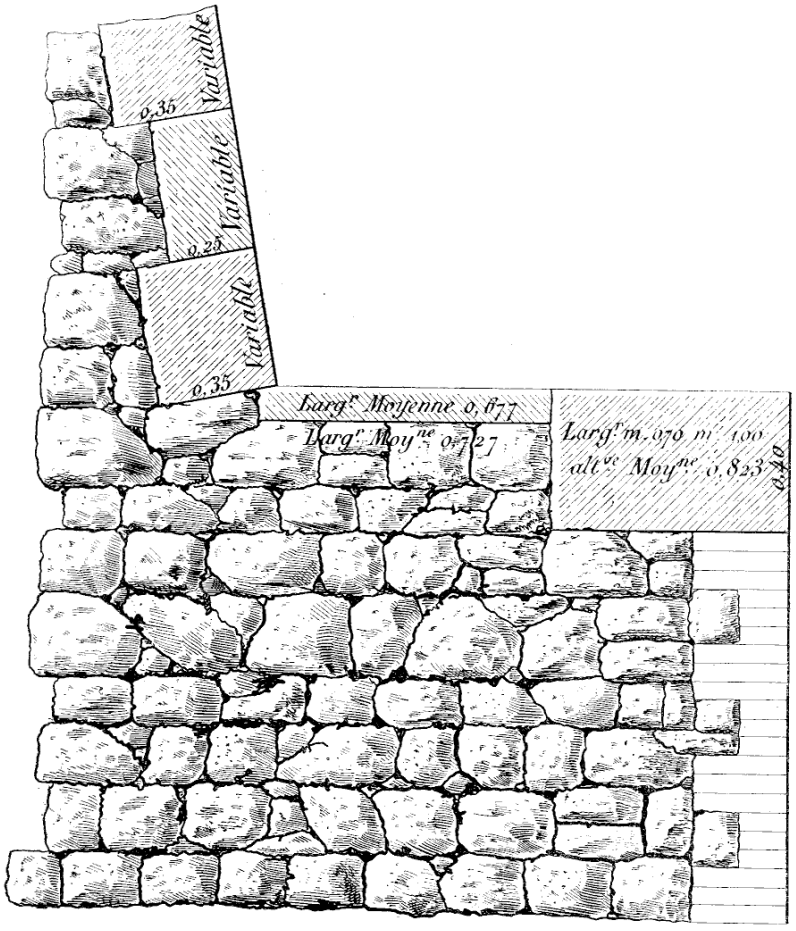


Fig. 25. — Endiguement du Tibre (section Medici); détails de la banquette du mur de quai.

à prendre sur l'enceinte bastionnée du château Saint-Ange et les surfaces adjacentes, et la démolition du bastion Saint-Jean était commencée en 1889, mais la Commission archéologique intervint pour la faire suspendre.

Des 14 caissons foncés cette même année, 13 servirent à élever les fondations sur 410 m. de longueur, et le muraillement de quai, jusqu'à 11m,80 de hauteur, sur 260 mètres.

Le 14e caisson avait été réservé pour le passage du pont de Ripetta (Cavour).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

A un cube de 131200 m. de fondations, correspondaient 9880 m. cub. de maçonnerie de mur de quai. Les déblais, qui avaient été de 91000 m. cub. en 1889, atteignirent 96000 m. cub. en 1890.

Moyennant 25 caissons, les fondations et le muraillement avancèrent, en 1890, sur 666 m. de longueur, jusqu'à la hauteur de 1m,50 sous le niveau de la chaussée du quai. En 1891, grâce au fonçage de 18 autres caissons, les fondations et le mur furent poussés sur une longueur de 490 m. Un dernier caisson, en 1892, fut réservé pour la culée du pont Saint-Ange.

Les déblais, qu'avait exigés l'élargissement à 100 m. du chenal, cubaient 45000 m. en 1891, 70000 m. en 1892, et 52000 m. en 1893.

Quant aux déblais de la berge au-dessous et au-dessus de l'étiage, ils cubaient au total 354000 mètres.

Sauf pour le raccordement du mur avec le pont projeté, la maçonnerie et son revêtement en travertin, achevés sur toute la rive (1223 m.), représentaient 30000 m. cub. de fondations et 30000 m. cub. environ de muraillement. En 1893, le parapet était posé partout.

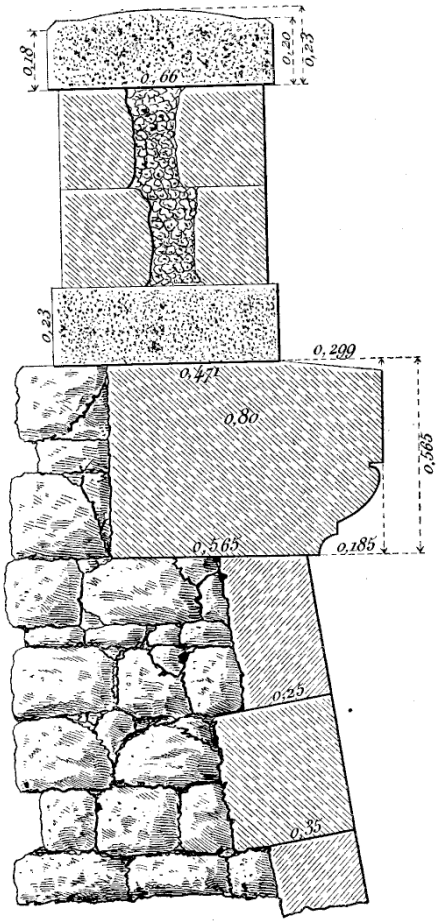


Fig. 26. — Endiguement du Tibre (section Medici) détails de la corniche et du parapet.

Les obstacles rencontrés, malgré toutes prévisions, pendant les fouilles sous eau, et l'interruption ainsi causée à la navigation des chalands, motivèrent de la part de l'entreprise une demande d'expertise, à la suite de laquelle le prix du mètre cube de fouille, sur le parcours, fut fixé de commun accord, à 2 fr. 20, ce qui augmenta de 620000 fr. les frais de déblai de la rive droite.

En résumé, sur le crédit total alloué de 18661930 fr. on avait soldé, fin 1893, 15951200 fr. pour les travaux des deux rives, et il restait à solder 2025700 fr. Les expropriations figuraient dans le montant déjà soldé pour 8251000 fr., et les travaux proprement dits pour 8750000 fr. ; rien ne laissait prévoir un excédent.

En prenant acte de cette liquidation, de l'observation stricte du délai d'achèvement, de la qualité de l'ouvrage et de la facilité des relations avec l'entre-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

prise, la Commission de vigilance, dans son rapport sur l'exercice 1893, rappelait le vœu qu'elle avait exprimé « de continuer à se fier, pour les travaux d'exécution selon les règles de l'art, à la loyauté des entrepreneurs et à la compétence des ingénieurs de l'administration », et constatait que, dans le cas de l'entreprise Medici, son attente avait été pleinement satisfaite (1).

4. *Port fluvial d'amont.* — Bien que l'importance du port de Ripetta eût beaucoup diminué depuis l'établissement des chemins de fer reliant Rome avec les provinces de l'Ombrie, il fut jugé nécessaire, du moment où on le démolissait pour l'endiguement du fleuve et l'allongement du pont, de le rétablir à l'amont du pont Marguerite, en dehors de l'ancienne enceinte.

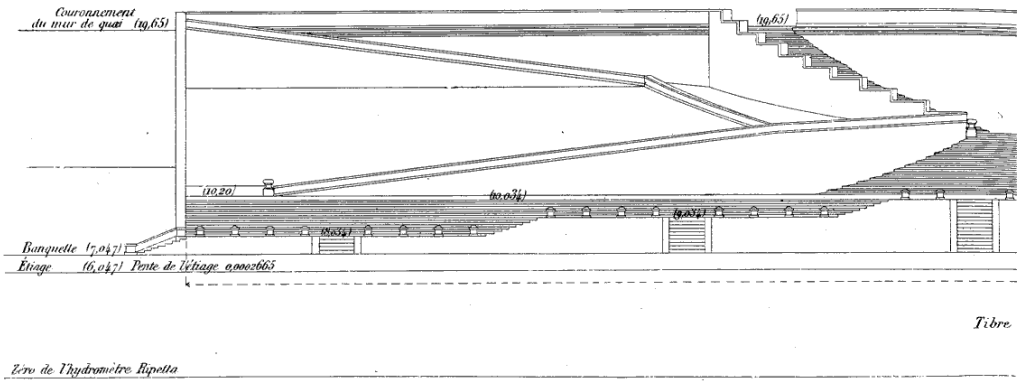


Fig. 27. — Nouveau port fluvial, en

Des deux projets soumis en 1877, l'un, par la municipalité, et l'autre, par l'administration des travaux du Tibre, le premier fut trouvé trop grandiose et trop coûteux, car il reproduisait à peu de chose près le port supprimé. Ce fut seulement à la suite de longues conférences entre les bureaux techniques des deux administrations et la Commission de vigilance que l'accord s'établit sur un plan, qui, tout en tenant compte de la partie artistique, restreignit les escaliers et les rampes, et permit de parer aux nécessités, pour l'avenir, d'un service de voyageurs par bateaux à vapeur.

Le plan adopté, dont la figure 27 montre l'élévation de face, a servi, à la fin de 1889, à l'adjudication des travaux en faveur de l'entreprise Medici, pour une somme, après rabais, de 1 162 121 francs.

Les travaux, retardés tout d'abord par les expropriations, débutèrent fin mai 1889, par le fonçage de 4 caissons, qui permirent, cette même année, d'exécuter 4.230 m.cub. de maçonnerie. En 1891, à l'aide de 9 caissons, sur 180 m. de longueur, la maçon-

(1) N. Giorgi, *Relazione, loc. cit.*, 25 mai 1894.

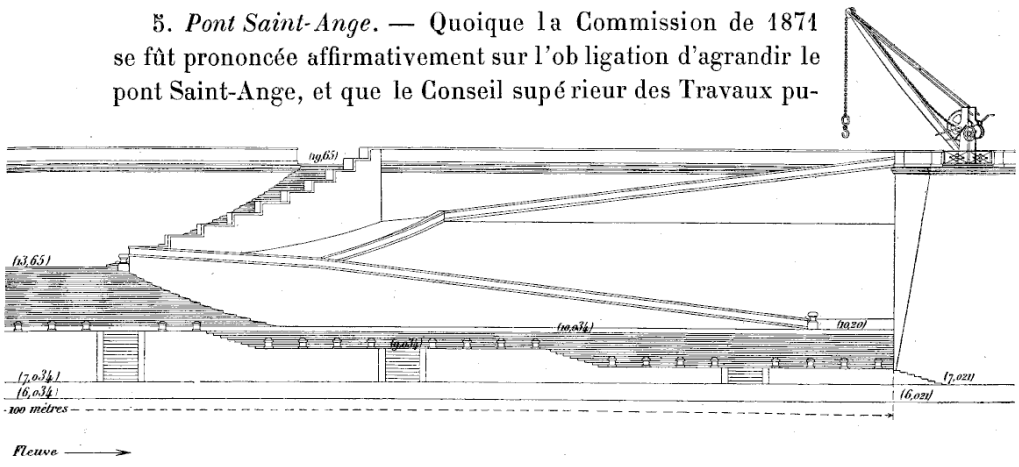
Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

nerie du mur s'augmenta de 9000 m. cub. et le revêtement en travertin exigea 290 m. cubes.

Le quai, entre le Pont Marguerite et le nouveau port, une fois complété, la maçonnerie (4000 m. cub.) et le revêtement en travertin (970 m. cub.) furent poussés en 1892, de façon que, l'année suivante, les escaliers latéraux, les rampes de chargement et les colonnes d'amarrage, étant prêts et réglés, le port muni de ses parapets était entièrement achevé.

Ce travail avait exigé un déblai d'environ 33000 mètres cubes. Les dépenses soldées fin 1893 montaient à 1 545 737 francs.

5. *Pont Saint-Ange.* — Quoique la Commission de 1871 se fût prononcée affirmativement sur l'obligation d'agrandir le pont Saint-Ange, et que le Conseil supérieur des Travaux pu-



amont de Ripetta; élévation de face..

blics eût fait de cet agrandissement un point essentiel du programme de régularisation du Tibre, ce qui fut confirmé par une sous-commission choisie dans son sein (1), en 1875, aucun préparatif d'exécution ne se manifestait.

L'ingénieur en chef de la Ville, Vescovali, jugeait cet agrandissement inutile, parce que le pont, dans les crues, ne causait, selon lui, aucun refoulement, mais la Commission n'eut pas de peine à démontrer que, même si ce fait, absolument contesté par d'autres observateurs, était réel, en raison des obstacles qui maintenaient un état de refoulement continu, il fallait pourvoir, les obstacles étant supprimés, à l'élargissement du débouché de l'ouvrage. Il convenait dès lors d'ajouter non seulement une arche sur la rive droite, comme portait l'avant-projet Canevari (fig. 2), mais encore une arche sur la rive gauche.

Le Conseil supérieur se rangea à l'avis de sa Commission, en proposant, à défaut d'une nouvelle arche à gauche, de ménager tout au moins à droite

(1) *Relazione,* 25 novembre 1878.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

une ouverture complémentaire, symétrique de celle de gauche, de manière que le pont eût cinq arches d'égales dimensions, ou bien quatre grandes arches et deux petites. Cet avis fut de nouveau ratifié par le Conseil en 1878.

Toutefois, l'opposition des ingénieurs de la ville et de certains fonctionnaires

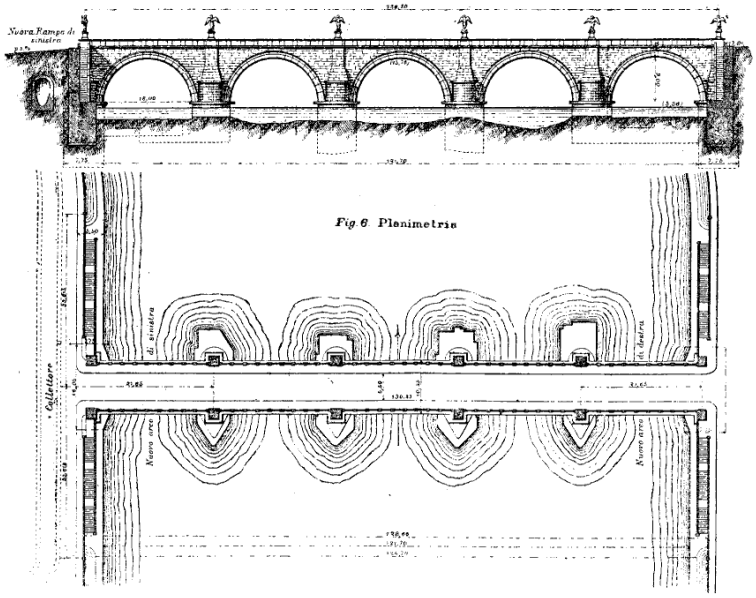


Fig. 28. — Pont Saint-Ange; élévation et plan du pont actuel agrandi de deux arches.

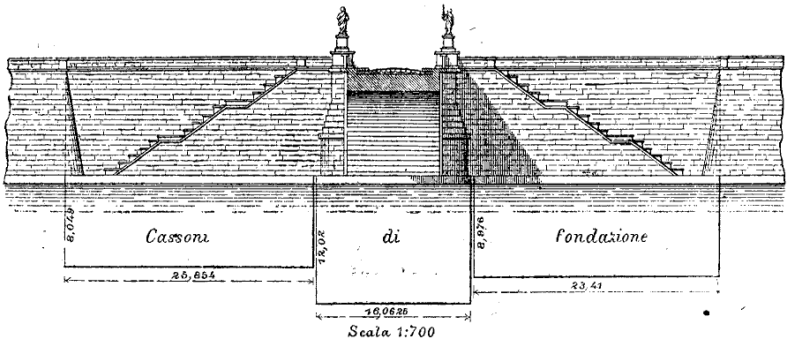


Fig. 29. — Pont Saint-Ange; coupe d'une arche de rive et élévation des escaliers du quai.

du ministère de l'Instruction publique, renforcée par celle d'archéologues, d'artistes et de journaux criant au vandalisme, devait arrêter toute mise à exécution du projet jusqu'en 1887 (10 septembre), quand le Conseil décida de la confier à l'ingénieur A. Polidori, sous les ordres de l'inspecteur Zucchelli (1).

(1) A. Polidori, *I lavori di sistemazione del ponte Elio.* Roma, 1897.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L'agrandissement du pont ne comprenait pas seulement l'addition de deux arches, mais aussi l'appropriation du château Saint-Ange, dont le mur d'enceinte occupait la rive droite, ainsi que des deux quais, aux abords du pont, afin d'y ménager des places de tête et des escaliers d'accès. Le ministère de l'Instruction publique attachait surtout une grande importance à la conservation des bastions dont la démolition devenait pourtant indispensable, et le projet administratif avait à concilier autant que possible les intérêts divergents.

Des sondages exécutés préalablement avaient conduit à renoncer à toute idée d'approfondir les anciennes piles, à profiter des maçonneries qui se trouvaient sous les petites arches, en les débitant en assises de retraite, pour les faire servir de contreforts aux piles, et à armer les arches extrêmes, afin d'éviter toute poussée extérieure, avant de procéder à la démolition des anciennes petites arches.

D'après le plan définitif, les deux arches à construire, de dimensions égales aux anciennes, c'est-à-dire, 18 m. de corde en plein cintre, avec intrados à la cote de 15^{m},78 au-dessus du zéro hydrométrique, laissaient, par rapport au niveau de 17^{m},66 de la chaussée du pont, une hauteur disponible de 1^{m},88, sur laquelle 1^{m},20 fut accordé à l'épaisseur de la voûte, 0^{m},15 à la couverte, 0^{m},28 au terre-

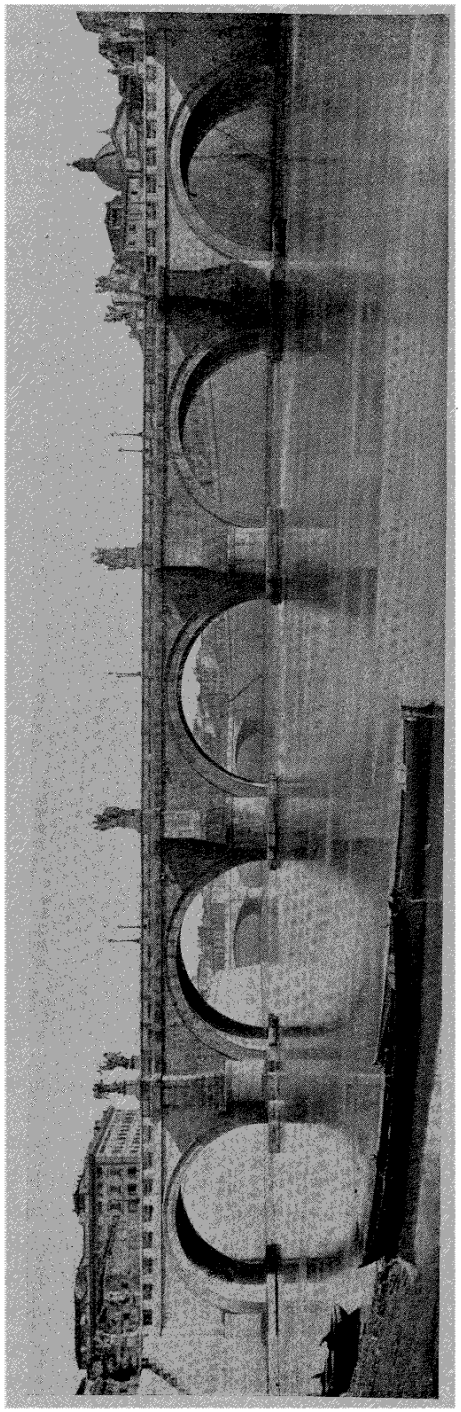


Fig. 30. — Pont Saint-Ange actuel; vue photographique.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

plein et $0^m,25$ au pavage. Comme matériaux, on fit choix de la roche trachytique, dite *peperino* de Viterbe, avec parements en travertin de Tivoli.

La figure 28 représente, en plan et élévation, le pont Saint-Ange, agrandi de deux arches, suivant le projet d'exécution.

Les culées devaient être fondées à 12 m., avec une épaisseur de $7^m,75$, en

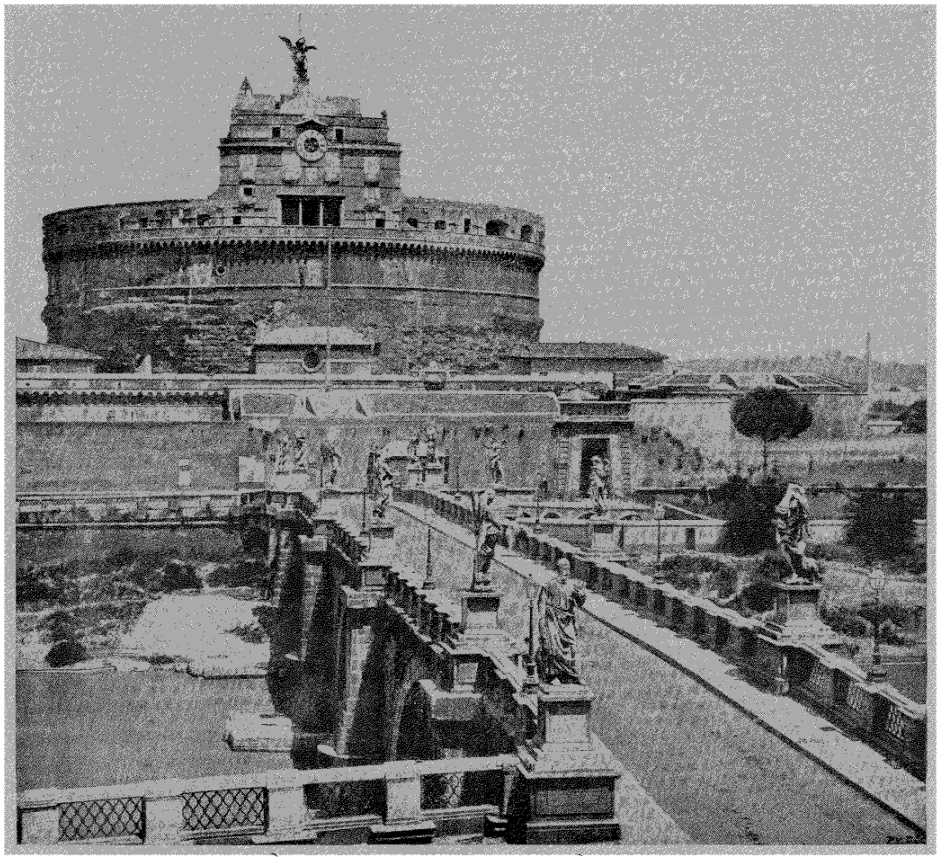


Fig. 31. — Château et pont Saint-Ange avant les travaux de démolition du bastion.

maçonnerie ordinaire, depuis le sol jusqu'à la cote $16^m,96$, correspondant, sur la courbe d'extrados, au joint de rupture, et pour le reste, en maçonnerie de tuf.

Les murs de quai attenant aux culées devaient être assis à 9 m. de profondeur, au moyen de caissons de $5^m,50$ de largeur, et les escaliers, suivant le type exécuté au pont Sisto, devaient s'appliquer contre un parapet à gradins, pour faciliter l'abordage du quai, à toutes les hauteurs du fleuve (fig. 29).

Le devis estimatif des travaux, y compris ceux du mur de quai, sur une longueur de 51 m. à l'angle du pentagone formé par l'ancienne enceinte du

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

château, du côté de la place Pia, et d'une partie de collecteur sur la rive gauche, s'élevait à la somme de 1 290 457 fr. En y ajoutant les frais imprévus et de direction, le montant total atteignait 1 482 366 francs.

Au mois de février 1892, l'adjudication, moyennant 23,90 p. 100 de rabais, fut consentie à l'entreprise Medici, avec délai d'achèvement fixé au mois de novembre 1894.

Dès l'année 1892, remise faite des emplacements par l'administration, en avril et juin, l'entreprise procéda à la démolition des petites arches sur les deux rives, du

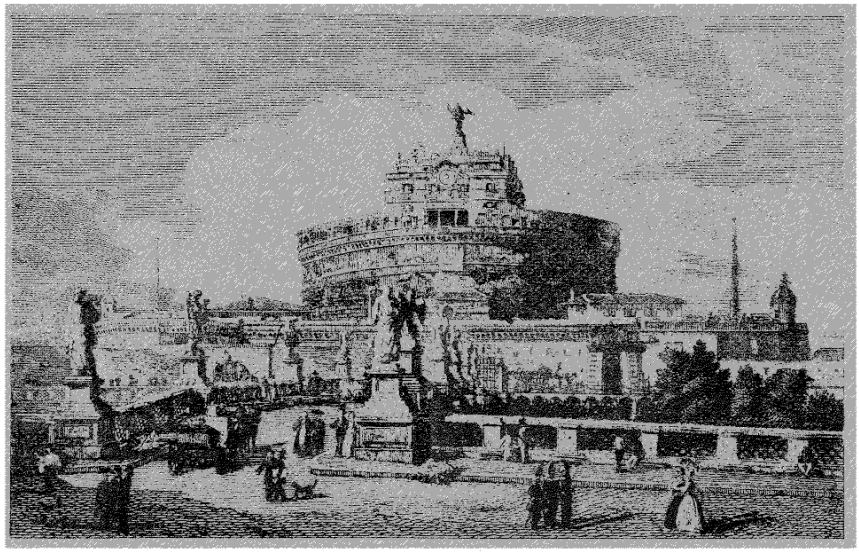


Fig. 32. — Le château Saint-Ange d'après une ancienne gravure.

mur de l'enceinte du château et du corps de garde, à l'enlèvement des statues placées en tête du pont, et au fonçage des caissons de culée.

Pendant l'année 1893, toutes les fondations furent achevées, en même temps que les arches centrales étaient armées, et la maçonnerie poussée en élévation jusqu'à mi-hauteur, tant pour les culées et les arches nouvelles, que pour le mur de quai et de raccordement. En 1894, l'ensemble des travaux, complété par la pose des parapets avec leurs piédestaux et statues, de la chaussée et des trottoirs, etc., représentait :

	Quantités. Mètres cubes.	Dépenses. Fr.
Déblai, fouilles, démolitions, etc.	113.612	265.045
Fondations à l'air comprimé	10.126	513.044
Maçonnerie ordinaire	9.618	113.972
Pierre de taille (travertin, granit, péperin, etc.).	3.128	328.463
	Mètres carrés.	
Fers	13.510	18.369
Chaussée et parapets	»	20.375
Travaux divers	»	50.728
Total		1.309.996

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

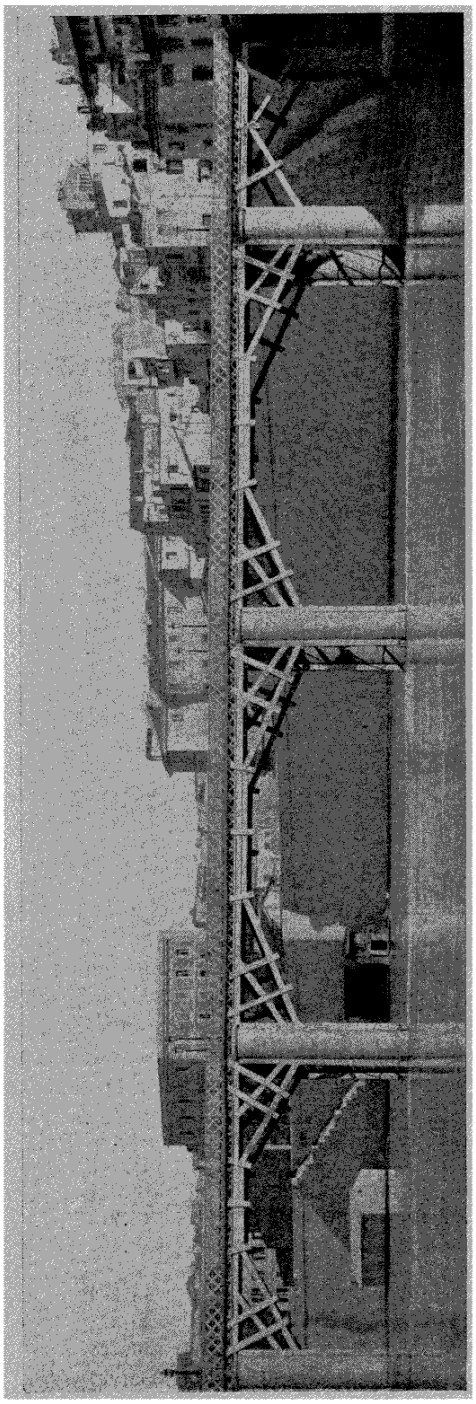


Fig. 33. — Pont actuel de Ripetta entre quais.

En tenant compte des dépenses supplémentaires pour certains parachèvements et restaurations, le total a atteint 1 316 575 fr., et, déduction faite du rabais, 1 003 458 francs.

La vue photographique du pont agrandi, tel qu'il apparaît aujourd'hui, est représentée fig. 30.

Château Saint-Ange. — Les travaux de remaniement du château Saint-Ange en tête du pont avaient été rendus d'autant plus délicats, au début, qu'il s'agissait de conserver le bastion octogone, dit de *San Giovanni*, qui flanquait de ce côté l'enceinte du quadrilatère, et réduisait à moins de 4 m. de largeur le quai (*Lungo Tevere*), tenu entre 14 et 24 m. dans tout son parcours. De plus, il fallait réparer la courtine et assurer le débouché provisoire des égouts ailleurs que sur le quai.

Malgré les difficultés vaincues pour étayer les bastions *San Giovanni* et *San Matteo*, on dut se résoudre à les démolir, pour obtenir l'élargissement du quai (1).

La figure 31 indique l'accès du pont actuel, par une vue perspective perpendiculaire au château Saint-Ange avant la démolition des bastions en 1892, et la fig. 32, la vue du château suivant la même perspective, d'après une ancienne gravure, il y a cinquante ans.

(1) Les travaux de reconstruction de l'enceinte, du corps de garde et du magasin, adjugés à l'entreprise A. Bianchi, furent soldés, en 1893, jusqu'à concurrence de 64 199 francs.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

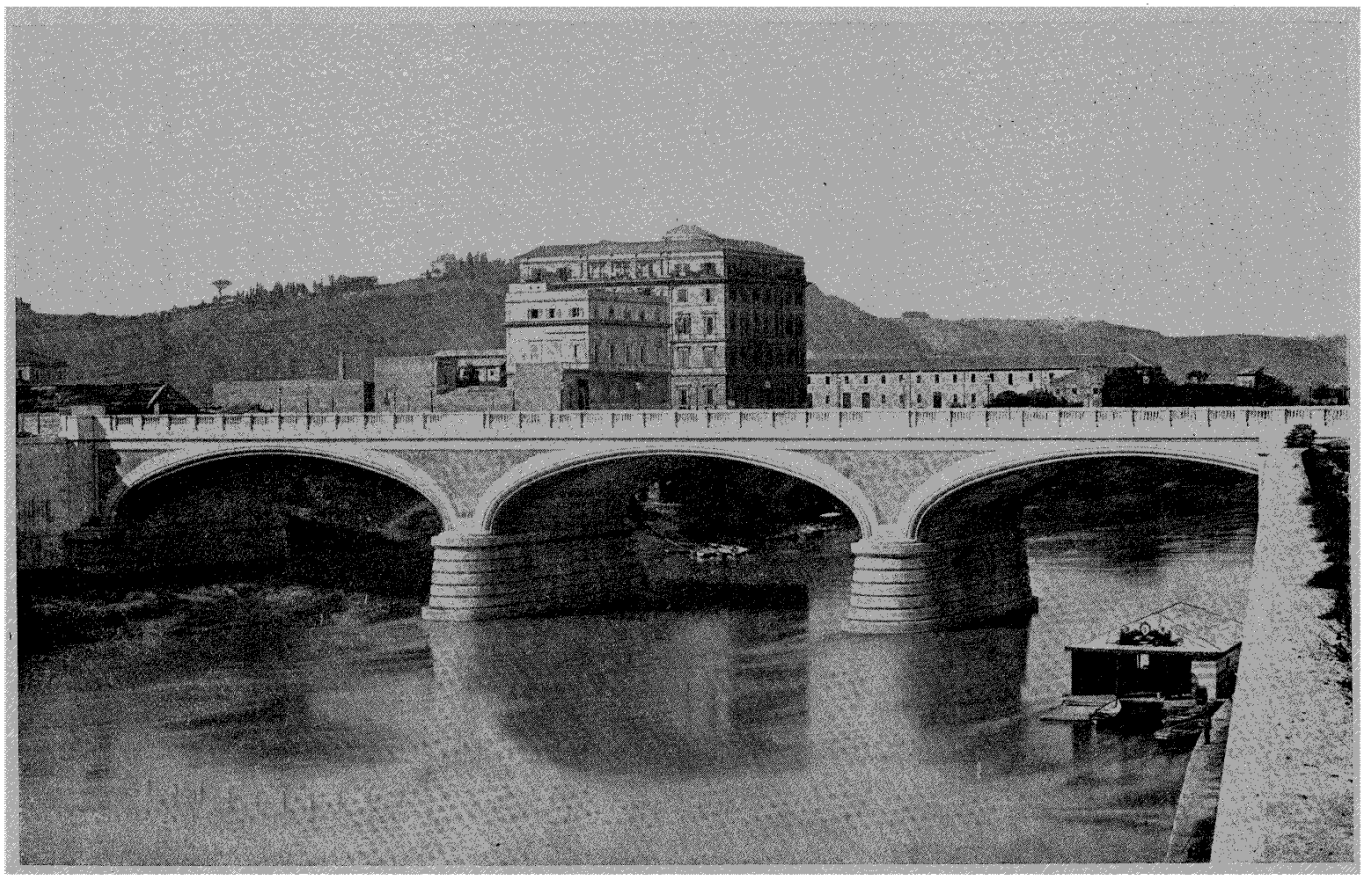


Fig. 34. — Nouveau pont Marguerite.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

6. *Pont Ripetta.* — Dans la section du pont Marguerite au pont Saint-Ange, qui lui était adjugée, l'entreprise Medici a eu à prolonger, aux frais de la ville, le pont à péage de Ripetta, à cause de l'endiguement qui plaçait très en retraite la rive droite des *Prati di Castello,* et supprimait sur la rive gauche le port et l'escalier pittoresque de Ripetta; puis, après adjudication de la Ville, elle dut rétablir le pont définitif en attendant que le pont Cavour fût construit.

Le projet de l'administration n'ayant été approuvé qu'en 1890, l'entreprise commença fin décembre de cette même année la fondation des deux culées, avec plus d'épaisseur et à une plus grande profondeur que pour le mur de quai. Quoique les

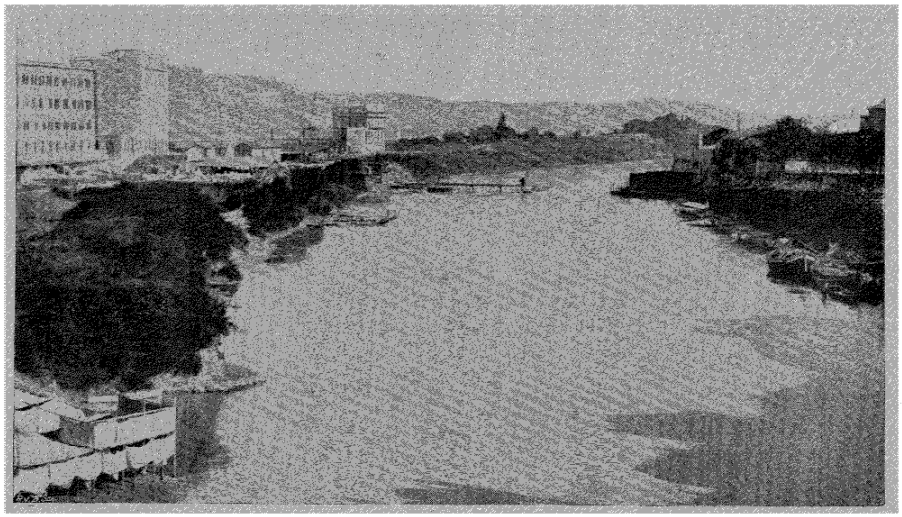


Fig. 35. — Le Tibre avant la construction des quais et du pont Marguerite.

travaux fussent exécutés au compte de la Commune, ils furent dirigés jusqu'à leur achèvement par l'administration technique du Tibre.

La figure 33 montre en perspective le pont Ripetta, tel qu'il a été rétabli, avec ses quatre doubles piles et palées en charpente.

7. *Pont Marguerite.* — Un autre pont trouve sa place dans cette section, bien qu'édifié également aux frais de la ville, celui de la Reine-Marguerite, qui traverse le Tibre à la hauteur de la place du Peuple, sur la rive gauche, et aboutit à la place de la Liberté, sur la rive des *Prati di Castello.*

Cet ouvrage à trois arches en maçonnerie, d'une largeur de 20 m., fut adjugé, en 1884, à la compagnie française de Fives-Lille. Les travaux commencèrent l'année suivante ; les fondations des deux culées et des deux piles, ainsi que la maçonnerie des trois voûtes jusqu'à l'imposte furent achevées seulement en 1888.

La culée de droite étant fondée à $15^{m},10$ de profondeur, et la pile droite à $15^{m},05$, la pile gauche fut assise à $15^{m},06$, et la culée correspondante à $16^{m},82$, pour donner toute sécurité à l'ouvrage.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pendant l'année 1888, un litige s'éleva entre la direction des travaux de la Ville et l'entreprise, sur la qualité de la pierre de taille à employer, et les travaux furent suspendus. L'année suivante, une solution acceptée de commun accord, moyennant indemnité, permit de substituer la pierre de Rezzate, pour les voûtes et le revêtement, à celle de travertin, conservée dans les autres parties. Les piédroits furent montés dès lors jusqu'à l'imposte des voûtes, et, sauf le couronnement et le ravalement, l'ouvrage fut terminé en 1890; il a été inauguré en 1891, tel que le représente la vue photographique (fig. 34).

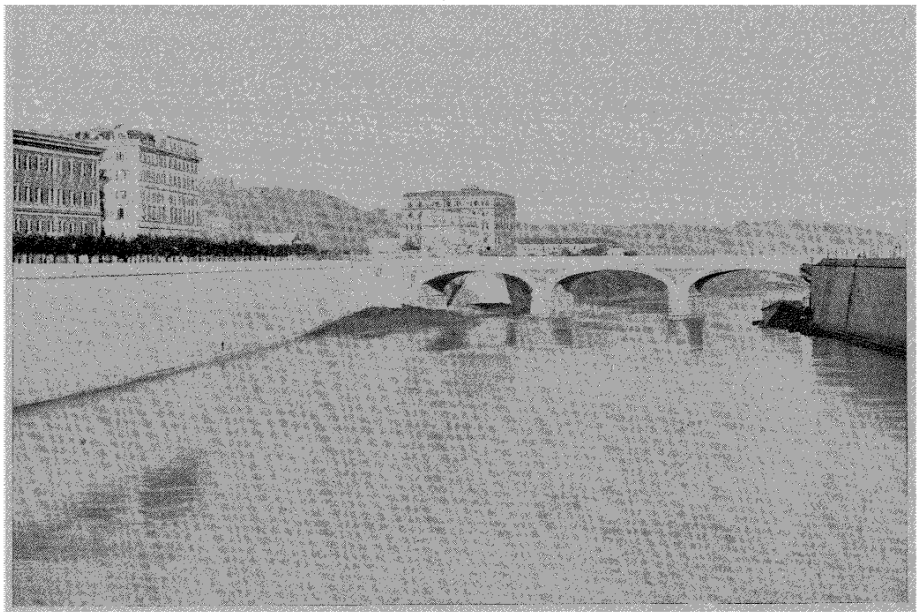


Fig. 36. — Le Tibre après la construction des quais et du pont Marguerite.

Comme contraste avec la situation actuelle du Tibre, depuis la construction des quais et du pont Marguerite (fig. 36), la figure 35 montre le fleuve tel qu'il coulait à pleins bords, avec la passerelle conduisant au bac pour le passage d'une rive à l'autre

8. *État des travaux fin* 1889. — Au 31 décembre 1889, sur la somme de 60 millions accordée pour les travaux de régularisation, par les lois des 29 juin 1876, 28 juillet 1881 et 13 août 1886, les engagements relatifs aux travaux achevés et en cours d'exécution s'élevaient à 55 403 715 fr., et on devait encore dépenser 6 226 685 fr. pour achever les travaux en cours, soit ensemble 61 630 000 francs.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La situation des travaux était la suivante :

TRAVAUX DU FLEUVE.	RIVE GAUCHE		RIVE DROITE	
	à exécuter.	exécutés.	à exécuter.	exécutés.
	mètres.	mètres.	mètres.	mètres.
Digue de quai avec épaulements aux ponts et voies de quai.	4325	3118	4009	2104
Longueur de berges à endiguer. . .	6222	1133	4580	»
Longueur de chenal à déblayer. . .			7592	
Longueur déblayée.			1493	

Sur base des projets établis pour le complément des travaux, il restait à demander au Parlement un dernier crédit de 45 millions, devant porter le montant total des dépenses à 105 millions.

9. *Excédent de dépenses.* — La Commission de la Chambre, saisie de la nouvelle demande de 45 millions, voulut se rendre compte des causes d'excédent de dépenses, et annexa son rapport pour la discussion du projet de loi, relatif aux travaux de la 4e série.

Les causes d'excédent étaient multiples, mais les principales étaient dues aux modifications du plan approuvé en 1876, qui avait servi à l'établissement des premiers devis estimatifs.

Rive droite. — Dans le projet du 30 avril 1876, l'endiguement de la rive droite, en amont du pont Saint-Ange, jusqu'au ruisseau *dell' Inferno* se bornait à une coupure de la berge et à la construction d'un talus en terre, prolongé jusqu'aux terrains insubmersibles, au pied du Mont Mario.

Au prix où étaient alors les terrains, situés en dehors de l'enceinte de l'octroi du Borgo, la plupart cultivés, desservis par un mauvais chemin tortueux, le *vicolo della Barchetta*, jusqu'à la porte Angélique, la coupure et la digue de la berge, d'une longueur de 1004 mètres, étaient estimées à 470 000 francs.

D'ailleurs, un autre projet à l'étude pouvait dispenser d'endiguer cette section de rive du Tibre : il consistait à dévier le fleuve à partir du pont Milvio, à travers les *Prati di Castello*, jusqu'au pont Saint-Jean-des-Florentins, en creusant un nouveau lit. Ce projet aurait eu le grand avantage, par l'abandon de l'ancien chenal, de relier complètement les quartiers peuplés de la rive gauche avec ceux à bâtir de la rive droite, et de permettre leur extension, en les soustrayant aux inondations. Mais, tandis que le projet se mûrissait, les *Prati di Castello* se couvraient d'habitations; un vaste quartier, en partie bâti et alloti, était percé de rues nouvelles ; il devint impossible de donner suite au projet de dérivation.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Au contraire, il fallut songer à prolonger le muraillement jusqu'au mont Mario, et prévoir de ce chef une augmentation de dépenses de 8 millions et demi pour mettre le nouveau quartier à l'abri.

Plus de la moitié de cette augmentation était imputable à l'expropriation des terrains nécessaires à l'élargissement du chenal et à l'installation de la voie de quai, de 14 m. de largeur, en payant les terrains sur le pied de ceux à bâtir.

Pour l'endiguement même, depuis le pont Marguerite jusqu'à la place d'Armes, sur une longueur de 585 m., partie en maçonnerie et partie en talus avec revêtement maçonné, le devis primitif dut être augmenté de 1 500 000 fr.

Enfin, pour compléter la rectification de la place d'Armes jusqu'à l'enceinte fortifiée du mont Mario, l'augmentation de ce chef, a été de 530 000 francs.

Ainsi, la défense de la rive droite exigeait une dépense complémentaire de 10 060 000 francs, soit une dépense totale de 10 530 000 francs.

Rive gauche. — D'après le projet de 1876, le mur de digue s'arrêtait à l'enceinte de l'octroi, près de l'Abattoir. Depuis ce point jusqu'aux *Sassi di San Giuliano*, en amont, la défense comportait une digue en terre.

On avait songé à déplacer le port fluvial de Ripetta, qui ne répondait plus aux conditions de niveau du quai, pour le reporter sur la rive droite, aux *Prati di Castello* dont la berge se prêtait à l'établissement d'un nouveau port dans de bonnes conditions. Il fallut renoncer à cette idée, en présence des bâtisses dont les *Prati* s'étaient couverts, et choisir sur la rive droite, plus en amont, un emplacement où le fond du fleuve fût assez profond et assez vaste pour que les manœuvres de la navigation y soient faciles. Ces conditions se trouvant réunies à 200 mètres en amont de l'Abattoir, on décida, comme on l'a vu, d'y établir le port, mais en même temps de prolonger jusque-là la digue muraillée. Ce prolongement était d'autant plus nécessaire qu'un quartier en voie de construction sur cette partie de rive, le faubourg Flaminia, exigeait une protection plus efficace contre les crues.

L'endiguement en terre, sur 300 m. de longueur, avait été chiffré à 60 000 fr., non compris le port et les expropriations estimés à 200 000 fr., soit en tout 260 000 fr. En exécutant la digue en maçonnerie, on augmentait ainsi la dépense de 850 000 fr.; ce qui élevait le total à 1 110 000 francs.

Muraillement du quai. — Suivant le projet de 1876, les fondations du mur de quai devaient être exécutées, d'après les systèmes ordinaires de caisses ou enceintes étanches, à la profondeur de 4 à 5 m., et exceptionnellement de 6 m. sous étiage. Au-dessus de l'étiage, la maçonnerie devait être revêtue en briques, et le parapet, en briques également, devait être complété par un socle et une corniche en travertin. Enfin, le niveau du mur et du quai, parallèlement à la ligne des plus hautes eaux, devait être unique.

On reconnut trop tardivement, en exécutant les travaux de la première série,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

que le système des bâtardeaux, aussi bien que des caisses étanches et non étanches, par suite de la nature du terrain des berges et des infiltrations, était impraticable. La vétusté des maisons riveraines, leurs fondations peu profondes, ne permettaient pas de descendre les caisses à sec, à la cote voulue, pour asseoir le muraillement sur un fond assez solide. Le premier essai de fondation à l'aide de caissons à l'air comprimé, dans le but de préserver la stabilité du palais Farnesina, avait pleinement réussi; il fut donc résolu de recourir exclusivement à ce système pour toutes les fondations, qui, dès lors, pourraient être facilement poussées, suivant la nature du sol, depuis 6 m. jusqu'à 10 et 11 m. Cette solution se justifiait d'autant plus qu'en abandonnant le projet de déviation du fleuve à travers les *Prati di Castello*, on devait asseoir le muraillement, à l'amont de Tordinona, sur un long parcours, en plein lit du fleuve, formé de terres de transport et de matériaux sans cohésion.

Le projet de 1876 avait prévu un revêtement en briques pour la maçonnerie apparente, mais il fut constaté que les briques, même si elles offraient le degré de résistance et de perfection exigible, ne pourraient pas être livrées dans des conditions identiques, comme qualité, ni comme quantité, pour la masse de maçonnerie à exécuter. Le service technique ayant obtenu à un prix suffisamment réduit la fourniture de travertin, exploité en grand dans les carrières voisines de Rome, et offrant toutes les garanties de durée et de solidité, renonça à la brique. Pour le même motif, la brique fut aussi remplacée, dans les parapets, par le travertin, avec socle et corniche en granit.

Enfin, s'il était économique de maintenir à un même niveau le couronnement des quais, et de ménager l'accès des quatre anciens ponts par des rampes de 5 à 7 p. 100, cela devenait injustifiable, du moment où six nouveaux ponts étaient projetés par la Ville, avec une hauteur de plate-forme supérieure à celle des quais, dans le but de laisser aux arches un débouché maximum en vue des crues. Il n'était plus possible, pour douze rampes montantes et douze rampes descendantes, se succédant les unes aux autres, d'établir une série de paliers de niveaux différents, tant pour la circulation que pour le coup d'œil des quais.

Il fut résolu, en conséquence, de relever la cote des quais, de manière à conserver le même niveau entre les ponts.

De cet ensemble de modifications est résultée une augmentation considérable du coût du muraillement, évalué par mètre linéaire pour

	Fr.
Les fondations à l'air comprimé, à.	1.500
Le revêtement en travertin du mur de quai, à.	210
Les parapets, à.	40
La surélévation du mur, à.	200

c'est-à-dire, sur une longueur totale de 6 711 m. (non compris les sections

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

en amont du château Saint-Ange, rive droite, et celles de l'Abattoir, rive gauche), un excédent de 13 422 000 francs (1).

Déblai du chenal. — Le projet de 1876 avait prévu pour le déblai du chenal une dépense d'un million.

On n'avait envisagé alors que l'enlèvement de décombres plus ou moins apparents, provenant des ponts et des autres ouvrages démolis dans le cours des siècles passés, sans qu'il fût tenu compte des matériaux de décharge et des débris amoncelés, dont le courant du fleuve n'avait pas modifié la masse, ni des amas produits par la corrosion des berges dont les terres, tombées dans le chenal, résistaient par leur ténacité à tout dragage.

De ce chef, les prévisions de dépenses ont dû être augmentées de 6 millions, portant le montant total à 7 000 000 de francs.

Ponts Cestio et Palatin. — D'après les devis du projet du 20 avril 1877, le remaniement de ces deux ouvrages entraînait une dépense totale de 600 000 francs.

	Fr.
Pour le pont Cestio	137.000
Pour le pont Palatin.	463.000

mais la reconstruction complète du pont Cestio coûta 1 950 000 fr., et celle du pont Palatin, à plus grande largeur, et suivant une direction mieux orientée, 950 000 fr.

L'augmentation de dépenses résultant ainsi de la réfection des deux ponts a été, par rapport aux prévisions, de 2300 000 francs.

Expropriations.

	Fr.	
Jusqu'à la fin de l'année 1898, le montant des expropriations, conformément au projet de loi, s'élevait à		18.533.719
D'autres expropriations étaient engagées pour les travaux en cours, atteignant.		3.377.000
On évaluait celles restant à faire à.		8.089.981
Ensemble.		30.000.000
En déduisant de ce montant :		
1° Pour les travaux de la rive droite, aux Prati di Castello.	4.500,000	
de la rive gauche en amont de l'Abattoir.	250.000	
dans l'île Tibérine, pour le pont Cestio.	522.000	
2° Pour remboursement à la Ville sur expropriations à son profit.	1.329.000	
3° Pour valeur réalisable de terrains le long des quais.	200.000	
Ensemble.	6.801.000	6.801.000
		23.199.000

(1) La décision prise par la municipalité de relever la cote des ponts projetés, de maintenir l'horizontalité du plan des quais (*Lungo Tevere*), et la largeur de la voie à 24 mètres, sur tout le parcours, n'a pas seulement motivé l'excédent des dépenses d'endiguement ici indiqué, mais occasionné des frais supplémentaires de voirie, considérables, pour le nivellement des rues latérales et des places aboutissant aux quais.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Il restait un excédent à combler de 23 199 000 francs, pour pouvoir payer les expropriations jusqu'à la fin des travaux projetés. Cet excédent surpassait des deux cinquièmes la dépense prévue en 1876, soit de 9 279 600 francs.

Travaux spéciaux. — Certains travaux non prévus ont été exécutés jusqu'en 1889, à savoir :

	Fr.
Enrochement au pied de la culée gauche du pont Sisto.	60.000
Remaniement du mur de quai et voûte apparente de la *Cloaca Maxima*.	202.000
Remaniement du pont Saint-Jean-des-Florentins.	130.000
Total.	392.000

Frais divers. — Enfin, les frais résultant des premiers essais de fondation sans réussite, des transactions amiables, ou des procès avec les entrepreneurs, des résiliations de marchés, des changements de système, des travaux complémentaires, notamment au palais de la Farnesina, etc., ont été évalués à 1 126 000 francs.

En résumé, les dépenses supputées dans le projet de 1876 se trouvaient augmentées, fin 1889, de 48 millions (1).

D. — QUATRIÈME ET DERNIÈRE SÉRIE DE TRAVAUX

La loi du 2 juillet 1890, accordant un dernier crédit de 45 millions pour l'achèvement des travaux de régularisation du Tibre, à répartir sur 10 exercices, de 1891-92 à 1900-1901, mettait, en outre, à la charge de l'État une série de travaux de transformation édilitaire, notamment les deux ponts Humbert Ier et Victor-Emmanuel.

La Chambre maintenait, il est vrai, le système d'endiguement exécuté jusque-là, avec fondations à l'air comprimé et revêtement en travertin, pour la traversée de la ville, depuis le pont Marguerite, jusqu'à l'Aventin et à Ripagrande; mais elle décidait qu'en amont, l'endiguement se poursuivrait plus économiquement sur la rive droite, par un talus revêtu de tuf, jusqu'au confluent du *Fosso della Balduina,* et sur la rive gauche, par un mur maçonné, avec revêtement en tuf, jusqu'au nouveau port fluvial, et de ce port jusqu'au pont Milvio, par une digue en terre revêtue de tuf, au lieu de maçonnerie.

Conformément à cette résolution, les adjudications ont été faites, en 1891, de l'endiguement à l'amont, sur les deux rives.

(1) *Relazione della Comm. di vigilanza. Camera dei Deputati,* 20 décembre 1890.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

1. *Rive droite, du pont Marguerite au pont Milvio*, avec délai d'achèvement fixé au mois d'avril 1894.

La coupure de la berge et la digue-chaussée, entre l'enceinte fortifiée du mont Mario et l'avenue des Milices, au sud du Champ-de-Mars, furent exécutées, sur un quart de la longueur, en 1892, moyennant un déblai de 160 000 m. cub. En continuation de ce travail, les mouvements de terre sur 460 m. ont cubé pour 1893, 314 000 m., jusqu'au *Fosso della Balduina*.

Depuis ce ruisseau, jusqu'au pont Marguerite, sur une longueur de 530 mètres, le projet de berge, avec revêtement en tuf, a été remanié par raison d'économie, et réduit, comme dépense, de 1 149 000 fr à 797 000 francs.

2. *Rive gauche, du pont Marguerite au pont Milvio*. Les travaux ont été divisés en deux sections :

a) Du pont Milvio au *Fosso della Rondinella* (1 625 m.). En 1892, la construction de la digue-chaussée a exigé 30 000 m. cub. de remblai, et fin 1893, sur le parcours total, il ne restait à exécuter que 440 mètres.

Pour défendre les culées du pont Milvio à l'amont et à l'aval, le mur a été fondé à $11^{m},46$ de profondeur, et un cube de 2500 m. de pierres a été employé en maçonnerie ;

b) *Du Fosso della Rondinella* au nouveau port (1 524 m.), les travaux ne furent adjugés à l'entreprise Vitali qu'en 1893, sur un nouveau projet de digue en terre, avec revêtement en tuf et enrochements. L'importance du marché a été de 1 083 470 francs.

3. *Rive gauche, du pont Milvio aux Sassi di San Giuliano* (1 133 m.).

Pour permettre à la municipalité de pousser les travaux de construction du quartier Flaminio, le long du fleuve, et régulariser les voies Flaminia et Acquacetosa par rapport à la digue de défense, l'administration avait résolu, dès 1889, d'endiguer la rive jusqu'à San Giuliano. Le projet comportait une dépense de 94 390 fr., et pour travaux additionnels, 12 940 francs. L'adjudication à l'entreprise Angeletti, moyennant 40,03 pour cent de rabais, atteignit le chiffre de 69 546 francs.

Les travaux de redressement de berge et d'endiguement, commencés par l'entreprise Angeletti le 14 mars 1889, ont été terminés et reçus en 1891, après plantation et régalage des talus. La dépense a été liquidée, en 1893, par une somme de 80 646 fr. sur laquelle 12 100 fr. figurent au compte des expropriations.

E. — SITUATION GÉNÉRALE FIN DÉCEMBRE 1896

Au 31 décembre 1896, d'après le dernier rapport encore inédit de la Commission de vigilance, la situation des travaux et le compte financier relatif aux 105 millions imputés aux travaux du Tibre se résumaient dans les tableaux 1 et 2 ci-après.

Ces situations comprennent non seulement les opérations de déblai du chenal

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

et d'endiguement, mais encore celles afférentes aux grands collecteurs parallèles au fleuve.

1° Situation des travaux du Tibre au 31 décembre 1896.

		LONGUEURS.	TOTAUX.
		Mètres.	Mètres.
Déblai du chenal	Adjugés	2887	7592
	A adjuger	4705	
Endiguement muraillé	Achevé ou en cours	7441	26586
	Adjugé ou à adjuger	8343	
Endiguement de terre		10802	
Collecteurs	Exécutés ou en cours	13095	33785
	A adjuger	20690	

2° Situation financière au 31 décembre 1896.

	CRÉDITS ordonnancés.	ENGAGEMENTS.	PAYEMENTS.
	Francs.	Francs.	Francs.
Engagements au 31 décembre 1896	»	71 371 877	»
Payements — —	»	»	67 920 621
Crédits ordonnancés au 31 décembre 1896	73 547 000	»	»
Remboursement par la commune de Rome pour expropriations et divers	1 400 178		
		74 947 178	72 447 178
Excédant des crédits ordonnancés		3 576 301	
Crédits disponibles jusqu'à concurrence des 105 millions accordés par la loi		30 052 822	
Montant disponible pour travaux		33 629 123	
Somme actuellement disponible pour travaux			7 026 557

Collecteurs. — Les collecteurs dont il a été question en détail dans la monographie des *Égouts de Rome* (1) n'ont pas peu contribué à l'aggravation des dépenses supportées par l'État pour l'endiguement du Tibre.

L'avant-projet de la commission de 1871 consacrait le principe de deux grands collecteurs accolés aux murs des quais, sur chaque rive (fig. 1); mais le Conseil supérieur décida en 1876, que les deux collecteurs seraient indépendants

(1) *Bulletin* du mois d'octobre 1897.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

avec un émissaire distinct, au moyen d'un canal débouchant en aval de Rome, à la distance fixée par le niveau de l'étiage le plus bas du fleuve. « Ils seront construits sous les voies longeant le Tibre, sauf dans les quartiers où les rues latérales et parallèles assurent une circulation complète, et en les tenant à une distance d'au moins 3 m. du muraillement. Leur profil sera ovoïde et sans banquettes » (1), alors que l'avant-projet de 1871 les prévoyait demi-circulaires, avec cunette et banquettes.

Tandis que, sur la rive droite, le grand collecteur dut être prolongé à l'amont, aux *Prati di Castello*, il fallut exclure de son périmètre les eaux du mont Mario et des vallées de l'Inferno et du Gelsomino pour les conduire à part dans le fleuve, moyennant une dépense additionnelle, évaluée à 900 000 francs.

Sur la rive gauche, le collecteur fut allongé de 1 800 m. en amont de l'Abattoir, afin de recueillir les eaux du quartier Flaminio et des avenues Flaminia et Parioli, moyennant une dépense supplémentaire de 740 000 francs.

Enfin, sur la même rive, à l'aval de l'Aventin, les eaux qui exigeaient un écoulement direct vers l'Almone, motivèrent une nouvelle dépense de 150 000 francs.

A cette dépense non prévue de 1 790 000 fr. la Commission de la Chambre ajouta, comme supplément de frais, par rapport aux prévisions, pour la construction de 27 000 m. de collecteur, à raison de 100 fr. par mètre linéaire, 270 000 fr. (2).

Ainsi, le coût total des collecteurs se trouva augmenté de 4 490 000 francs.

D'après l'état des travaux, au 31 décembre 1896, dressé par l'administration, en prenant pour base les prix unitaires fixés par elle, le tableau suivant a été établi :

COLLECTEURS.	LONGUEURS.	PRIX PAR MÈTRE DE COLLECTEUR.			COUT TOTAL.		
		Voûté.	A ciel ouvert.	Différence.	Voûté.	A ciel ouvert.	Différence.
	Mètres.	Francs.	Francs.	Francs.	Francs.	Francs.	Francs.
Rive droite.	4 200	714,30	428,60	285,70	3 000 000	1 800 000	1 200 000
Rive gauche.	6 100	870 »	574 »	296 »	5 300 000	3 500 000	1 800 000
TOTAUX.	10 300				8 300 000	5 300 000	3 000 000

Sur les 4 200 m. de la rive droite, 3 400 m. sont situés en dehors de la ville, et sur les 6 100 m. de la rive gauche, 4 000 m. sont également tracés hors des portes.

La Commission de vigilance proposa, par motif d'économie, et sans que le moindre inconvénient en pût résulter pour la salubrité de Rome (3), de continuer

(1) *Comune di Roma. Relazione della Commissione per lo studio dei collettori*, 1878.
(2) *Camera dei Deputati. Relazione, loc. cit.*, 1891.
(3) *Relazione*, 7 juin 1897.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

le collecteur, mais à ciel ouvert, depuis la galerie de Saint-Paul jusqu'à l'émissaire de Mezzo Cammino (6 000 m.), et sur la rive droite, la section entière, depuis le croisement du chemin de fer de Civita Vecchia, jusqu'à la Magliana (7 200 m.); ce qui eût permis de réaliser une économie chiffrée à 3 833 700 fr., à savoir.

	Fr.
Rive gauche : 6 000 × 296	= 1.776.000
Rive droite : 7 200 × 285,70	= 2.057.700
	3.833.700

La Commission ajoutait que les prix unitaires adoptés par l'administration, soit 870 fr. et 574 fr. pour le collecteur voûté et à ciel ouvert de la rive gauche, au lieu de 742 et 341 fr. prévus par l'ingénieur en chef Zucchelli, qui dressa le projet primitif, sans qu'aucune des conditions de dimensions et de qualité de matériaux aient été changées depuis, donnaient lieu à réduction; et que notamment, pour le canal à ciel ouvert, en simplifiant considérablement les travaux d'art, comme à l'Almone, et en tenant compte du rabais des prix des matériaux et de la main-d'œuvre depuis 1882, le coût pourrait être ramené de 574 à 340 fr. par mètre; d'où une économie de 1 million et demi environ.

Ponts. — Outre les travaux déjà décrits, relatifs aux ponts Palatin, Saint-Jean, Cestio et Saint-Ange, l'État avait pris à sa charge, par la loi du 2 juillet 1890, l'achèvement du pont Humbert Ier, commencé par la Ville, et du pont Victor-Emmanuel, dont la Ville avait également fait établir les fondations.

Pont Humbert Ier. — Ce pont qui relie la rive gauche, où débouchait la rue Monte Brianzo à l'Orso, avec le Palais de justice actuellement en construction sur la rive droite, a une largeur de 20 m.; il est formé de trois arches en maçonnerie de 30 m. de corde.

La Commune de Rome, d'après ses propres projets, l'avait adjugé, en 1885, à la compagnie française de Fives-Lille.

La même année, la fondation de la culée sur la rive droite fut commencée, pour être achevée l'année suivante. Les caissons à air comprimé furent installés, en 1886, pour la fondation des deux piles, mais celui destiné à la culée de gauche subit un fort déplacement sous l'action violente du courant, et les travaux éprouvèrent un long retard. A la fin de 1887 seulement, la maçonnerie des trois arches atteignit l'imposte au-dessus de l'étiage.

Les culées et les piles avaient été fondées, en raison de la nature du sol et de la situation de l'ouvrage à un tournant du chenal, à de grandes profondeurs :

Culée de droite	15m,60
Pile de droite.	15m,30
Culée de gauche.	20m,50
Pile de gauche.	16m,15

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Lorsqu'il s'agit de continuer les maçonneries, un grave litige s'éleva, quant à la qualité de la pierre de taille, entre la Ville et l'entreprise Allegri, substituée à celle de Fives-Lille. Toute l'année 1888 fut perdue en contestations, et, en 1889, la Ville résilia définitivement le marché.

L'État, reprenant les travaux en 1890, fit préparer de nouvelles adjudications, en même temps que le projet des abords du pont sur la rive gauche. Le 7 juillet, l'ensemble des travaux complémentaires fut adjugé, pour 1 million, à l'entreprise Medici, déjà chargée de l'endiguement de la section.

Au mois d'août 1892, les piles étant achevées jusqu'à la naissance des voûtes, le pierres de taille et de travertin furent appareillées sur les chantiers.

En 1893, les trois grandes arches en travertin et en briques cimentées furent montées; mais à peine étaient-elles décintrées qu'un mouvement de flexion se porduisit dans les piles et les culées. Dès lors, pour provoquer une assiette définitive, on résolut de mettre le pont sous pleine charge, avant de continuer. La flexion était-elle due à la largeur des piles fondées sur un sol instable, ou à un vice de construction, par suite des galeries circulaires avec parement en tuf, ménagées dans les tympans? Ce même phénomène s'était révélé précédemment dans la construction du pont Marguerite, mais pas plus pour cet ouvrage, où les lésions se manifestèrent au tiers de la voûte, par la dépression de la clé, que pour le pont Humbert Ier, aucun indice d'instabilité ne s'est manifesté depuis.

En 1895, le pont Humbert Ier, tel que le représente la figure 37, fut livré à la circulation.

Pont Victor-Emmanuel. — Ce pont destiné à prolonger le *Corso* du même nom, pour aboutir au Borgo San Spirito, est situé un peu en amont de l'emplacement qu'occupait l'ancien pont Triomphal.

La ville avait commencé, en 1884, par fonder la culée de gauche, qui permit l'achèvement du quai sur cette rive, mais les expropriations d'une grande partie de l'Hôpital du Saint-Esprit, rendues indispensables sur la rive opposée, ont retardé usqu'ici la fondation de la culée droite.

Quoique l'État ait pris à son compte l'achèvement de cet ouvrage et des abords à ménager sur la rive droite, aucun progrès n'a été fait; le quai lui-même reste inachevé dans la section comprise entre la place Pia et la Lungara, sur 873 m., en attendant l'expropriation.

L'Hôpital du Saint-Esprit qui occupe la berge, fondé par Innocent III à la fin du XIIe siècle, agrandi par Innocent IV, remanié et développé par Sixte IV, Innocent VIII, Paul III, Benoît XIV, auquel ont travaillé les architectes Marchionne d'Arezzo, Baccio Pintelli, Andre Palladio, Fuga, etc., etc., est l'un des plus remarquables souvenirs du commencement de la Renaissance à Rome, avec ses curieux dômes octogones, en même temps que le plus vaste établissement hospitalier que Rome possède; il comprend, en effet, un millier de lits, un asile pour 500 aliénés, un hospice pour trois mille enfants, un autre pour les jeunes filles, un pour les vieillards, un théâtre anatomique, des salles de dissection, une pharmacie très vaste, de riches collections et une bibliothèque médicale (*Lancisiana*) de premier ordre.

Tant qu'il n'aura pas été pourvu par le *Policlinico*, construit sur les hauteurs du Viminal, à l'est du camp Prétorien, ou par d'autres institutions hospitalières, au remplacement partiel de l'hôpital du Saint-Esprit, il ne saurait être question de l'exproprier pour le démolir.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

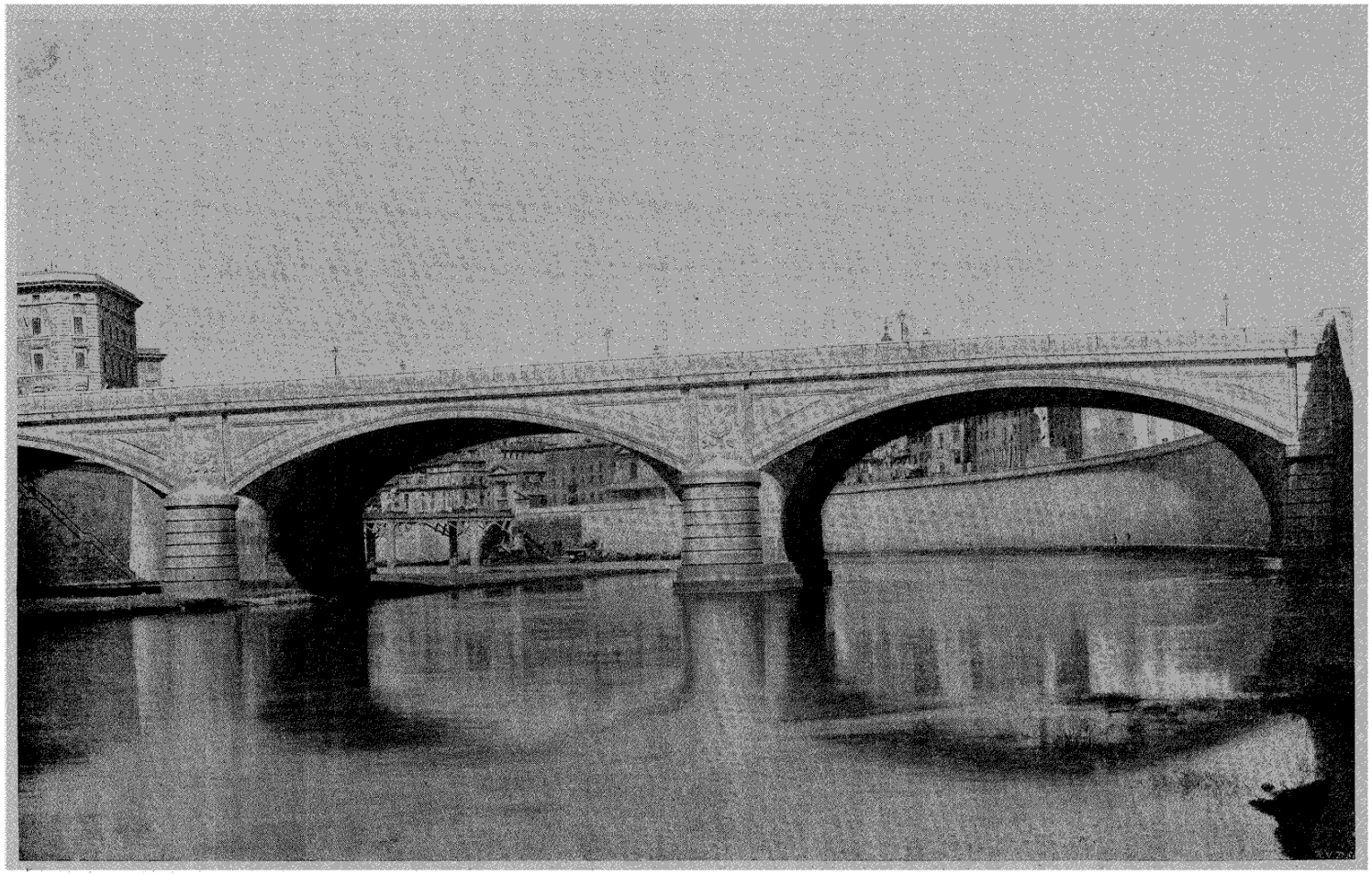


Fig. 37. — Le nouveau pont Humbert Ier.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Plusieurs projets, embrassant les travaux du pont et du quai, ont été présentés en 1893, dont les devis atteignaient 3 620 000, et 4 millions de fr.; ils ont dû être écartés, avant tout, par des motifs d'économie.

Pont provisoire. — En attendant que le pont Victor-Emmanuel pût être construit, et pour assurer la circulation pendant les travaux du pont Saint-Ange, la Ville fit procéder, en 1887, à la construction, un peu en aval du pont Saint-Ange, d'un ouvrage provisoire (bois et fer), que l'on inaugura en 1891, après que les accès eurent été préparés pour le passage des tramways et des piétons.

Ce pont à double travée métallique, parabolique, dépare singulièrement le coup d'œil des rives du Tibre; on ne peut que souhaiter sa prompte suppression.

Pont de la Lungara. — Pour ce pont, approuvé depuis 1889, qui doit relier la rive droite, près de San Giacomo, avec la rive gauche, au *Vicolo dello Struzzo* (1), la Commune a fait fonder les culées, sous la direction de l'administration des travaux du Tibre, et surélever la culée gauche, afin de permettre l'établissement du plan du quai, mais le pont n'a pas été commencé.

Résumé.

L'endiguement du Tibre est aujourd'hui achevé dans ses parties essentielles.

Le plan de Rome et des environs, depuis le pont Molle à l'amont, jusqu'en aval de Saint-Paul, présente, dans les deux figures 38 et 39, le tracé général de la régularisation du fleuve et des deux collecteurs, au point où en étaient les travaux fin 1896. Les lignes en pointillé indiquent les sections de collecteur dont la construction était alors en cours, ou à adjuger.

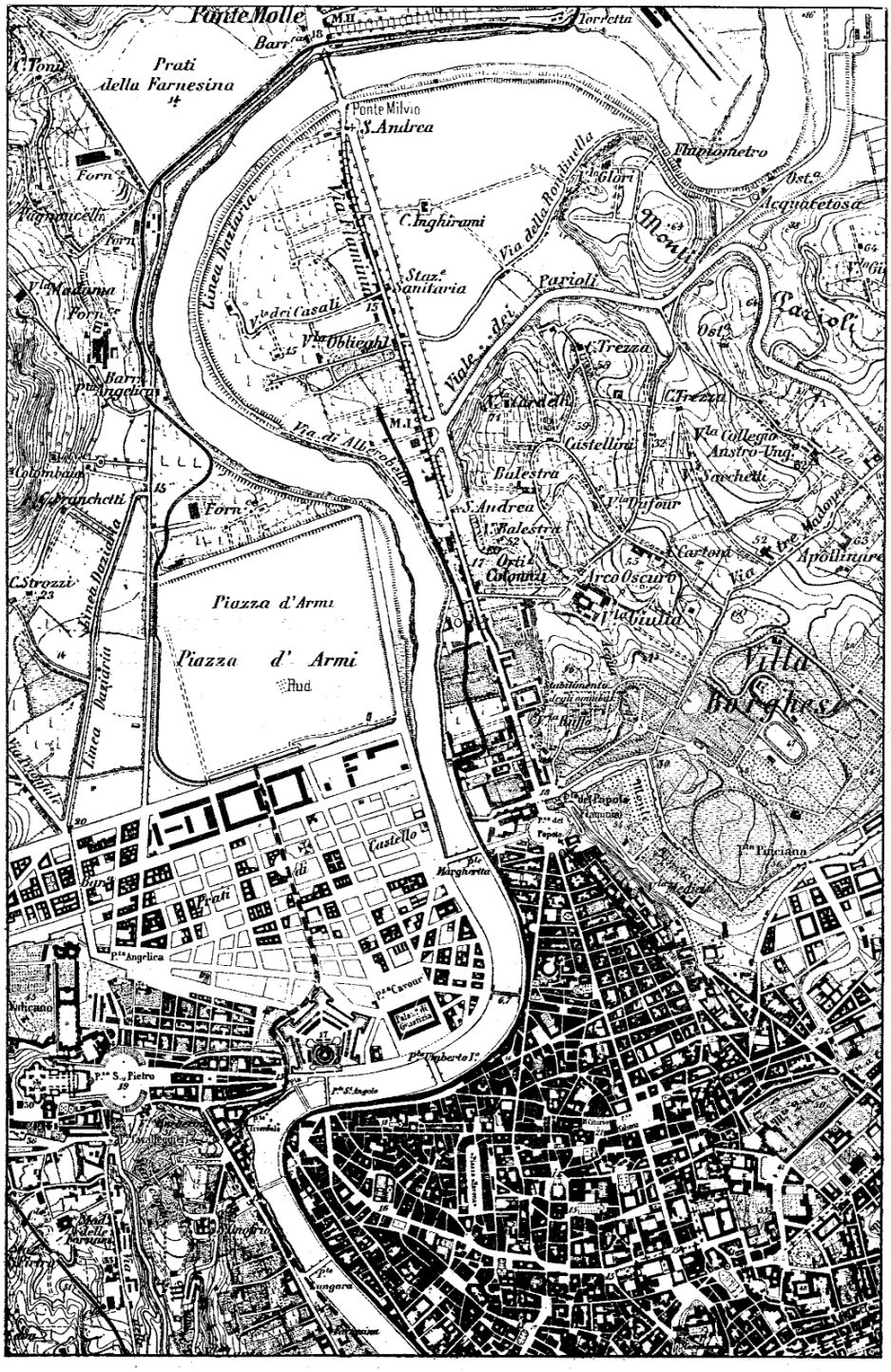
« Cette grande entreprise, écrit l'ingénieur Brioschi, se caractérise, dans les trois périodes de son développement, la première, par le projet grandiose de Jules César, ou la conception fantastique de Néron; la seconde, par l'*Agnus Dei* que le pape Pie V fit jeter dans le fleuve afin d'apaiser la colère divine, et la troisième, par la ceinture de quais et les réformes édilitaires que réclamait l'époque actuelle. Ce que la force, au service d'une volonté énergique, ce que la foi et le mysticisme religieux, ont été impuissants à réaliser pour porter remède à tant de désastres, la science de nos jours l'a accompli (2). »

Le Tibre, on peut dire, est maîtrisé. Rome ne sera plus inondée. Dans ses crues les plus hautes, le fleuve en débordement sera désormais contenu par les digues. Déjà, en 1896, on a pu constater qu'une crue comme celle de 1870, venant à se produire, les ponts n'offrant plus d'obstacles comparables à ceux d'alors, et le profil du chenal n'indiquant, dans la traversée de la ville, qu'une pente régulière de 31 millièmes, atteindrait à Ripetta la cote maxima de 15 m., et à Ripagrande celle de 14^{m}, 27.

(1) Ce pont, appelé aussi *all'Armata*, doit joindre le *Lungo Tevere Sangallo* et le *Lungo Tevere Tibaldi*, de la rive gauche, avec le *Lungo Tevere della Farnesina* de la rive droite.

(2) Fr. Brioschi, *le Inondazioni del Tevere, loc. cit.*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires


Ponte Molle
Prati della Farnesina
Ponte Milvio
S. Andrea
Via Flaminia
Via della Ronciuella
Ippodromo
Monti
Acquatetosa
Parioli
Linea Ferroviaria
Linea Daziaria
C. Inghirami
Staz.e Sanitaria
Via degli Oblieghi
Via di Albenbaia
Viale dei
C. Trezza
Castellina
Bulestra
Via Collegio Anstro-Ung.
Via Sacchetti
Via Dufour
Via Giulia
Arco Oscuro
Villa Borghese
Piazza d'Armi
Piazza d' Armi
Rud.
Linea Daziaria
Via Triboniana
Castello
Prati
Pta Angelica
Pta Carour
Pta Pia
Pta Cavalleggeri
Pta Pertusa
Pta Viridaria
Pta Angelica
Pta Castello
Pta Cavour
Pta Pia
Pta Viridaria
Pta Cavalleggeri
Pta Pertusa

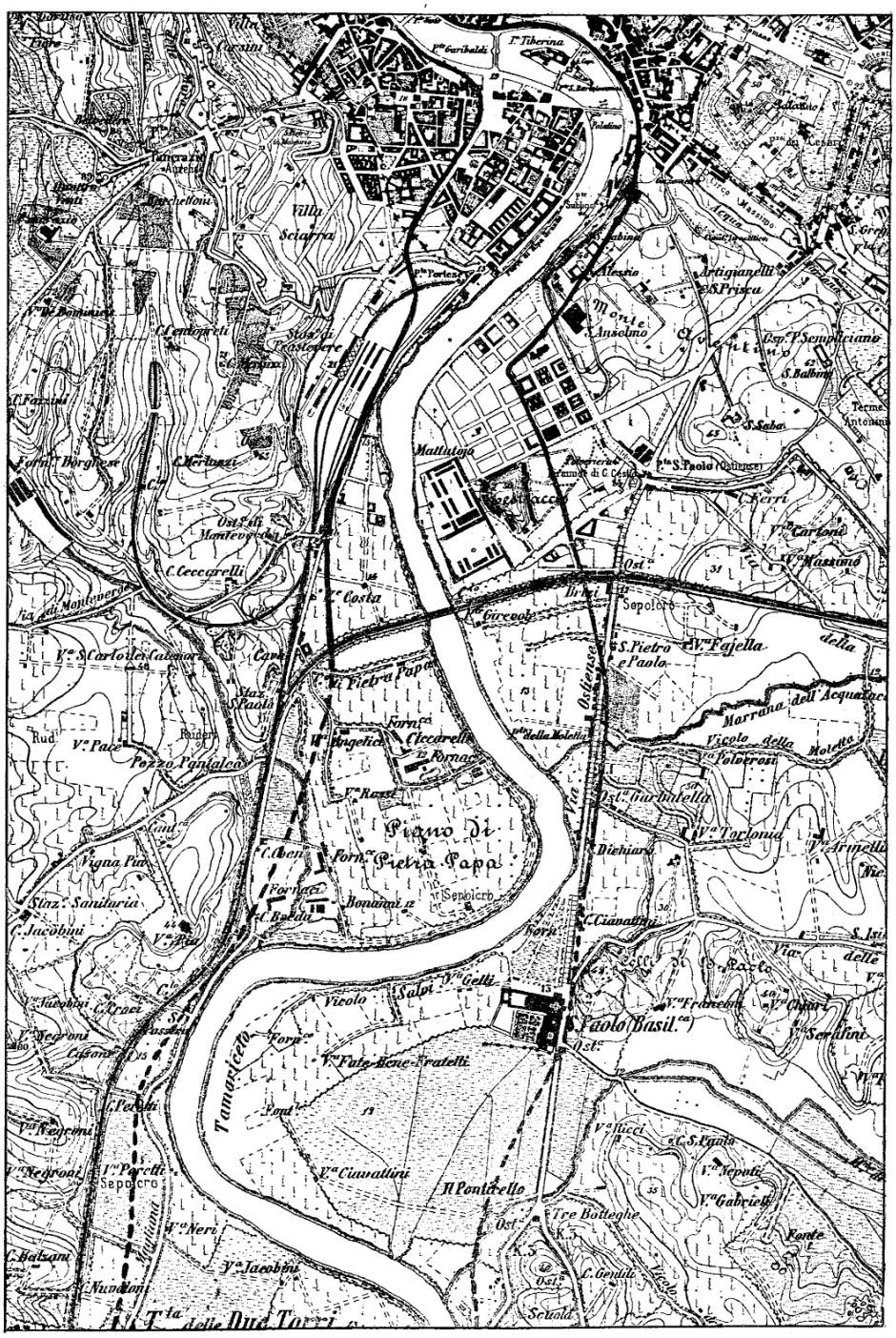


Fig. 39. — Plan des travaux d'endiguement et des collecteurs, exécutés et en cours d'exécution, à l'aval du pont Sisto (1896).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On a pu vérifier depuis, en comparant les hydromètres de Orte (à 120 kilomètres à l'amont de Rome) et de Ripetta, que le niveau des crues, bien que les travaux de régularisation ne soient pas complètement terminés, s'était abaissé de $1^m,60$.

Les résultats des observations confirment donc pleinement les prévisions de la Commission de 1871.

Des critiques de toute nature, esthétiques, techniques, financières, n'ont pas fait défaut à cette vaste opération qui aura demandé plus de vingt-cinq ans pour s'achever, et consommé une centaine de millions.

Les rives du Tibre abandonné à lui-même étaient assurément plus pittoresques naguère qu'elles ne sont aujourd'hui. Les palais et les maisons que bordent les quais n'ont plus l'originalité des masures, des toits, des dômes, superposés, échelonnés pêle-mêle, dans les bas quartiers des berges. Contemplée du Janicule, la ville vivante semble enterrée derrière deux ceintures de murailles blanches, entre lesquelles serpente un fleuve banal, silencieux et inanimé. Pour qui suit à pied, ou en voiture, les nouveaux quais et les rues étroites, jadis si intéressantes par leur origine et leurs destinées, il n'y a plus d'autre horizon que les hautes digues de prison, qui ferment toutes échappées sur la rive opposée et vous accablent de leur monotomie. Et puis, théâtres, palais, églises, couvents, ayant chacun leur cachet, leur histoire, ont finalement disparu, morcelés ou supprimés par l'expropriation.

Les artistes, quelques érudits, des archéologues, et d'autres, ont raison de déplorer les points de vue et les monuments perdus à tout jamais, et la physionomie, qui s'en va, de Rome où ils ont puisé leurs inspirations, leurs sujets d'étude, mais Rome, décrétée capitale de l'Italie, a dû obéir aux principes qui entraînent toutes les capitales anciennes ou modernes, Paris, Londres, Berlin, Vienne, etc., vers les réformes édilitaires. La tâche y était à la fois bien plus ingrate et plus difficile qu'ailleurs, pour séparer ce qui est vrai et équitable de ce qui constitue l'engouement de nos jours en matière d'art et d'érudition. La nécessité d'assainir et d'assurer l'immunité des habitants contre les désordres violents et les dommages d'un fleuve, jusqu'ici indomptable, a heureusement prévalu.

Sous le rapport technique, les objections ont été plus sérieuses. Elles se sont manifestées dès le début contre l'endiguement, par une foule de contre-projets dont les principaux ont été précédemment analysés : même de l'étranger (1)

(1) L'ingénieur en chef, Dausse, avait proposé une solution unique, consistant à abaisser le lit du fleuve, pour préserver les bas quartiers et rétablir la navigation interrompue, au moyen de digues submersibles et de *duits* d'approfondissement. En se fondant sur un abaissement stable et constant, obtenu par des duits de certaine longueur, sur des cours d'eau médiocres, charriant des cailloux, tels que l'Isère, l'Arve, l'Arc, le Linth canal, et bien plus sûrement réalisable sur un aussi grand fleuve que le Tibre, là où il ne charrie que sable et limon, Dausse

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sont venues des protestations contre un système qui mettait la ville à la merci de murailles, susceptibles de céder à la violence des courants, après avoir amoncelé les eaux à 17 mètres de hauteur, sur une longueur de 10 kilomètres (1), « et dont les tristes effets ne manqueront pas de se révéler, quand il sera trop tard pour y remédier » (2).

L'endiguement adopté, l'exécution a donné lieu également à de nombreuses critiques dont quelques-unes ont fait l'objet de graves discussions. Plusieurs sont indépendantes du système même, telles que l'absence d'un plan général détaillé, l'inexpérience au début du service des travaux dont le personnel était trop souvent changé, le défaut d'une direction investie de pouvoirs suffisants pour trancher les litiges, l'ingérence malencontreuse des commissions de Beaux-Arts, d'Archéologie, etc., et principalement des services municipaux, qui ont été trop souvent la cause de rivalités, de malentendus et de retards préjudiciables, etc.

Les autres sont inhérentes au plan lui-même, mis à exécution et maintes fois remanié, quant aux détails de construction.

Les fondations dont la profondeur, dans l'avant-projet, avait été fixée à 4 mètres sous étiage, pouvant s'exécuter au moyen d'encaissements, ont été peu à peu poussées jusqu'à 9 et 10 m., suivant la nature du fond; ce qui a exigé, pour une raison de surcroît de résistance, peut-être exagérée, l'emploi exclusif de caissons à air comprimé et un supplément considérable de dépenses. Il en est résulté un travail peut-être unique en son genre, celui de fondations à l'air comprimé, sur plus de 8 kil. de longueur.

Ni les avis des hydrauliciens, ni les indications de l'avant-projet, rendu définitif en 1876, ni les décisions du Conseil supérieur des travaux publics, n'ont été suivis quant à l'exécution, par la Ville, des grandes voies riveraines dont le niveau, entraînant celui de la crête du muraillement, a été déterminé finalement par la chaussée des ponts nouveaux.

En faisant des ouvrages monumentaux avec des voûtes maçonnées, par conséquent élevées, dont les naissances sont beaucoup au-dessus de l'étiage; en conservant un plan à peu près horizontal pour la chaussée de ces ouvrages, et en assignant une pente unique d'un pont à l'autre, les nouvelles voies ont été exhaussées jusqu'au point culminant, soit à $19^{m},40$ au pont Marguerite, à $18^{m},40$ au pont Ripetta, à $17^{m},90$ au pont Palatin, et en raison de la pente moyenne ainsi portée à 48 millièmes, à $16^{m},60$ à Ripagrande.

Si l'on ajoute 1 mètre de parapet au niveau de la voie des quais, on obtient finale-

s'engageait formellement à approfondir le fleuve d'au moins 3 mètres, et à rétablir ainsi le régime antique. (*Acad. des Sciences, Recueil des savants étrangers*, t. XX, et *Comptes Rendus*, août 1898; mars 1879.)

(1) Baccarini, *Opinione*, 5 janvier 1876.

(2) Vescovali (*Shelford, loc. cit., Correspondence on non-tidal rivers*, 65).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ment comme hauteur de muraillement, à Ripetta $19^{m},40$; à Ripagrande $17^{m},60$, c'est-à-dire de $2^{m},40$ à $2^{m},60$ de plus qu'il n'était nécessaire (1).

Les conséquences de cet exhaussement sont évidentes. Le bénéfice de la suppression du refoulement qui se produisait à l'amont, et de l'abaissement du niveau de la crue, sur 2 m. de hauteur, à Ripetta, qui eût été obtenu avec un muraillement de 17 m. seulement de hauteur, a été sacrifié. L'excédent de maçonnerie sur 2 m. de hauteur et 10 kil. de longueur, aussi bien que la surélévation des voies des quais et de leurs abords, représentent plus d'une vingtaine de millions dépensés en pure perte. En outre, le fleuve a été non seulement encaissé disgracieusement, mais les communications à l'intérieur de la ville ont été rendues plus difficiles par suite des rampes; enfin, les indemnités payées aux riverains ont augmenté dans une proportion exagérée.

Le lit du Tibre s'étant naturellement modifié par des atterrissements successifs, le chenal s'est modelé suivant la portée des divers étiages. C'est ainsi qu'il a abandonné le bras gauche de l'île Tibérine pour se concentrer dans le bras droit, sauf à s'écouler en temps de crue par le bras gauche agissant comme déversoir. Mais, comme le fait remarquer l'ingénieur Canevari, l'avant-projet de 1871 comprenait deux lits pour le fleuve, un lit majeur, ou de crue, de 100 mètres de largeur, qui a été exécuté, et un lit mineur pour les eaux d'étiage, de 70 mètres de largeur qui reste à exécuter. Ce lit mineur eût fermé le bras gauche de l'île en régularisant le bras droit.

Il est vrai qu'en comblant le bras gauche, le fleuve suit de lui-même la disposition prévue par le projet; mais, il n'en reste pas moins à exécuter les travaux du lit mineur.

Ainsi, au point de vue financier, quelque espoir que l'on ait conservé en dernier lieu d'épargner une vingtaine de millions sur les travaux encore en cours ou à adjuger, il semble difficile d'admettre que la dépense totale fixée à 105 millions par la loi, au lieu des 33 millions prévus dans le projet de 1876, puisse être réduite à 85 ou à 90 millions, puisqu'il faut établir le lit mineur, construire les autres ponts projetés, et que rien n'a encore été tenté pour faciliter la navigation dans la ville.

La plus grande question hydraulique actuelle, initiée et heureusement résolue par les ingénieurs italiens, quelles que soient les critiques, ne saurait être arrêtée désormais, dans ses féconds développements, par aucune considération d'économie qui ne soit pleinement justifiée.

(1) Canevari, *Atti della Comm. di vigilanza. loc. cit.*, 1896.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

HYGIÈNE

APPLICATION A L'ÉQUARRISSAGE DU PROCÉDÉ A L'ACIDE SULFURIQUE, PROPOSÉ PAR **M. Aimé Girard.** Note de **M. Lindet,** *membre du Conseil.*

Au mois de juillet 1883, M. Aimé Girard faisait connaître à l'Académie des Sciences le procédé qu'il venait d'appliquer à la destruction des cadavres d'animaux morts de maladie contagieuse, et, d'une façon plus générale, des matières animales impropres à la consommation, telles qu'abats, viandes saisies aux boucheries et aux marchés, viande de cheval, etc. Ce procédé repose sur la dissolution de ces matières par l'acide sulfurique froid, et l'emploi du sirop sulfurique azoté, débarrassé de la matière grasse qui le surnage, à la fabrication du superphosphate. M. Aimé Girard avait expérimenté ce procédé à la ferme de Joinville-le-Pont, avec les cadavres des moutons que les expériences de Pasteur sur la bactéridie charbonneuse lui livraient chaque jour. Le Dr Roux avait examiné à ce moment les superphosphates fabriqués dans ces conditions, et il avait reconnu qu'ils étaient incapables d'apporter le moindre germe de contagion.

Depuis cette époque, le procédé dont il vient d'être question a été monté industriellement dans plusieurs clos d'équarrissage et fabriques d'engrais, à Roanne, à Genève, à Marseille, à Beaulieu, près de Loches, à Grenoble, etc. Désireux de faire connaître ce procédé ainsi que les observations et les résultats obtenus par ceux qui l'ont pratiqué, persuadé qu'il peut rendre aux industriels, et aux municipalités soucieuses de l'hygiène des habitants, des services que les autres procédés ne peuvent leur rendre, M. Aimé Girard avait réuni un certain nombre de documents que je me fais un devoir de compléter et de publier.

Déjà en 1884, M. Aimé Girard annonçait à la Société d'Agriculture que M. Picard, régisseur du domaine de M. Houette, à Lamothe-Jarry (Yonne), avait installé dans la ferme de celui-ci deux cuves en bois, doublées de plomb, munies de couvercles, conformément à ses indications : ces cuves avaient chacune une capacité de 1 200 litres et pouvaient recevoir successivement les animaux qu'on leur apportait.

Pendant une période de huit ans consécutifs (de 1884 à 1892), M. Picard a

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dissous dans ses cuves par l'acide sulfurique 580 000 kilogrammes de viande (chevaux, vaches et veaux, porcs, etc.), soit une moyenne de 70 000 kilogrammes par an, et saturé, au moyen de l'acide sulfurique azoté obtenu, 1 200 tonnes de phosphate de l'Auxois, soit 200 kilogrammes de phosphate par 100 kilogrammes de viande. La méthode n'a cessé d'être appliquée qu'au moment où, par suite du décès de M. Houette, la ferme a été louée.

M. Brunet-Larue a obtenu, en mai 1893, de la municipalité de Roanne, d'établir un atelier d'équarrissage pour fabriquer des engrais par la méthode de M. Aimé Girard. Dès le mois de juin de la même année, M. Brunet-Larue faisait les premiers essais avec un outillage de bacs en grès, outillage qu'il a jugé depuis imparfait et qu'il a remplacé par une série de cuves en bois doublées de plomb. L'atelier d'équarrissage a fonctionné sans interruption pendant ces trois dernières années et a reçu pendant cette période 50 000 kilogrammes de viande (chevaux, ânes, bœufs et vaches, veaux mort-nés, chiens, moutons, déchets de l'abattoir et viandes avariées et saisies), soit une moyenne de 16 000 kilogrammes par an. M. Brunet-Larue a employé pour 100 kilogrammes de viande 130 kilogrammes d'acide sulfurique à 66° et de 60 à 140 kilogrammes de phosphate, suivant la richesse de celui-ci en phosphate de chaux.

M. Flocart, vétérinaire à Genève, a, vers la même époque, proposé à la municipalité de cette ville, qui se trouvait obligée de déplacer son clos d'équarrissage, de faire une installation nouvelle, dans laquelle figureraient les cuves à acide sulfurique dont M. Aimé Girard avait préconisé l'emploi; dans les premiers mois de 1895, le nouveau clos d'équarrissage était terminé, et, depuis cette époque, il a fonctionné régulièrement, recueillant dans le canton de Genève tous les animaux morts. Les règlements de police interdisent d'enfouir les cadavres d'animaux, même quand la mort de ceux-ci a été accidentelle; ils appartiennent de droit à l'équarrisseur (valet de ville), ainsi que les déchets d'abattoir, les viandes avariées; l'établissement a traité 70 000 à 80 000 kilogrammes par année, et, pour 100 kilogrammes de viande, a eu besoin de 80 kilogrammes d'acide et de 170 kilogrammes de phosphate (Bellegarde, 22/24 p. 100, PhO^5).

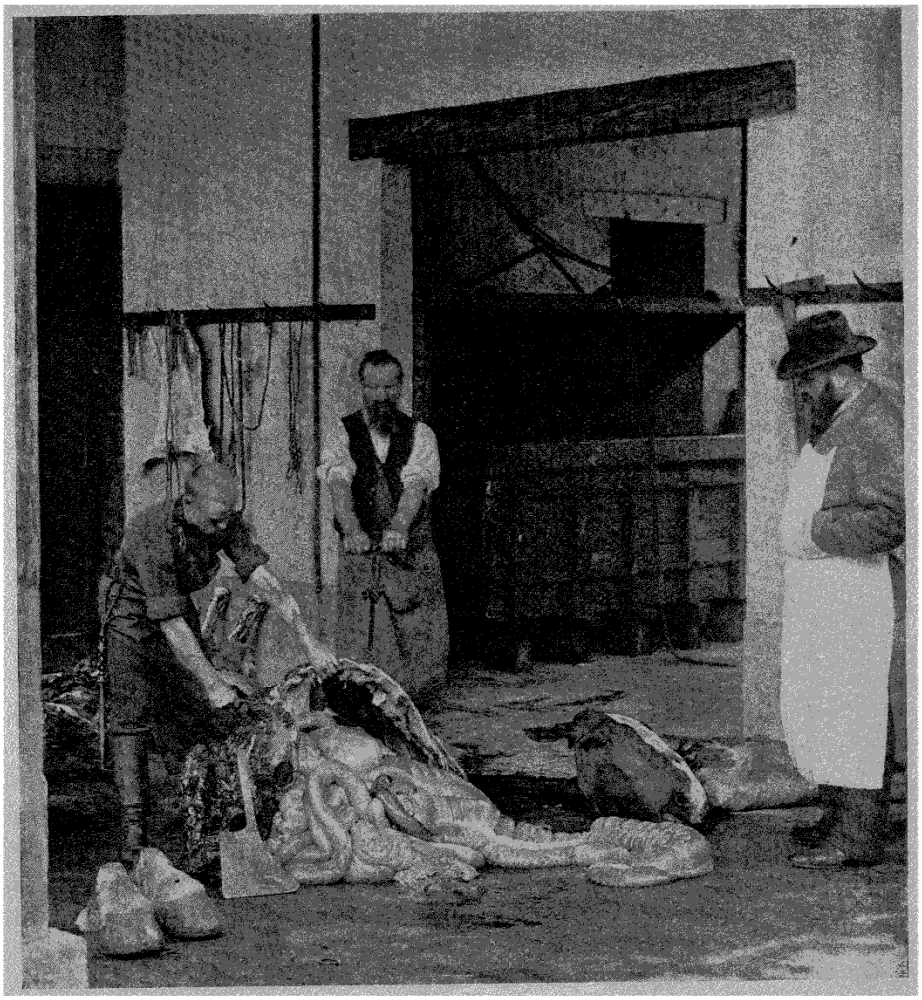
En février 1897 s'ouvrait également à Marseille, grâce à l'initiative de MM. Boyer, adjoint au maire, et Huon, vétérinaire inspecteur de la ville, un clos d'équarrissage, installé par M. Flocart sur les mêmes plans que celui de Genève, et qui a dans l'année 1897, c'est-à-dire dans la première année de son fonctionnement, fait disparaître 150 tonnes de viande.

Je citerai encore M. Bergerault-Lecomte, fabricant d'engrais à Beaulieu, près Loches (Indre-et-Loire), qui, depuis plusieurs années, traite environ 140 tonnes de viande par an, et M. Jourdan, à Saint-Martin-d'Hères, près de Grenoble, qui a obtenu le droit exclusif d'équarrissage dans un rayon de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

30 kilomètres autour de cette ville. D'autres clos d'équarrissage à l'acide ont été montés à Romans (Drôme), à Nantes, etc.

L'application du procédé de M. Aimé Girard réalise un véritable progrès



Clos d'equarrissage de Genève.
Hangar d'équarrissage. Cuve à acide.

sur les méthodes anciennes, ainsi que j'ai pu le constater en visitant, à Genève, l'atelier construit sur les indications de M. Flocart. Les règles de l'hygiène y sont scrupuleusement observées; les animaux, les viandes saisies, les abats,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

arrivent en voitures couvertes qui sont désinfectées aussitôt après qu'elles ont été débarrassées de leur chargement.

Les animaux sont, aussitôt après dépeçage, et même avant dépeçage, dans le cas où ces animaux sont morts de la morve ou du charbon, immergés dans l'acide sulfurique. L'odeur un peu fade des matières traitées par l'acide sulfurique, l'odeur des gaz dégagés par l'attaque du phosphate sont les seules que l'on perçoive.

Au centre d'un élégant jardin se trouve le bâtiment d'équarrissage, comprenant un hangar où l'on dépèce les animaux que l'on doit traiter, une pièce, fermée par des claies de bois et renfermant trois cuves à acide, une autre qui sert de magasin à acide, une autre enfin qui forme le laboratoire des autopsies et le bureau. Au fond du jardin se trouvent, d'une part, les remises, les écuries de séquestre, la fourrière; d'une autre, les bâtiments où se fabrique et où s'emmagasine le superphosphate *animalisé*.

Les cuves, construites sur les indications de M. Flocart, ont une capacité de plus de 2 mètres cubes (1^m de profondeur $\times$ $1^m,10$ de largeur et $\times$ $2^m,20$ de longueur); elles sont en sapin, doublées d'une feuille de plomb de 5 millimètres; elles portent à la partie supérieure une gouttière en bois de $0^m,15$ de largeur et de profondeur, soutenue par des consoles et des équerres en fer, et dans laquelle s'enfoncent les rebords du couvercle. Celui-ci, garni de charnières, peut être relevé aisément au moyen d'une poulie différentielle à chaîne. Pour fermer la cuve et empêcher l'hydratation de l'acide sulfurique par l'air humide, M. Aimé Girard avait conseillé de remplir d'huile lourde de houille la gouttière dont il a été parlé plus haut. M. Flocard a substitué à cette huile lourde un mélange de graisse et d'huile. Comme il est difficile que le liquide de la gouttière ne vienne pas accidentellement se mélanger à la graisse qui surnage la cuve, on évite de cette façon de souiller cette graisse d'un produit étranger.

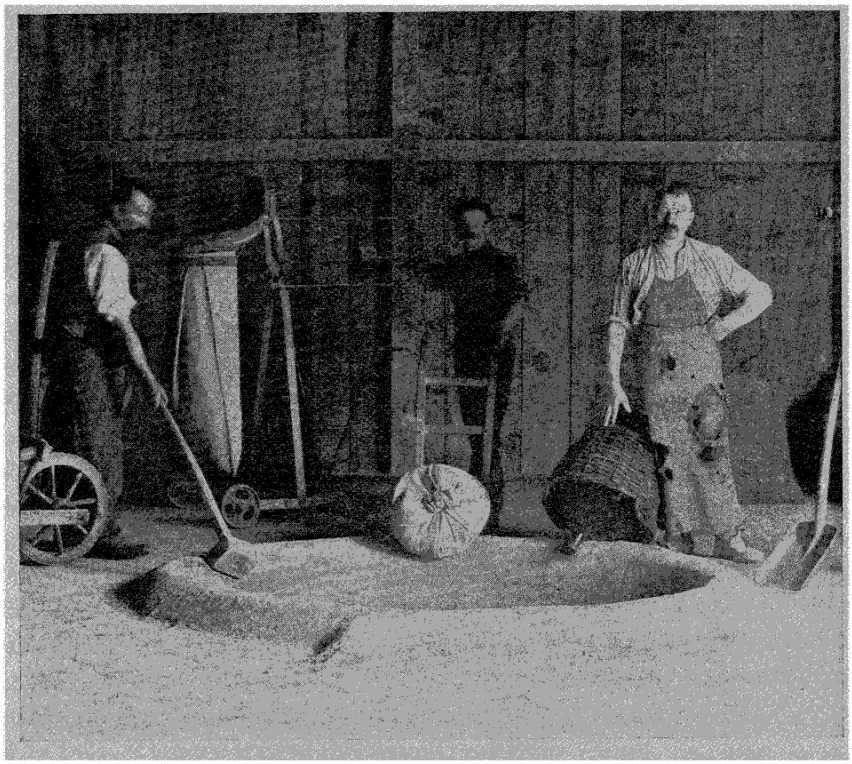
On introduit dans la cuve les viandes que l'on veut traiter jusqu'à concurrence de 1500 kilogrammes. Pour éviter que, sous l'influence de la poussée des gaz, les viandes immergées ne remontent à la surface, on les recouvre de lourdes plaques de plomb; celles-ci sont munies de trous, de façon qu'elles puissent être repêchées plus aisément. On verse ensuite l'acide sulfurique, en basculant la bonbonne au-dessus de la cuve. L'acide sulfurique employé marque 66° $B^é$.

Malgré le prix plus élevé auquel il est vendu, M. Flocart le préfère à l'acide à 60° que M. Aimé Girard avait proposé; la saturation de l'acide par la matière animale dépend en effet de l'hydratation de celle-ci; quand la densité de l'acide est tombée à 40-42° $B^é$, celui-ci ne dissout plus rien; il y a donc avantage à prendre un acide de haute concentration, de façon à avoir un engrais aussi riche que possible en matière azotée. La quantité d'acide employé représente à

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Genève et à Marseille 80 à 90 kilogrammes par 100 kilogrammes de viande.

Au bout de vingt-quatre heures en été, la viande est complètement dissoute. En hiver l'opération est plus longue; M. Flocart conseille d'entourer la cuve de paille, de façon à éviter le refroidissement; on pourrait avec avantage, je pense, fermer un peu les claires-voies de l'atelier sans nuire à l'aération, et placer dans cet atelier un poêle à coke.



Clos d'equarrissage de Genève.

Fabrication du superphosphate animalisé.

L'acide sulfurique animalisé, le jus, après avoir été débarrassé de la graisse surnageante, est extrait de la cuve au moyen d'un siphon, dont le dispositif ingénieux a été imaginé par M. Flocart, et peut être, à travers une canalisation souterraine, envoyé à l'atelier du superphosphate. A Grenoble, on a muni le fond de la cuve d'un tuyau de plomb destiné à la vidange.

L'attaque du phosphate par l'acide a lieu dans une cuvette en ciment Portland, établie au-dessous du niveau du sol; un râteau en bois permet de faire de l'acide et du phosphate un mélange intime.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La quantite d'azote ainsi introduite dans les superphosphates représente, dans les conditions de travail indiquées ci-dessus, de 1 à 1,2 p. 100, mais, naturellement, cette quantité varie avec les proportions relatives de viande, d'acide et de phosphate employés et même avec la nature des déchets traités. La teneur en azote de l'engrais fabriqué par M. Brunet-Larue a varié, l'année dernière, de 0,58 à 1 p. 100; l'engrais de M. Bergerault-Lecomte en renfermait 0,60 p. 100; celui des ateliers de Marseille et de Genève, de 1,2 à 1,5 p. 100.

La destruction par l'acide sulfurique des germes pathogènes ne peut être mise en doute. MM. le Dr Boinet, professeur à l'École de médecine de Marseille, et Huon, inspecteur vétérinaire, ont voulu, par des expériences personnelles, confirmer l'opinion autrefois émise par le savant Dr Roux; ils ont montré, en opérant sur des viandes d'animaux morts du charbon, de la tuberculose, du rouget, etc., que les bacilles de ces maladies avaient été détruits par l'acide sulfurique et que des cobayes inoculés au moyen de ces solutions acides, étendues et saturées, restaient indemnes. (*Annales d'hygiène publique et de médecine légale*, janvier 1898.)

En dehors du bénéfice que l'équarrisseur peut réaliser sur le prix même de l'engrais fabriqué, on doit compter l'avantage que lui procure la vente de la graisse qui surnage l'acide des cuves, et de la peau, des cornes, sabots, etc., quand la bête peut être dépecée.

Dans ces conditions, on peut considérer que l'application du procédé conseillé par M. Aimé Girard à la destruction des basses viandes et à l'équarrissage, est devenue industriellement pratique. L'utilisation agricole des cadavres des animaux, le bénéfice de la fabrication, la propreté du travail, l'absence d'odeur dégagée, d'eaux à évacuer, l'innocuité microbiologique des produits fabriqués, sont autant de considérations qui doivent fixer l'attention des industriels et des municipalités.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

BIOGRAPHIE

Notice sur la vie et les travaux d'**Aimé Girard**, par **M. L. Lindet**, *Membre du Conseil.*

Dans l'exposé qu'Aimé Girard fit, devant la Société d'Encouragement, de la vie et des travaux de Péligot, il prononça cette phrase : « Péligot vous appartenait de longtemps. » Il voulait rappeler ainsi que l'esprit de ce savant s'était de longtemps attaché à l'étude des problèmes industriels, et qu'il avait choisi notre Société comme lieu d'observation pour être mieux à même de les résoudre. Cette phrase peut être, à quelques années de distance, appliquée à Aimé Girard.

Dès 1852, alors qu'il débutait à peine dans l'étude de la chimie, il fut séduit par l'intérêt que présentaient les questions industrielles soumises à la Société, et, doué d'une facilité remarquable d'assimilation, il entreprit de rendre compte, chaque quinzaine, dans le journal *la Patrie*, des séances de la Société d'Encouragement, et ne cessa de le faire qu'en 1858. Il a donc contribué à faire apprécier par les industriels, par les savants, et par les personnes amies des sciences auxquelles le journal s'adressait, les services que la Société pouvait rendre. La Société gagnerait aujourd'hui à ce que pareille publication fût faite de ses travaux.

A cette époque également, il collaborait à la rédaction du *Bulletin* en lui apportant des études critiques sur certains sujets d'actualité; l'un de ces articles, daté de 1854, est spécialement intéressant; car Aimé Girard, y passant en revue les brevets relatifs à la distillerie de betteraves, alors à ses débuts, prévoit le développement que prendra le procédé de distillation agricole des betteraves proposé quelques mois auparavant par Huot et Champonnois. Celui-ci est, à l'heure actuelle, pratiqué en France dans plus de huit cents fermes.

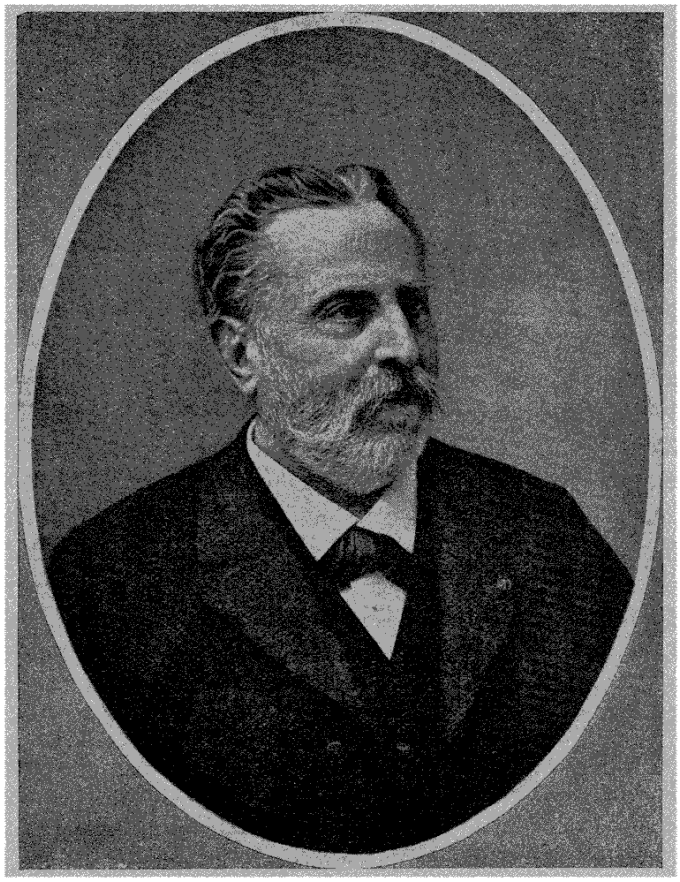
J'ai tenu à citer ces faits parce qu'ils montrent qu'Aimé Girard, même dans les premières années de sa carrière, avait souci de présenter au public l'œuvre des sociétés qu'il jugeait capables d'exercer une influence sur notre industrie, avait également souci de vulgariser les découvertes auxquelles l'avenir était réservé.

Cette tendance, nous la retrouverons plus tard quand il reparut dans la Société avec le titre de membre du Conseil (Section des Arts chimiques), puis avec celui

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de secrétaire, mais en même temps avec le prestige qui lui donnait la réputation d'un savant incontesté et d'un homme de jugement.

Soucieux de faire respecter les traditions de la Société, il écartait tout ce qui pouvait nuire à son bon renom; il s'attachait à lui conserver le caractère d'une



AIMÉ GIRARD

Secrétaire de la Société d'Encouragement, 1889-1898.

sorte d'Académie industrielle, où les inventeurs sont accueillis et leurs découvertes consacrées. Il invitait les industriels à contribuer de leur influence comme de leur bourse au développement du progrès. En 1889 il obtenait des exposants de la classe 50 l'abandon d'un reliquat de comptes et la création d'un prix triennal de 1000 francs. Les humbles de l'industrie, eux-mêmes, n'étaient pas oubliés, et tous les ans, la distribution du prix Fourcade et des médailles d'ouvriers lui donnait l'occasion d'affirmer, souvent en termes émus, toujours avec

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

des paroles élevées, la solidarité que créent ces récompenses entre la Société, les patrons et leurs ouvriers. En 1897, il voulut faire davantage, renchérir sur le prix Fourcade et considérer non plus les ouvriers, restés pendant une longue période au même poste de travail, mais bien ceux qui par leur intelligence et leur volonté ont su s'élever au rang de directeur d'usine ou de chef d'un service important dans un établissement industriel ou agricole, et il proposa à la Société de créer en leur faveur les « médailles Dumas ».

Il put également, du haut d'une tribune plus autorisée, vulgariser comme autrefois les résultats obtenus dans toutes les branches de l'activité industrielle. Les rapports nombreux qu'il fit à la Société, et dont nous donnons plus loin la liste, sont étudiés avec la plus grande impartialité et exposés d'une façon instructive et élégante.

Nous avons voulu, avant de consacrer une notice à la vie et aux travaux d'Aimé Girard, montrer l'intérêt qu'il avait de tout temps porté à notre Société et rappeler, comme l'ont déjà fait d'ailleurs M. Troost et notre président, M. Carnot, les services qu'il y a rendus (1).

I

André Girard, issu d'une vieille famille bourguignonne, fils d'un notaire de Chalon-sur-Saône, acheta lui-même une charge de notaire à Paris, épousa une Franc-Comtoise, M^lle^ Bouillier, qui lui donna, le 22 décembre 1830, un fils, Claude-Aimé Girard.

La science était peu vulgarisée à cette époque, et André Girard s'entendait mal à guider son fils vers les sciences, dont il ne devinait guère l'application. Mais, apportant au service du travail un esprit méthodique et méticuleux, il sut inculquer à son fils les qualités d'exactitude et de précision que nous lui avons connues. « *Semper notare* », disait Aimé Girard aux jeunes gens qui venaient de faire une observation, d'obtenir un résultat d'analyses.

Après avoir fait de solides études au lycée Louis-le-Grand, et pris ses grades universitaires, il se présenta à la limite d'âge et dans de mauvaises conditions de santé à l'École polytechnique. Son échec lui fut sensible; que les déshérités des examens se consolent.

André Girard était assez embarrassé de la direction qu'il allait donner à son fils, quand un ami de la famille, M. Pichon, esprit ouvert à la science, grand admirateur et ami de Pelouze, conseilla de « faire d'Aimé un chimiste » et proposa de le présenter à Pelouze qui l'admettrait à son laboratoire. « Il faut, écrivait-il à André Girard, qu'il fasse du dessin linéaire, en écoutant les cours du Conservatoire, et avec cela qu'il suive les cours de physique et de chimie que M. Pelouze lui indiquera, un bon cours, fait à fond, de mécanique, de métallurgie, de géologie et de minéralogie; Aimé sera dans deux ans, s'il travaille sérieusement, un ingénieur chimiste auquel on n'aura rien à apprendre. Que fera-t-il, avec cela, m'avez-vous dit? Il pourra entrer comme chimiste dans l'usine de M. Kuhlmann. »

(1) *Bulletins* d'avril et de juillet 1898, p. 377 et 787.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

C'est devant cette assurance qu'Aimé Girard, en octobre 1850, débuta dans la carrière scientifique, comme il se plaisait à le raconter, en limant des bouchons au laboratoire de Pelouze.

Ce laboratoire était situé 26, rue Dauphine, et avait remplacé le laboratoire de la rue Guénégaud qu'illustrèrent Barreswill, Margueritte, Reiset, Glénard, Boudault, Cottereau, Mathieu-Plessis. Pelouze, qui avait la préoccupation de l'enseignement par la manipulation, l'avait installé à ses frais, et y admettait les jeunes débutants qui se destinaient à entrer dans l'industrie, comme ceux, qui, déjà instruits, poursuivaient des recherches originales. Alvaro-Reynoso, Claude Bernard, Vée, de Luca, M. Berthelot y avaient publié leurs premiers travaux. Barreswill dirigeait le laboratoire au moment où Aimé Girard commença ses études; Pelletier, puis Moreau, le remplacèrent, et, au départ de ce dernier (1854), ce fut à Aimé Girard que Pelouze confia la direction des vingt-cinq jeunes gens qui travaillaient rue Dauphine.

Ces fonctions qu'il ne quitta qu'en septembre 1857, au moment où Pelouze dut abandonner son entreprise devant les exigences de son propriétaire, cadraient bien avec ses aptitudes et ses goûts : il y trouvait l'occasion d'apprendre et de professer. « Il me fallait, disait-il, me tenir toujours prêt à répondre à l'un, quelle est la température d'ébullition de la benzine; à l'autre, quel procédé il convient d'employer pour séparer le fer du manganèse. » Cette vie au milieu de tout un monde de jeunes manipulateurs convenait à sa gaieté naturelle, à son entrain au travail; ces qualités, il les avait jusqu'à ces dernières années, et ceux qui l'ont connu au laboratoire des Arts et Métiers ou à la ferme de Joinville se rappellent que, devant la besogne matérielle du laboratoire que des recherches scientifiques comportent, il était plus ardent que le plus jeune de ses préparateurs. Le temps passé au laboratoire devait être, pour lui, consacré à l'exécution des plans élaborés dans le cabinet. L'attention que l'on y devait prêter n'excluait pas quelques paroles de gaieté. Aussi, tandis qu'il aimait à s'isoler dans son cabinet, se trouvait-il dépaysé quand, au moment des vacances, le laboratoire était désert, et ne reprenait-il son entrain que lorsqu'il sentait la vie renaître autour de lui

Ce besoin d'être entouré, ce désir d'aider de ses conseils ceux qui travaillaient à ses côtés, tout cela semble avoir été pris à l'école de Pelouze. J'ai retrouvé, dans les papiers d'Aimé Girard, une notice sur la vie de Pelouze qu'il adressait à Dumas, appelé à faire à l'Institut l'éloge de ce savant. Ceux qui ont été les élèves d'Aimé Girard ne sauront distinguer si les quelques lignes que je cite de cette notice se rapportent à Pelouze ou à lui : « Il quittait fréquemment la pièce qui lui servait de laboratoire particulier et faisait la ronde du laboratoire commun, interrogeant et conseillant un à un chacun de ses élèves... C'était sa joie d'échapper aux affaires pour venir humer l'air du laboratoire. Les remarques qu'il nous adressait se gravaient dans la tête avec une netteté ineffaçable; des anecdotes, des bons mots qu'il répétait volontiers, étaient pour nous autant de moyens mnémotechniques. Près des analystes, il était d'une sévérité extrême; un filtre mal fait, un verre malpropre attiraient au négligent une observation souvent narquoise, mais faite toujours avec bonhomie et avec intérêt. Si dans le résultat qu'on lui annonçait il apercevait une niaiserie, s'il s'agissait d'une réaction obscure, il devenait moqueur et nous n'avions pas besoin d'un long discours pour savoir qu'il fallait changer de route; mais en face d'une réaction élégante et précise, en face d'un produit bien cristallisé, sa figure s'illuminait, et il allait disant : « Voyez ce qu'un tel vient de faire. »

Semblable analogie entre la tenue du maître et celle de l'élève dans leur labora-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

toire ne saurait être méconnue. Il semble qu'Aimé Girard vient de faire son propre éloge, tant il est vrai qu'on admire chez ceux qu'on aime les qualités qu'on leur ambitionne ou qu'instinctivement on leur a prises.

Les premiers travaux d'Aimé Girard sortirent du laboratoire de Pelouze; l'élève s'acquittait vis-à-vis de son maître. Il n'avait pas vingt-deux ans quand il faisait paraître sa première note sur les combinaisons que le sesquioxyde d'uranium forme avec l'acide sulfureux et avec l'acide pyrophosphorique; puis la seconde, relative à la préparation d'arsénites sesquibasiques de nickel, de cobalt et d'argent, au moyen des sels ammoniacaux; ce travail le conduisit, une année plus tard, à la découverte d'un arsénite d'argent ammoniacal.

Aimé Girard fit, la même année, en 1853, une découverte d'un ordre plus élevé, qui devait attirer sur lui l'attention des hommes de science; en réduisant l'acide picrique par le sulfhydrate d'ammoniaque, il obtint le dinitramidophénol $C^6H^2(AzO^2)^2AzH^2OH$, qu'il nomma acide picramique, et que Wœhler, qui l'obtint en présence du protochlorure de fer, désigna sous le nom d'acide nitrohématique. Aimé Girard démontra, en 1856, l'identité des deux acides.

En 1856 également, Aimé Girard tenta d'obtenir une matière organique ternaire en faisant agir l'hydrogène naissant sur le sulfure de carbone. Il aboutit à la production du trisulfométhylène $C^3H^6S^3$, et comme conséquence à celle du trioxyméthylène $C^3H^6O^3$, de Bouttlerow (triméthanal). Plus tard, en 1870, il publia les combinaisons que le trisulfométhylène forme avec le bichlorure de mercure et le nitrate d'argent.

Jusque-là les préoccupations d'Aimé Girard s'étaient confinées dans le domaine de la chimie pure. L'Exposition de 1855 lui fit lever les yeux vers l'industrie; chargé par un journal (*le Globe industriel et artistique*) de rendre compte du développement pris par les arts chimiques, céramique, verrerie, photographie, produits chimiques, il s'assimila avec une prodigieuse facilité des questions nouvelles pour lui et présenta aux lecteurs, avec une témérité que seule la jeunesse donne, un tableau exact de l'industrie chimique en 1855, qu'il a reproduit dans un livre, très rare aujourd'hui.

En outre, et dès 1852 jusqu'à 1858, Aimé Girard fit, dans le journal *la Patrie*, les comptes rendus de la Société d'Encouragement à l'Industrie nationale.

J'ai cité ces deux faits parce que je considère qu'ils n'ont pas été étrangers à l'orientation industrielle qu'Aimé Girard a, dès cette époque, donnée à ses travaux.

La première trace scientifique de cette orientation apparaît avec la publication de recherches faites en commun, de 1855 à 1864, avec son ami M. Davanne, sur la photographie. Aimé Girard avait compris quels services la science, l'art et l'agrément allaient pouvoir demander à cet art nouveau. Toutes les opérations, alors si délicates, du salage, de la sensibilisation, du fixage, du virage, furent étudiées scientifiquement par les deux collaborateurs; les causes d'insuccès si fréquentes furent expliquées, et purent dès lors être évitées; le photographe fut en outre mis à même de revivifier les épreuves altérées, il apprit à récupérer l'argent et l'or de ses résidus.

L'habileté qu'Aimé Girard avait acquise dans l'art photographique lui valut la mission d'aller en 1860, avec le capitaine Laussedat, aujourd'hui membre de l'Institut, faire l'observation chronophotographique de la fameuse éclipse solaire du 18 juillet.

Préoccupé par d'autres travaux et, je puis le dire, attristé de voir que ses recherches n'avaient pas été appréciées du monde savant, il se contenta de suivre les progrès réalisés chaque jour en photographie et renonça à les provoquer. Il n'abandonna pas

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

cependant l'art de sa jeunesse, et plus tard, quand il eut besoin de montrer à ses auditeurs des coupes de végétaux, des amidons, des fibres, des levures, des mycodermes, ou d'autres organismes, il eut recours à la photographie microscopique, et à la projection de l'épreuve obtenue. L'appareil imaginé par Aimé Girard a servi de modèle à ceux que l'on construit aujourd'hui.

II

Quand le laboratoire de Pelouze fut fermé, Aimé Girard entra au laboratoire de Dumas, à la Sorbonne, qu'il quitta six mois après pour prendre les fonctions de conservateur des collections de chimie et de minéralogie à l'École polytechnique (5 mars 1858), en remplacement de Munier.

C'est à ce titre qu'il fut appelé à s'occuper des manipulations des élèves; il retrouvait dans ce travail en commun les joies qu'il avait connues au laboratoire de Pelouze. Il s'acquitta d'une façon si remarquable de ses fonctions, et sut si bien attirer la sympathie de ses chefs que, le 17 avril 1862, il fut nommé répétiteur supplémentaire, et le 18 juin 1864, répétiteur adjoint du cours de chimie, professé par Regnault.

D'autre part, le Dr Gervais (de Caen), qui dirigeait avec une haute autorité l'École supérieure du commerce, créa à cette école un cours de chimie et le confia à Aimé Girard. L'École supérieure du commerce qui, à cette époque, constituait, entre les mains de la famille de Blanqui, une entreprise privée, traversait une période de grande prospérité.

A la mort de Gervais (1867), la suppression de l'École fut presque décidée; Aimé Girard, craignant de voir disparaître l'œuvre de celui qu'il affectionnait, accepta les fonctions de directeur intérimaire, et deux ans plus tard, il obtint de la Chambre de commerce de Paris qu'elle prît la direction effective de cette École.

Aimé Girard avait conservé le meilleur souvenir de son passage à l'École du commerce. Son cours de chimie générale et d'analyse chimique, qu'il soignait dans ses moindres détails, lui avait donné l'occasion si recherchée de professer. La direction qu'il avait acceptée dans des circonstances particulièrement délicates, cette négociation qu'il avait habilement conduite, l'avaient mis aux prises avec les difficultés des affaires et lui avait permis de regarder de plus près l'humanité. Enfin, il avait trouvé en Gervais (de Caen) un maître et un guide. D'une volonté qui ne connaissait pas d'obstacles, d'une tenue austère, Gervais (de Caen) sut exercer sur Aimé Girard une réelle impression, dont celui-ci ne chercha jamais à secouer le souvenir et à laquelle, au contraire, il attribuait en partie l'évolution de son caractère.

A la même époque, il rencontra Foucault, et celui-ci ne contribua pas moins que Gervais (de Caen) à préparer Aimé Girard aux luttes de la vie. Foucault avait apprécié les articles d'Aimé Girard dans la *Patrie* et n'avait pas hésité à lui demander de le suppléer au *Journal des Débats* dans la chronique scientifique. Mais Foucault n'abandonnait pas pour cela le journal et exerçait un contrôle incessant; il se montrait, pour le fond comme pour la forme, un juge sévère mais paternel, critiquait que dans un même article où Aimé Girard parlait à la fois de Ch. Sainte-Claire Deville et de Pasteur il donnât « plus d'importance aux éternuements du Vésuve qu'aux théories du bon

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

vinaigre », proposait de substituer un adjectif à un autre, préférait telle tournure de phrase à telle autre. « Vous êtes satisfait de cette phrase? disait Foucault. Eh bien, effacez-la, c'est qu'elle est mauvaise. » Quelquefois Foucault se fâchait, trouvait l'article « impossible » et se montrait « bien affecté ». Mais d'autres fois, sa satisfaction éclatait. « Qui a fait cet article? écrivait-il à Aimé Girard; quel qu'il soit, je le déclare rédacteur au *Journal des Débats*. »

Aimé Girard reconnaissait que cette rigueur lui avait été profitable, elle lui avait appris à être sévère vis-à-vis de son style, et que de fois l'ai-je entendu dire, à lui-même ou à d'autres : « Foucault ne m'aurait pas laissé passer ça! » C'est là d'ailleurs une preuve de haute intelligence que de se laisser convaincre par les conseils de ceux qui vous veulent du bien. « Si je fais, disait Aimé Girard, une observation à un imbécile, il se froisse, s'en va et j'en suis débarrassé; si c'est un homme intelligent, il m'écoute et m'en sera plus tard reconnaissant. »

Les nouvelles fonctions qu'il venait d'accepter, tant à l'École polytechnique qu'à l'École supérieure du commerce, ne sollicitaient guère Aimé Girard à abandonner les recherches de chimie pure, et en effet ce fut dans le laboratoire de l'École polytechnique qu'il réalisa les remarquables travaux de chimie organique qui lui valurent, en 1874, le prix Jecker.

Après avoir, avec Cloez, signalé la présence du chlore et du soufre dans le caoutchouc naturel de Para, de Java, etc. (1860); avoir indiqué un procédé pour doser l'acide phosphorique dans les phosphates chargés de fer et d'alumine, procédé auquel la pratique des laboratoires a substitué depuis le procédé au citrate d'ammoniaque (1862); avoir étudié la nature des dépôts formés dans les chaudières d'évaporation du vesou de la canne; avoir étudié la solubilité dans l'alcool des sulfates alcalins et alcalino-terreux (1864), il découvrit dans la sève des laits du caoutchouc du Gabon, appelé *N'Dambo*, un principe sucré nouveau, cristallisable, inactif à la lumière polarisée, fusible à 205°, volatil, auquel il a donné la formule $C^8H^{16}O^6 + 3H^2O$; il montra, en le traitant par l'acide iodhydrique, qu'il renferme un groupe méthyle [on admet aujourd'hui qu'il en renferme deux : $C^6H^{10}O^4(O.CH^3)^2$] et qu'il fournit un sucre $C^6H^{12}O^6$, qu'Aimé Girard a appelé le *dambose* et que M. Maquenne a récemment identifié avec l'inosite inactive. Plus tard, en 1871, Aimé Girard rencontrait, dans le caoutchouc de Bornéo, l'éther monométhylé de cette même inosite (Bornéo-dambose) $C^6H^{11}O^5.OCH^3$, qu'il a appelé *bornésite;* puis en 1874, dans le caoutchouc de Madagascar, l'éther monométhylé de l'inosite active ou β-inosite (Matézo-dambose) auquel il a donné le nom de *matézite*.

En 1869, il obtint, dans l'oxydation du pyrogallol par le permanganate de potasse, une matière rouge, qui se sublime vers 200° en aiguilles brillantes et à laquelle il a donné le nom de *purpurogalline*.

Aimé Girard n'abandonna pas toutefois la chimie appliquée vers laquelle il avait, dès le début de sa carrière, tourné ses regards. Les relations affectueuses qui s'étaient établies entre Barreswill et lui ne pouvaient qu'accentuer cette tendance, et en 1855, les deux amis décidèrent de publier un dictionnaire de chimie industrielle. Ils surent grouper autour d'eux des collaborateurs tels que Berthelot, de Lucas, Liebig, Riche, Balard, Bouilhet, Davanne, Decaux, Dubrunfaut, Girardin, Hervé-Mangon, Poggiale, Sainte-Claire Deville, Troost, Salvétat, etc. Le dictionnaire ne fut terminé qu'en 1864; les noms que je viens de citer font l'éloge de l'ouvrage, et j'ajoute que la pondération

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

entre les différents chapitres a été parfaitement observée par ceux qui avaient la direction de cette publication; mais la chimie industrielle a, depuis cette époque, subi tant de transformations que nombre d'articles ne sont intéressants aujourd'hui qu'au point de vue documentaire.

Diverses missions, qui lui furent confiées, devaient encore augmenter, chez Aimé Girard, le désir qu'il avait de se consacrer à la chimie industrielle. Membre du jury de l'Exposition de Londres (1862), de l'Exposition internationale de Porto (1865), de l'Exposition universelle de Paris (1867), de l'Exposition d'Amsterdam (1869), il rapporta de chacune de ces expositions des connaissances nouvelles, et surtout cette conviction que la science s'ennoblit au lieu de s'abaisser, en s'attaquant aux problèmes industriels et agricoles; car elle acquiert l'estime et la reconnaissance de ceux qu'elle enrichit.

III

En 1871 commence la dernière et la plus belle période de la vie d'Aimé Girard; au lendemain du siège de Paris, après avoir vaillamment rempli son devoir comme inspecteur en chef du service des torpilles et fougasses, il allait reprendre ses fonctions à l'École polytechnique quand Payen mourut. La chaire de chimie industrielle, au Conservatoire des arts et métiers, devenait vacante. L'ambition d'Aimé Girard allait être satisfaite. De longue date il avait su se ménager des attaches et des amitiés dans l'industrie; il sentait que, plus que tout autre, il pourrait faire profiter le grand public de ce qu'il avait appris. Il aimait professer; il allait avoir un laboratoire où il pourrait faire pour les jeunes gens ce que Pelouze avait fait pour lui. Aucune chaire ne pouvait mieux convenir à ses connaissances et à son talent. Le conseil des professeurs le comprit et le préféra à ses concurrents, parmi lesquels cependant figurait un des savants les plus estimés, et Aimé Girard fut nommé, le 5 septembre 1871, professeur au Conservatoire des arts et métiers.

En 1876, la compétence d'Aimé Girard dans toutes les questions industrielles s'imposait et, quand le ministre de l'Agriculture, M. Teisserenc de Bort, réorganisa, à Paris, l'Institut national agronomique de Versailles, il pria Aimé Girard d'y professer la technologie agricole (9 août 1876).

C'est donc dans ces deux chaires du Conservatoire des Arts et Métiers et de l'Institut national agronomique qu'il eut la satisfaction de professer, soignant sa parole comme il soignait son style, conservant même la tradition de la période oratoire qu'il admirait chez Dumas, préoccupé d'intéresser et d'instruire ses auditeurs en les tenant sous le charme de sa parole élégante; il fut un des professeurs les mieux appréciés. Mais ceux qui ne l'ont pas approché et qui se contentaient de jouir des résultats acquis, ne peuvent se douter des efforts que chaque leçon avait demandés pour sa préparation; ces phrases qui semblaient sortir sans efforts, ces démonstrations de faits ou d'appareils qui semblaient si simples à comprendre, ces aperçus sur la situation économique d'une industrie, découlant naturellement des considérations qui les avaient précédés, tout cela était étudié avec une minutie que seuls ceux qui n'ont pas été appelés à enseigner pourraient juger excessive. Rien n'était laissé au hasard; les expériences nombreuses, qui lui permettaient d'intéresser et de reposer ses auditeurs,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

étaient répétées d'avance, si simples qu'elles fussent. « Il faut, disait-il à ses préparateurs, s'assurer que les allumettes prennent et que la carafe coule. »

Mais ce qui me paraît le plus intéressant à signaler dans sa carrière de professeur, c'est sa préoccupation d'apporter à ses auditeurs des chiffres d'analyse, obtenus par lui, des théories reposant sur des expériences personnelles; car cette préoccupation a été l'instigatrice de ses travaux; et cela est si vrai, qu'on l'a vu, à partir de 1876, au moment où il abordait la chaire de l'Institut agronomique, donner une nouvelle orientation à ses recherches. Ce ne sont plus les marais salants, le papier, le caoutchouc, la bière qui le préoccupent exclusivement; ses recherches visent, malgré lui, l'industrie agricole et l'agriculture, et se portent sur les blés, les farines, les betteraves, les pommes de terre et les raisins.

Ce fut également la préoccupation de prendre continuellement contact avec l'industrie et l'agriculture qui lui fit accepter les fonctions de membre, de rapporteur, du jury, de président des différentes expositions qui furent réalisées depuis 1871 (Londres, 1872; Vienne, 1873; Paris, 1878; Moscou, 1891; Paris, 1889 et 1900).

Mais sa compétence, son activité, son jugement en matière industrielle furent tels qu'il donna à tous ceux qui l'entourèrent plus qu'il ne reçut d'eux. Aussi toutes les sociétés, toutes les commissions officielles l'appelèrent à elles, le Comité consultatif des arts et manufactures (1877), le Comité des travaux historiques et scientifiques (1877), la Société nationale d'agriculture (1882), le Comité consultatif des stations agronomiques (1883), la Commission des valeurs en douane (1886), la Société d'Encouragement à l'Industrie nationale qui, en 1889, le nomma secrétaire perpétuel en remplacement de M. Péligot, le Conseil supérieur de l'agriculture (1893), etc.

Dans toutes ces sociétés, toutes ces commissions, il se donnait tout entier, faisant de fréquentes communications à la Société d'agriculture, de remarquables rapports au Comité consultatif, de volumineux comptes rendus aux Expositions, et son temps était si remarquablement organisé, sa puissance de travail était telle, que ses occupations multiples n'ont pas retenti sur la publication de ces recherches.

Ce furent tout d'abord des recherches provoquées par les observations qu'il était appelé à faire au cours de ses missions. En 1867, rapporteur de la classe de Céramique à l'Exposition universelle, il avait fait connaître deux procédés pratiques, l'un pour reconnaître la dureté de la couverte des faïences fines, l'autre pour en mesurer la porosité.

Déjà également, en 1865, quittant l'Exposition de Porto pour aller visiter les marais salants de Sétubal, il avait remarqué la singulière façon dont les sauniers travaillent; ils n'évacuent jamais les eaux-mères magnésiennes, et cependant leurs sels sont très purs. Aimé Girard, en 1872, donna de cette méthode une explication élégante; au fond du marais se trouve un feutre de conferves qui dialyse vers le sol les sels magnésiens. Il présenta cette remarque, encadrée dans une étude complète de l'industrie saunière au Portugal.

Rapporteur de la classe du Papier à l'Exposition de Londres (1872), il appela l'attention des fabricants sur les avantages que comporte l'addition, aux pâtes de chiffons, de la pâte de sparte et de la pâte de bois décreusée à la soude. Il signala les inconvénients que présente la charge des papiers en matières minérales ou en bois moulu. Il indiqua qu'il suffit, pour reconnaître la présence du bois moulu, de mouiller le papier avec de l'acide sulfurique. Il conseilla l'emploi du dynamomètre pour mesurer

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

la résistance du papier. Plus tard, en 1875, il étudia de plus près les différentes fibres qui entrent dans la confection du papier, définit les qualités qu'elles doivent offrir pour être *papetières* et montra les transformations que font subir aux fibres les différents engins de la fabrication.

C'est évidemment l'étude qu'il fit à ce moment des fibres végétales qui l'engagea à rechercher la cause de la friabilité du vieux linge, des vieilles cordes, etc. (1875-1879). Il vit que la cellulose, sous l'influence de certains réactifs, même faibles, fixe une molécule d'eau; se transforme en *hydrocellulose* et devient friable. L'hydrocellulose, comme la cellulose, forme une série de composés nitrés, d'autant plus solubles dans le mélange d'alcool et d'éther qu'ils sont moins explosifs. Le pyroxyle d'hydrocellulose peut être broyé, comprimé dans un tube et produire, à volume égal, des effets explosifs plus considérables que le pyroxyle ordinaire.

Rapporteur, à l'Exposition de Vienne (1873), de la classe de la Brasserie, il publia une remarquable étude sur la fabrication des bières basses, que nos brasseurs ne connaissaient guère en France à cette époque, malgré les travaux théoriques de Pasteur.

Voici maintenant un travail dont les premiers résultats étaient certainement destinés aux auditeurs du Conservatoire des Arts et Métiers. Avec son préparateur, H. Morin, il entreprit d'analyser les pyrites du Rhône (Chessy et Saint-Bel), du Gard (Saint-Julien, Saint-Florent, etc.), de l'Ardèche (Soyons), et de les comparer, non seulement sous le rapport de la teneur en soufre, mais aussi sous le rapport de la teneur en carbonate et en fluorure de calcium, en arsenic, etc., aux pyrites belges, norvégiennes, espagnoles, etc. (1875).

Au moment où l'emploi du saccharimètre allait devenir la base de l'impôt et par conséquent des transactions commerciales (1875), Aimé Girard crut devoir, en collaboration avec M. de Luynes, déterminer, d'une façon plus rigoureuse qu'on ne l'avait fait jusque-là, le pouvoir rotatoire du saccharose et en déduire le *poids normal*, c'est-à-dire le poids de sucre qui, chimiquement pur, dissous dans 100 centimètres cubes, donne une rotation de 100° saccharimétrique. Les chiffres déterminés par ces savants ($\alpha D = 67°18'$, et poids normal $= 16^{gr},19$) ont été, en France, obligatoires depuis 1875. Mais la construction des saccharimètres s'est, dans ces dernières années, singulièrement améliorée; aussi MM. Aimé Girard et de Luynes s'étaient-ils, l'année dernière, proposé de vérifier leurs chiffres de 1875. Le travail, commencé en commun, vient d'être achevé par M. de Luynes.

L'étude optique qu'il avait faite du saccharose engagea Aimé Girard à rechercher, en collaboration avec Laborde, si les sucres réducteurs contenus dans les mélasses exercent une influence sur l'observation saccharimétrique (1876). Aimé Girard montra, en outre, que le sucre réducteur formé au cours du raffinage provient de l'action de l'acide glucique sur le saccharose (1876). Enfin il décrit un procédé de dosage des sucres réducteurs qui rend de grands services, principalement dans l'analyse des mélasses colorées, et qui consiste à recueillir l'oxydule de cuivre, déposé de la liqueur cupropotassique, et à le peser à l'état de cuivre réduit par l'hydrogène (1877).

Vers la même époque, Aimé Girard entreprit une étude sur la composition des laits de caoutchouc et sur leur coagulation; il vit que l'on peut, par un barattage et en chauffant légèrement le liquide, amener la soudure des globules; mais les difficultés qu'il a eues à se procurer des laits non coagulés ont retardé la publication de ces résultats dont l'auteur de cette notice vient de rendre compte à la Société.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La chaire de l'Institut agronomique avait, comme celle du Conservatoire, ses exigences; Aimé Girard s'aperçut bien vite que les documents sur lesquels il était obligé d'établir son cours présentaient bien des lacunes, et ses travaux furent dirigés dès lors vers l'industrie agricole.

En 1882, l'insuffisance des récoltes de raisins avait engagé plusieurs vignerons à fabriquer des vins de marcs ou vins de deuxième cuvée. Aimé Girard montra le parti que l'œnologie pouvait tirer de cette pratique ; les seconds vins, surtout si l'on a soin d'ajouter l'eau sucrée sur les marcs simplement décuvés, renferment la moitié et quelquefois les deux tiers des éléments dissous dans les premiers.

Arrêté au milieu de ce travail par un manque de confiance dans les procédés proposés jusque-là pour doser le tannin, il imagina de fixer ce tannin sur des boyaux de mouton (cordes harmoniques) et d'estimer la teneur en composés tanniques d'après l'augmentation du poids de la matière sèche (1882). En 1895, à propos de recherches nouvelles sur les raisins, faites en collaboration avec M. Lindet, il réétudia le procédé et y apporta quelques légères modifications susceptibles de lui donner une plus grande exactitude.

En 1883, au moment où Pasteur étudiait la bactéridie charbonneuse à la ferme de Joinville, Aimé Girard fut frappé des dangers que peut occasionner l'enfouissement des animaux morts de maladies contagieuses. Il proposa de dissoudre le corps de ces animaux, sans même le dépecer, dans l'acide sulfurique froid et d'utiliser cet acide sulfurique azoté à la fabrication du superphosphate. Aimé Girard a eu la satisfaction de voir que ce procédé avait été, comme il l'avait prévu, adopté par l'équarrissage. A Genève, à Marseille, à Roanne, à Grenoble, etc., le procédé Aimé Girard est appliqué industriellement et rend, au point de vue hygiénique, de grands services aux municipalités.

L'étude du blé, de la mouture et de ses produits, est une de celles qui, pour Aimé Girard, ont présenté le plus d'intérêt et auxquelles il s'est consacré avec le plus de satisfaction. Son travail sur la composition et la valeur alimentaire des diverses parties du grain de blé publié en 1884, sut établir aux yeux de tous sa compétence, et dès lors, il n'y a pas eu de questions scientifiques ou administratives, relatives au blé, à la solution desquelles Aimé Girard ne soit pas intervenu.

La publication des recherches auxquelles je viens de faire allusion, et qui ont demandé plusieurs années de travail, eut un retentissement d'autant plus grand que la meunerie française, soucieuse, devant la concurrence étrangère, d'améliorer son outillage, hésitait à ce moment à adopter les moulins à cylindres métalliques qui décortiquent mieux le grain que les meules, séparent mieux l'enveloppe et le germe. Or, Aimé Girard, après avoir déterminé la proportion de chacun des téguments du grain, en avoir étudié la composition chimique, montrait que l'enveloppe et le germe, qui ne peuvent être assimilés par le tube digestif de l'homme, qui, du fait de la céréaline, rendent le pain bis, doivent être rejetés des produits de la mouture.

Un grand mouvement se produisit alors; la Chambre syndicale des grains et farines organisa, sous les auspices du gouvernement, un concours (1884), auquel elle convia les constructeurs d'appareils et d'engins nouveaux. Elle remit à chacun d'eux une même quantité de blés identiques et ce fut Aimé Girard à qui le ministère de l'Agriculture confia la mission de juger le concours par l'examen des farines obtenues chez chacun des concurrents. La supériorité des farines produites au moyen des cylindres s'affirma nettement; celles-ci renfermaient moins de particules de son et de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

germe que les farines de meules, et produisaient, comme l'expérience entre les mains de M. Lucas l'a montré, des pains mieux levés et plus blancs.

C'est précisément pour se rendre compte de l'importance relative des débris d'enveloppes dans ces différentes farines, qu'il imagina un procédé qui, faisant disparaître successivement le gluten et l'amidon, concentre les débris sous un petit volume, permet de les compter au microscope et d'estimer même, d'après leur nature, les inconvénients qu'ils présentent pour la panification. Ce procédé n'a été publié qu'en 1895, au moment où Aimé Girard fut appelé par M. le ministre du Commerce, à diriger la commission chargée de fixer les nouveaux *types de farine* pour l'apurement des comptes d'admission temporaire.

Il profita en effet des expériences de mouture de blé dur et de blé tendre, qui avaient été, sous les yeux de la commission (1895), faites dans trois moulins distincts, pour soumettre à l'analyse les différents produits du broyage du blé, pris sous leur poids proportionnel. Il montra qu'il existe, entre les rendements de 60 à 65 p. 100, un point limitatif de la mouture en farine propre à la panification; les farines bises, au delà de ces rendements sont plus acides et plus grasses, plus chargées de débris.

Elles sont cependant plus riches en gluten, puisqu'elles représentent le produit moulu de la partie de l'amande qui avoisine l'enveloppe, mais si l'on calcule, comme l'a fait Aimé Girard en 1896, à propos d'une campagne de presse pour l'adoption du *pain complet*, l'enrichissement en gluten que l'addition de ces farines produit dans le mélange des farines blanches, on voit que cet enrichissement est insignifiant et qu'il ne compense pas la mauvaise qualité des pains fabriqués. Et même, étant donné que les farines bises retiennent à la panification plus d'eau que les farines blanches, on se trouve avoir avec les premières un pain moins nourrissant qu'avec les secondes.

Les avantages que l'on attribue à la présence d'une forte proportion de phosphates dans les farines bises sont moins discutables; mais Aimé Girard a fait remarquer que l'on trouve, dans les rations d'aliments variés que prennent les ouvriers les moins fortunés, une quantité d'acide phosphorique bien supérieure à celle que les physiologistes considèrent comme nécessaire à notre alimentation.

Enfin, en 1895, Aimé Girard, frappé de l'infériorité de certains blés français vis-à-vis des blés étrangers, entreprit avec M. Fleurent, professeur suppléant au Conservatoire des Arts et Métiers, un travail d'ensemble sur la composition des blés de France, qui sera, par les soins de son collaborateur, publié prochainement.

Aimé Girard a fait connaître, en 1897, la méthode adoptée pour l'analyse de ces blés, en posant tout d'abord ce principe que l'analyse doit être précédée d'une mouture rationnelle et d'un blutage à 70 p. 100 et qu'il convient d'étudier séparément les farines destinées à l'alimentation humaine, et les issues, destinées à l'alimentation animale. — Les farines sont épuisées à l'eau glacée pour éviter que les principes solubles n'augmentent par saccharification. L'amidon, séparé mécaniquement du gluten, est pesé sec après essorage; le gluten est séparé en gliadine et gluténine. — Les *issues* sont soumises à un frottement prolongé, au sein de l'eau glacée, pour détacher l'amidon et le gluten de l'enveloppe proprement dite, etc.

En revenant un peu en arrière, nous retrouvons des travaux exclusivement consacrés à la panification. En 1885, Aimé Girard a montré que la fermentation panaire normale est une fermentation alcoolique, et que l'on peut, d'une pâte *poussée*, extraire l'acide carbonique et l'alcool, fournis par la levure.

Plus tard, en 1893, en faisant usage de thermomètres à maxima, il put mesurer la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

température qu'atteint la pâte dans le four du boulanger, et démontra que, toujours supérieure à 100°, elle garantit l'innocuité des eaux employées au pétrissage.

L'occasion ne s'était pas encore présentée pour Aimé Girard de « s'installer aux champs, dans le vaste laboratoire de l'agriculteur », comme le disait sur sa tombe M. Schlœsing. Cette occasion, il la suscita, en entreprenant ses recherches sur les betteraves. et dès lors, les problèmes culturaux se présentèrent nombreux à son esprit : l'amélioration de la culture de la pomme de terre, l'alimentation du bétail, la désinfection du sol, etc.

Pendant six années consécutives (1881-1887), il suivit, à Joinville-le-Pont, le développement progressif de la betterave à sucre, se proposant d'étudier, aux différentes phases de sa végétation, non seulement la souche de cette plante sucrée, mais encore son appareil aérien et son appareil radiculaire. Il fit élever un terre-plein de 2 mètres de hauteur, qu'il ensemença de betteraves, et dans lequel il vint chercher à époques fixes, les sujets moyens qu'il réservait à l'analyse. Les betteraves étaient suspendues, et à l'aide d'un jet d'eau, on démolissait la terre qui tenait prisonnières les radicelles.

Il a montré qu'à toute époque de son développement, la quantité de matières étrangères au sucre, solubles et insolubles contenues dans la souche, forme un nombre constant. Au fur et à mesure que celle-ci s'enrichit en sucre, elle devient plus sèche, et un jeu de variations intéressantes s'établit entre le sucre et l'eau, quelles que soient l'humidité ou la sécheresse atmosphériques. Depuis la levée jusqu'au 15 juillet, la betterave s'organise et grossit, puis à partir de cette époque, elle accumule du sucre, d'autant plus rapidement qu'elle approche davantage de la maturité.

L'étude du développement progressif de l'appareil foliacé, dont la teneur en matières fixes autres que le sucre varie peu, même sous l'influence de l'humidité et de la sécheresse, devait conduire Aimé Girard à rechercher le mécanisme de la formation du sucre, à définir la saccharogénie.

Des expériences élégantes et des observations nombreuses l'ont amené à conclure que le saccharose prend naissance directement dans les limbes des feuilles, sous l'influence de la lumière solaire; par une journée lumineuse, les feuilles, d'une seule betterave peuvent en élaborer 2 ou 3 grammes. Souvent les pétioles ne suffisent pas à transporter dans la souche le sucre formé dans la feuille, et c'est la nuit, au moment où la faculté saccharogénique des limbes s'arrête, que l'émigration continue.

Grâce aux dispositions spéciales adoptées, Aimé Girard a pu montrer que le pivot et les radicelles s'enfoncent en terre à plus de 2 mètres, et il en a conclu à la nécessité des labours profonds. La surface des radicelles est équivalente à celle de la souche.

C'est à propos de cette étude qu'Aimé Girard a imaginé un procédé ingénieux, qui permet de mesurer avec une exactitude suffisante la surface des parties souterraines des plantes; ce procédé consiste à enrober de fleur de soufre, dans des conditions précises, les radicelles légèrement mouillées, à éliminer le soufre par un lavage, à recueillir celui-ci et à le peser.

En 1884, Aimé Girard observa un dépérissement caractéristique des betteraves cultivées à Joinville-le-Pont; il reconnut que ce dépérissement était imputable à l'invasion des radicelles par une variété d'helminthes, connus sous le nom de nématodes (*heterodera Schachtii*), et dont on n'avait pas encore signalé la présence en France. Il constata l'apparition du fléau dans un grand nombre de localités, et signala le danger

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

qui menaçait la culture. Il vit que les faibles doses de sulfure de carbone ne suffisent pas à arrêter la propagation des nématodes, mais que des doses massives, au contraire, sont alors d'une efficacité complète, quand il s'agit d'attaquer, au milieu des champs, de petites surfaces sur lesquelles le dépérissement des betteraves annonce l'apparition du parasite.

C'est cette efficacité du sulfure de carbone vis-à-vis des nématodes qui engagea Aimé Girard à rechercher si ce même sulfure, employé à la dose massive de 3 000 kilogrammes à l'hectare, ne débarrasserait pas assez complètement le sol de lombrics, d'insectes, etc., pour augmenter l'importance des récoltes. Les essais faits de 1887 à 1892 confirmèrent cette hypothèse.

La même année, l'attention d'Aimé Girard fut attirée par un autre parasite, un cryptogame, le *peronospora Schachtii*, qui s'attaque aux feuilles de betteraves. Frappé de l'analogie que présente ce peronospora avec le *mildew*, il essaya de le combattre au moyen de la bouillie cuivrique, et obtint des résultats indiscutables.

Le point de départ des travaux d'Aimé Girard, aujourd'hui classiques, sur les pommes de terre, fut modeste, ainsi qu'il se plaisait à le rappeler. Il voulut présenter, à son cours de l'Institut agronomique, les échantillons de diverses variétés de pommes de terre, et las de les demander, comme il le faisait chaque année, à un cultivateur ami, il résolut de les produire lui-même, à Joinville. Il constata alors la supériorité que présentaient certaines espèces, sous le double rapport du rendement et de la richesse en fécule; il observa que l'on pouvait améliorer la culture de la pomme de terre et obtenir les mêmes résultats agricoles qu'en Allemagne.

Après avoir étudié, comme il l'avait fait pour la betterave, le développement progressif de la pomme de terre, après avoir imaginé un procédé pour le dosage de la fécule, procédé qui repose sur la quantité d'iode que cette fécule peut, dans certaines conditions, absorber, après avoir enfin, en collaboration avec M. Fleurent, contrôlé la méthode qui consiste à estimer la teneur en fécule des pommes de terre d'après leur densité, et avoir, avec lui, imaginé un *féculomètre*, Aimé Girard se mit résolument à aborder le problème qui le préoccupait.

Pendant quatre années consécutives, tant à Clichy-sous-Bois qu'à Joinville-le-Pont, Aimé Girard pratiqua les procédés culturaux, dont progressivement il avait reconnu l'influence sur les rendements, et en 1889, puis en 1891, il fit paraître, sous le titre de *Recherches sur la culture de la pomme de terre industrielle*, un véritable catéchisme du cultivateur de tubercules.

La profondeur des labours doit assurer le développement libre des radicelles. — Les engrais doivent être appropriés au terrain, et surtout aux exigences de la plante en matières fertilisantes, question sur laquelle il est revenu en 1897, en définissant ces exigences d'une façon plus précise qu'il n'avait pu le faire jusque-là. — L'espace qui sépare les poquets doit être régulièrement déterminé. — La plantation gagne à être hâtive. — La pratique qui consiste à sectionner les tubercules de plant, de façon à économiser la semence, doit être écartée; elle diminue d'une façon considérable, de 20 à 30 p. 100, le rendement à l'hectare; à peine si en réunissant les deux moitiés d'un tubercule coupé, on obtient le même rendemement qu'en plantant le tubercule entier; cette pratique est chez nos cultivateurs tellement courante, qu'il fallut pour convaincre quelques-uns d'entre eux de nouvelles expériences qu'Aimé Girard publia en 1894 et 1896. — On ne doit pas choisir comme tubercules de plant, les petits, dont la puissance

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

productive est évidemment considérable par rapport à leur poids, mais n'est pas encore suffisamment élevée pour donner une récolte semblable à celle que donnent les tubercules moyens. Les gros tubercules ne fournissent pas un rendement notablement supérieur à ces tubercules moyens, et, pour économiser le poids de la semence, ce sont ceux-ci que l'on doit préférer. — La sélection peut être faite aisément, en considérant, d'une part, que les tubercules conservent leurs qualités de reproduction intactes dans toute leur descendance, et que tout tubercule provenant d'un pied à grosse récolte fournit une récolte abondante, et inversement; en considérant d'autre part que le développement de l'appareil foliacé est toujours en rapport avec l'abondance de la récolte que prépare chaque pied, et que l'on peut par conséquent marquer sur-le-champ les poquets qui se présentent forts et vigoureux. — La sélection ne peut être faite ni en choisissant les tubercules les plus lourds ni, comme Aimé Girard l'a montré plus tard (1893), en se basant sur la richesse des tubercules en fécule.

Désirant faire profiter la culture française des résultats acquis, Aimé Girard distribua les semences obtenues à Joinville entre les mains de ceux qu'il a appelés « ses collaborateurs » et obligea ceux-ci à employer ses méthodes de culture; le nombre de ces collaborateurs qui était de 40 en 1889, augmenta chaque année, s'éleva à 100 en 1890, à 350 en 1891, à 600 en 1892, couvrant de leurs champs d'expériences plus de 600 hectares de culture française. Continuellement en rapport avec ces collaborateurs, quelque nombreux qu'ils fussent, il put centraliser leurs résultats, et ces résultats ont appris qu'avec une pomme de terre à haut rendement, la *Richter's imperator*, par exemple, on peut, dans les terres fertiles de toutes les régions de la France, réaliser des rendements de 30 à 45000 kilogrammes à l'hectare, et de 25 à 28000 kilogrammes dans les terres médiocres. Ces collaborateurs ont fait, sur divers points spéciaux, des remarques qui sont venues confirmer les résultats d'Aimé Girard. Celui-ci est resté jusqu'à sa mort en relation avec eux, et à la fin de 1897 il publiait encore les résultats culturaux obtenus dans diverses régions de la France avec différentes variétés de pommes de terre.

Aimé Girard avait en vue de faire profiter de ses belles recherches la distillerie de pommes de terre; il espérait que l'abaissement du prix de revient de la pomme de terre, du fait de l'augmentation de son rendement, ouvrirait aux tubercules les portes de nos distilleries. Nos distillateurs, il faut le reconnaître, et pour des causes qu'il serait trop long d'énumérer ici, ont mal répondu à son appel, et c'est à peine si aujourd'hui la production de l'alcool de pommes de terre correspond au centième de la production totale.

En présence de ces faits, et pour donner à la pomme de terre, menacée déjà par la surproduction, un débouché rémunérateur, Aimé Girard entreprit à Joinville-le-Pont, sur des moutons et des bœufs, des essais d'alimentation au moyen de ce tubercule. Ces essais donnèrent les meilleurs résultats; la pomme de terre, cuite et mélangée à la menue paille, se montra d'un emploi plus économique que la betterave dans l'engraissement des bœufs et des moutons. La viande fut jugée par le commerce de la boucherie de qualité supérieure.

Chemin faisant, Aimé Girard, souvent arrêté par l'apparition dans ses cultures de la maladie de la pomme de terre (*phytophtora infestans*), s'efforça d'en combattre les désastreux effets; il y parvint en 1889 et 1890 au moyen de pulvérisations de *bouillie bordelaise*. Cette pratique se répandit rapidement et rend aujourd'hui les plus grands services à la culture.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Entre temps également, il étudia les bouillies cuivriques, dont les formules avaient été jusque-là proposées, et mesura par des procédés ingénieux l'aptitude relative que chacune d'elles possède à adhérer aux feuilles.

C'est encore dans le même ordre d'idées qu'Aimé Girard a cru devoir, en 1892 et 1893, rechercher à quels dangers la culture s'expose en accumulant, du fait des pulvérisations, sur un même terrain, des quantités quelquefois considérables de cuivre. Il a montré qu'en introduisant dans un sol une dose massive de bouillie cuivrique on n'y diminue pas le rendement des récoltes.

Les questions physiologiques, que ses recherches pratiques le mettaient à même de rencontrer, ne passaient pas inaperçues. C'est ainsi qu'il fit, en 1893, une étude fort intéressante de la migration de la fécule dans les tubercules à repousse.

Aimé Girard reçut en 1893, de la Société nationale d'agriculture, le prix Barotte, destiné à récompenser la découverte la plus importante et la plus profitable à l'agriculture.

En 1893 et 1894, Aimé Girard entreprit avec M. L. Lindet des recherches analytiques sur la composition des raisins des principaux cépages de France, considérés dans toutes leurs parties, rafles, peaux, pulpe et pépins, recherches qu'ils ont complétées en 1895 par l'étude de la maturation progressive de la grappe de raisin. Au cours de ces travaux, et en dehors des résultats chiffrés, MM. Aimé Girard et Lindet ont fait connaître un certain nombre de faits intéressants : le tannin dans les rafles, dans les peaux et dans les pépins est toujours accompagné d'un matière que les auteurs ont reconnu être l'anhydride du tannin ou *phlobaphène ;* celui-ci dont le poids forme avec le poids du tannin une somme sensiblement constante, peut être considéré comme la forme de réserve du tannin. L'huile des pépins est accompagnée de glycérides à acides volatils, qui s'éthérifient aisément ; les peaux renferment, surtout à la fin de la maturation, un produit odorant qui caractérise le cépage d'où ces peaux proviennent.

Des quatre parties qui forment la grappe du raisin, le grain seul s'accroît au cours de la maturation ; la peau se distend, se déshydrate, accumule des matériaux sans changer sensiblement de poids ; les pépins, une fois formés, une fois saturés d'huile, perdent, au sein même de la pulpe, une partie des matériaux qu'ils avaient élaborés ; la pulpe seule, après s'être organisée, s'être chargée de matériaux autres que le sucre, et spécialement de composés acides, s'enrichit en sucre avec une étonnante rapidité, en dextrose d'abord, en lévulose ensuite ; tandis que le poids du bitartrate ne cesse d'augmenter, et que le poids des acides libres, tartrique, malique, etc., du fait de la combustion, diminue. Le mémoire relatif à la maturation de la grappe de raisin, publié au *Bulletin du ministère de l'Agriculture* (1898), est le dernier mémoire rédigé de la main d'Aimé Girard.

J'ai montré qu'Aimé Girard avait, dans les premières étapes de sa carrière scientifique, subi l'empreinte du caractère de ceux qu'il considérait volontiers comme ses maîtres. Il ne les a pas imités ; il n'avait pas l'austérité de Gervais (de Caen), ni l'abord glacial de Foucault, qu'un de ses biographes, Donny, nous représente « sans souplesse de caractère ». Mais il avait, séparant le minerai de sa gangue, su prendre chez chacun d'eux ses qualités maîtresses, les approprier à sa nature, à son tempérament, les rendre compatibles en les réunissant. A Pelouze, il a pris l'affabilité, la bonhomie, l'entrain dans le travail, qualités qui ont fait d'Aimé Girard le meilleur des patrons.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

« Pelouze, a dit Fremy, savait se faire aimer. » Il s'associait aux joies et aux espérances de ses élèves, comme il partageait leurs chagrins et leurs inquiétudes; soucieux de leur avenir, il les suivait dans la vie de ses conseils et de ses vœux. A Gervais (de Caen), il a pris l'énergie virile ; celle-ci a fait de lui plutôt un convaincu qu'un enthousiaste, moins ambitieux que désireux de conserver la situation « honnêtement acquise », ne fléchissant jamais devant un principe, faisant plus facilement une concession aux autres qu'à lui-même, acharné froidement après le but poursuivi et ne se laissant jamais arrêter dans l'exécution matérielle de ses projets. De Foucault, il a conservé une grande sévérité de jugement, qu'il ne manquait jamais d'exercer vis-à-vis de lui-même, se défiant de lui, aussi bien quand il entrait dans l'amphithéâtre, que quand il se préparait à publier une recherche. Puissant et habile au travail, calme devant le résultat toujours trop tôt désiré, conduisant à la fois avec méthode plusieurs études dans des directions différentes, il a pu accumuler des matériaux considérables au bénéfice de la science, de l'industrie et de l'agriculture.

Ses travaux, comme je l'ai dit plus haut, il les a entrepris presque tous dans le désir de présenter à ses élèves des documents qu'il pût juger irréfutables. Chemin faisant, les vues s'élargissaient au delà des limites de son enseignement; mais professeur avant tout, c'était à l'amphithéâtre plutôt qu'à l'Institut qu'il donnait la primeur de ses recherches et même de ses espérances.

L'Institut ne lui en a pas gardé rancune et, le 12 février 1894, l'Académie des Sciences lui donnait, dans la section d'Économie rurale, le fauteuil occupé par Chambrelent.

Mais Aimé Girard ne devait pas jouir longtemps de ce grand honneur. Le 2 avril, en accomplissant un devoir pieux, il fut frappé d'un refroidissement. Malgré une dépression organique, que des indispositions fréquentes et des deuils de famille trop souvent répétés avaient produite, Aimé Girard avait voulu rester à son poste de travail. Le corps était fatigué, le refroidissement devint pneumonie, et la maladie le terrassa le 12 avril 1898.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE DES TRAVAUX D'**Aimé Girard**.

Sur les combinaisons du sesquioxyde d'uranium avec les acides (*C. R.*, 1852, t. XXXIV, p. 22).

Sur de nouveaux arsénites (*C. R.*, 1852, t. XXXIV, p. 918).

De l'action de l'ammoniaque sur quelques arsénites métalliques (*C. R.*, 1853, t. XXXVI, p. 793).

Action de l'hydrogène sulfuré sur l'acide picrique (*C. R.*, 1853, t. XXXVI, p. 421). — Identité des acides nitrohématique et picramique (*C. R.*, 1856, t. XLII, p. 59).

Action de l'hydrogène naissant sur le sulfure de carbone (*C. R.*, 1856, t. XLIII, p. 396). — Sur les dérivés hydrogénés du sulfure de carbone (*C. R.*, 1870, t. LXX, p. 625).

Les Arts chimiques à l'Exposition universelle de 1855 (chez Chaix).

Sur les causes qui amènent l'altération des épreuves photographiques et sur un moyen de les revivifier [*C. R.*, 1864, t. LVIII, p. 634 et 699, *Bull. Soc. phot.*, t. I, p. 98, 122, 161 et 286; t. II, p. 141; t. IV, p. 72, 129 et 292; t. V, p. 8, 71, 154 et 340; t. VI, p. 8 et 215; t. IX, p. 82, 224, 271, 317 et 340; t. X, p. 50 et 110 (en collab. avec M. Davanne)]. — Solubilité des agents chimiques employés en photographie (*Bull. Soc. phot.*, t. III, p. 371). — Décomposition spontanée des feuilles de collodion (*Bull. Soc. phot.*, t. XIII, p. 203). — Modification de l'iodure d'argent sous l'influence de la pression (*Bull. Soc. phot.*, t. XII, p. 88). — Observation photo-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

graphique de l'éclipse solaire du 18 juillet 1860 (*C. R.*, 1860, t. LI, p. 441; *Bull. Soc. phot.*, t. VI, p. 295). — *Procédé au tannin de Russel* (Gauthier-Villars, 1862-1864). — Sur la photographie microscopique (*Bull. Soc. phot.*, 1875, t. XXI, p. 125).

Sur la présence du soufre et du chlore dans le caoutchouc naturel (*C. R.*, 1860, t. L, p. 874).

Sur le dosage de l'acide phosphorique en présence de l'oxyde de fer et des bases terreuses (*C. R.*, 1862, t. LIV, p. 468).

Sur la nature des dépôts formés dans les chaudières d'évaporation du vesou de la canne (*C. R.*, 1862, t. LV, p. 666).

Sur les difficultés que présente la séparation des sulfates au moyen de l'alcool (*C. R.*, 1864, t. LVIII, p. 515).

Sur de nouveaux principes volatils et sucrés trouvés dans les caoutchoucs du Gabon, de Bornéo et de Madagascar (*C. R.*, 1868, t. LXVII, p. 820; 1871, t. LXXIII, p. 246; 1873, t. LXXVII, p. 995).

Sur l'oxydation de l'acide pyrogallique (*C. R.*, 1869, t. XLIX, p. 865).

Dictionnaire de chimie industrielle (en collab. avec Barreswill). (Dezobry, Magdeleine et Tandou, 1861-1864.)

Sur la mesure de la dureté et de la porosité des faïences fines (*Rapport sur l'Exposition universelle de* 1867 (cl. XVII, sect. II).

Étude sur les marais salants et l'industrie saunière au Portugal (*C. R.*, 1872, t. LXXIV, p. 1195; *Ann. Conservatoire des Arts et Métiers*, 1872).

Sur l'emploi en papeterie des pâtes succédanées du chiffon (*Rapport sur l'Exposition universelle de Londres*, 1872. — Étude micrographique du papier (*C. R.*, 1875, t. LXXX, p. 629).

Sur un dérivé par hydratation de la cellulose (*C. R.*, 1875, t LXXXI, p. 1105; 1879, t. LXXXVIII, 1322). — Transformation de l'hydrocellulose en pyroxyles pulvérulents (*C. R.*, 1879, t. LXXXIX, p. 170; *Ann. Chim. Phys.*, 1881, 5e série, t. XXIV, p. 337).

Sur la fabrication de la bière en Autriche (*Rapport sur l'Exposition de Vienne*, 1873).

Étude des pyrites employées, en France, à la fabrication de l'acide sulfurique (*C. R.*, 1875, t. LXXXI, p. 190; *Ann. Chim. Phys.*, 5e série, t. VII, p. 229).

Sur le pouvoir rotatoire du sucre cristallisable et sur la prise d'essai des sucres destinés à l'analyse polarimétrique (en collab. avec M. de Luynes) (*C. R.*, 1875, t. LXXX, p. 1354). — Inactivité optique des sucres réducteurs contenus dans les produits commerciaux (en collab. avec Laborde) (*C. R.*, 1876, t. LXXXII, p. 219 et 417). — Sur la transformation du saccharose en sucre réducteur pendant les opérations du raffinage (*C. R.*, 1876, t. LXXXIII, p. 196). — Dosage des sucres réducteurs dans les produits commerciaux (*C. R.*, 1877, t. LXXXV, p. 800).

Sur la composition des vins de marcs (*C. R.*, 1882, t. XCV, p. 185). — Sur le dosage des matières astringentes des vins (*C. R.*, 1882, t. XCV, p. 227; 1895, t. CXX, p. 358).

Transformation en engrais des cadavres animaux (*C. R.*, 1883, t. XCVII, p. 74; *Soc. nat. d'agric.*, 1883, p. 387, et 1884, p. 425).

Composition et valeur alimentaire des diverses parties du grain de froment (*C. R.*, 1884, t. XCIX, p. 16; *Ann. Chim. Phys.*, 1884, 6e série, t. III, p. 289). — Sur la nature et la qualité des farines de froment fournies par des moutures comparatives entre meules et engins métalliques (*C. R.*, 1884, t. XCIX, p. 380). — Dosage dans les farines des débris d'enveloppes et de germes susceptibles de diminuer la qualité du pain (*C. R.*, 1895, t. CXXI, p. 858). — Composition des farines et issues fournies par la mouture aux cylindres des blés tendres et des blés durs (*C. R.*, 1895, t. CXXI, p. 922). — Sur la valeur alimentaire des pains provenant de farines blutées à des taux d'extraction différents (*C. R.*, 1896, t. CXXII, p. 1309 et 1382). — Sur la composition des blés et leur analyse (*C. R.*, 1897, t. CXXIV, p. 876 et 926).

Sur la fermentation panaire (*C. R.*, 1885, t. CI, p. 601). — Sur la température de cuisson du pain (*C. R.*, 1893, t. CXVII, p. 584).

Recherches sur le développement de la betterave à sucre (*C. R.*, 1886, t. CII, p. 1324, 1489 et 1565; t. CIII, p. 72 et 159). — Recherches sur la saccharogénie de la betterave (*C. R.*, 1883, t. XCVII, p. 1305; 1884, t. XCIX, p. 808). — Sur la mesure superficielle des parties souter-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

raines des plantes (*C. R.*, 1886, t. CII, p. 1257; *Annales de l'Institut national agronomique*, t. X, p. 153, avec atlas).

Sur le développement des nématodes de la betterave pendant les années 1885 et 1886, leurs modes de propagation, leur destruction (*C. R.*, 1887, t. CIV, p. 522 et 585; *Soc. nat. d'agric.*, 1887, p. 417, avec atlas). — Recherches sur l'augmentation des récoltes par l'injection dans le sol de doses massives de sulfure de carbone (*C. R.*, 1894, t. CXVIII, p. 1076). — Destruction du *peronospora Schachtii* à l'aide des composés cuivriques (*C. R.*, 1891, t. CXII, p. 1523).

Développement progressif de la pomme de terre (*C. R.*, 1889, t. CVIII, p. 602). — Dosage de la fécule dans la pomme de terre (*C. R.*, 1887, t. CIV, p. 1629; *Ann. Chim. Phys.*, 1887, 6e série, t. XI, p. 275. — Sur un nouveau féculomètre (en collab. avec M. Fleurent) (*Soc. nat. d'agric.*, 1892, p. 189). — Recherches sur l'amélioration de la culture des pommes de terre. Résultats culturaux. [*Recherches sur la culture de la pomme de terre industrielle*, 1889 et 1891 (chez Gauthier-Villars), avec atlas; *C. R.*, 1889, t. CVIII, p. 412 et 525; 1890, t. CX, p. 176; 1890, t. CXI, p. 957; 1892, t. CXIV, p. 367; 1893, t. CXVI, p. 651; (*Soc. nat. d'agric.*, 1890, p. 55 et 660; 1892, p. 124 et 573; 1893, p. 215, 253 et 312; 1894, p. 315; 1896, p. 250; 1897, p. 629]. — Influence de la richesse en fécule des plants (*Soc. nat. d'agric.*, 1893, p. 510; 1896, p. 215). — Matières fertilisantes nécessaires à la culture intensive de la pomme de terre (*Soc. nat. d'agric.*, 1897, p. 369).

Application à la distillerie agricole des pommes de terre à grand rendement et à grande richesse (*C. R.*, 1890, t. CXI, p. 795). — Application systématique de la pomme de terre à l'alimentation du bétail (*C. R.*, 1894, t. CXIX, p. 26; 1895, t. CXX, p. 969; *Bull. du ministère de l'Agriculture*, 1894, p. 498; 1895, p. 376; *Soc. nat. d'agric.*, 1894, p. 426; 1895, p. 246 et 261; 1896, p. 244).

Emploi des sels de cuivre contre la maladie des pommes de terre (*C. R.*, 1890, t. CX, p. 1089; *Soc. nat. d'agric.*, 1890, p. 306; 1891, p. 222; 1892, p. 309). — Recherches sur l'adhérence aux feuilles de la pomme de terre des composés cuivriques destinés à combattre les maladies (*C. R.*, 1892, t. CXIV, p. 234). — Accumulation dans le sol des composés cuivriques destinés à combattre les maladies parasitaires des plantes (*C. R.*, 1895, t. CXX, p. 1147).

Migration de la fécule de pomme de terre dans les tubercules à repousses (*C. R.*, 18[illegible], t. CXVI, p. 1148).

Composition des fruits du *Phœnix melanocarpa* (*C. R.*, 1896, t. CXXIII, p. 720).

Recherches sur la composition des raisins des différents cépages de France (en collab. avec M. Lindet) (*C. R.*, 1895, t. CXXI, p. 182; *Bull. du ministère de l'Agriculture*, 1895, p. 694). Recherches sur le développement progressif de la grappe de raisin (en collab. avec M. Lindet) (*C. R.*, 1898, t. CXXVI, p. 1310; *Bull. Soc. chim.*, 1898, p. 583 et 585; *Bull. du ministère de l'Agriculture*, 1898), p. 713).

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE DES RAPPORTS FAITS par **Aimé Girard** *à la Société d'Encouragement.*

Examen des différents brevets concernant la distillerie des betteraves, 2e série, t. I (1854), p. 206.

Étude des essences artificielles, 2e série, t. II (1855), p. 241.

Sur les méthodes de M. Kuhlmann fils, pour reconnaître la composition et mesurer le volume des gaz et des vapeurs acides, débités par les cheminées d'usines, 3e série, t. VI (1879), p. 68.

Sur un bateau imaginé par M. Kuhlmann fils, pour le transport de certains liquides industriels, 3e série, t. VI (1879), p. 229.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Sur les appareils construits par M. Olivier Lecq, pour l'analyse des betteraves, 3e série, t. VII (1880), p. 119.

Sur la machine à couler les bougies de Paul Moranne aîné, 3e série, t. VIII (1881), p. 69.

Sur un procédé pour le lavage des pulpes et des écumes de sucrerie de M. Gallois, 3e série, t. VIII (1881), p. 181.

Sur un traité théorique et pratique de la fabrication du sucre de M. Horsin-Déon, 3e série, t. X (1883), p. 448.

Sur un appareil élévatoire des liquides corrosifs de MM. Laurent, Kestner et Zambeaux, 3e série, t. XII (1885), p. 335.

Sur les travaux de M. Livache, concernant la siccativité des huiles, 3e série, t. XII (1885), p. 597.

Sur l'épuration des eaux de lavage des laines en suint de MM. Delattre père et fils, 4e série, t. I (1886), p. 70.

Sur l'organisation par M. Lucas, du laboratoire d'expertises des farines douze marques, 4e série, t. I (1886), p. 281.

Sur les titres de M. Michel Perret, à la grande médaille de Lavoisier, 4e série, t. I (1886), p. 201.

Sur un livre de M. Marx, intitulé *Le laboratoire du brasseur*, 4e série, t. IV (1889), p. 57.

Notice sur la vie et les travaux de Péligot, 4e série, t. V (1890), p. 431.

Sur un appareil de concentration de l'acide sulfurique de M. Kessler, 4e série, t. IX (1894), p. 588.

Sur un ouvrage de M. Chapel, intitulé : *Le caoutchouc et la gutta-percha*, 4e série, t. IX, p. 385.

Sur le contrôle des distilleries agricoles de M. Sidersky, 4e série, t. XI, p. 812.

Notice sur la vie et les travaux de Vée, 4e série, t. XII (1897), p. 313.

Sur un ouvrage de M. Livache, intitulé *Vernis et huiles siccatives*, 4e série, t. XII (1897), p. 900.

Rapport sur le prix Fourcade, 4e série, t. VI, p. 358; t. VII, p. 409; t. VIII, p. 493; t. IX, p. 378; t. X, p. 791; t. XI, p. 950; t. XII, p. 897.

Rapport sur les médailles Dumas, 4e série, t. XII (1897), p. 913.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS CHIMIQUES

FUSIBILITÉ DES VERRES, par M. **L. Grenet**, *Ingénieur civil des mines.*

Comme suite à nos recherches sur la dilatation des verres en fonction de leur composition chimique, recherches entreprises sous les auspices de la Société d'Encouragement et publiées dans le *Bulletin* de juin 1897, nous avons étudié la fusibilité des verres sur les échantillons qui nous avaient servi à la mesure des dilatations.

La fusibilité des verres, comme du reste celle de tous les corps amorphes (cires, résines, sucre fondu), n'est pas définie par une température où le corps passe brusquement de l'état solide à l'état liquide, ainsi que cela a lieu pour les corps cristallisés.

Cette fusibilité se manifeste par un ramollissement progressif, et ne peut être définie que par la mesure d'une série de températures où la malléabilité du verre, appréciée par un caractère arbitrairement choisi, prend une valeur déterminée.

La connaissance de la fusibilité du verre a une grande importance pour le travail de ce corps ; le degré de malléabilité dont on a besoin varie suivant les opérations qu'on lui fait subir.

La fluidité nécessaire à ces diverses opérations varie dans l'ordre suivant :

Affinage, c'est-à-dire dégagement des bulles emprisonnées dans le verre : Fluidité très grande.

Glaçage des couvertes.

Étendage, soufflage du verre à vitre.

Début du recuit.

Fin du recuit : Fluidité nulle.

L'écart entre les températures correspondant à ces diverses fluidités est très variable.

Les verres très basiques et les verres contenant du fluorure de calcium deviennent liquides comme de l'eau à des températures relativement peu supérieures à celles où ils commencent à se ramollir.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Au contraire, les verres très acides (silicates de soude très chargés en silice) et les verres alumineux, bien que ne se ramollissant pas à une température beaucoup plus élevée que les autres, restent pâteux même aux températures les plus hautes.

L'acide borique, qui s'affaisse à 430°, ne devient bien fluide qu'à très haute température.

L'étude que nous avons entreprise a porté sur la détermination de trois températures :

1° *Température d'affaissement sous leur propre poids de prismes de verre de grandeur donnée.*

2° *Température de recuit rapide d'un verre trempé.*

Cette température est caractérisée par l'extinction entre deux nicols croisés.

3° *Température à partir de laquelle le verre refroidi brusquement cesse de se tremper.* — Ces trois températures, au point de vue industriel, se rapportent au travail du verre, et non à sa préparation, qui demande des températures bien plus élevées.

1° Température d'affaissement.

Cette température est définie par l'affaissement sous leur poids des prismes de verre triangulaires qui ont servi à nos mesures de dilatation (30 à 40 millimètres de hauteur, 8 à 12 millimètres de côté).

Nous avons opéré dans un moufle chauffé au coke; nous mettions dans le moufle huit prismes de verre piqués dans de la terre glaise et disposés en deux rangées de trois prismes chacune très rapprochées l'une de l'autre.

L'extrémité du couple du pyromètre de M. Le Chatelier était placé à mi-hauteur des prismes et entre les deux rangées.

Un œilleton pratiqué dans la porte du moufle permettait de voir l'affaissement des prismes.

La température d'affaissement correspond à peu près à celle du glaçage des couvertes, ainsi que le montrent les trois exemples suivants :

	Affaissement.	Est glacé.	N'est pas glacé.
Verre de Saint-Gobain.	800	830	793
0,53PbO 0,47NaO 2,45SiO^2	625	625	605
BoO^3.	430	453	415

La dévitrification des verres se produit facilement à cette température et même un peu au-dessous; dans ce cas, pour qu'il y ait affaissement définitif du

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

verre, la température doit être beaucoup plus élevée, jusqu'à ce que les corps cristallisés pendant la dévitrification fondent à nouveau et se redissolvent dans la partie vitreuse. Nous donnons dans une colonne spéciale la température d'affaissement des verres où la dévitrification est notable et ne se traduit pas par une simple opalescence ; cette fusibilité n'a en effet aucun rapport avec celle des verres proprement dits.

RÉSULTAT DES MESURES

Silicates simples.

FORMULE en ÉQUIVALENTS	TEMPÉRATURE D'AFFAISSEMENT des verres.	TEMPÉRATURE D'AFFAISSEMENT des verres dévitrifiés et observations.
$NaO\ 2SiO^2$	735°	Le point de fusion de la silice donné ici comme terme de comparaison est emprunté à des études faites en Allemagne sur la fusibilité des éléments des pâtes céramiques.
$NaO\ 6SiO^2$	750°	
$NaO\ 12SiO^2$	830°	
SiO^2	1 800°	
$KO\ 3SiO^2$	690°	»
$KO\ 4SiO^2$	815°	»
$KO\ 5{,}1SiO^2$	890°	»
$KO\ 7{,}5SiO^2$	920°	»
$PbO\ SiO^2$	615°	»
$PbO\ 2SiO^2$	645°	»
$LiO\ 2SiO^2$	»	1 025°
$LiO\ 4SiO^2$	»	Plus de 1 100°
$LiO\ 6SiO^2$	»	Plus de 1 100°

On remarquera que la fusibilité des silicates simples qui sont restés vitreux varie dans le même sens que leur dilatation.

La fusibilité des silicates de potasse diminue bien plus vite, quand la proportion de silice augmente, que celle des silicates de soude.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les deux silicates de plomb PbO SiO^2 et PbO $2SiO^2$ sont très fusibles; nous n'avons pas pu fondre au four Bigot à plus de 1 300°, le mélange de sable de Fontainebleau et de litharge correspondant au composé PbO $3SiO^2$.

Le silicate de lithine LiO $2SiO^2$ a seul pu être obtenu vitreux (à peine opalescent) mais il s'est dévitrifié complètement avant de fondre.

Borates simples.

FORMULE en ÉQUIVALENTS	TEMPÉRATURE D'AFFAISSEMENT des verres.	TEMPÉRATURE D'AFFAISSEMENT des verres dévitrifiés et observations.
NaO $2BoO^3$	600°	»
NaO $3BoO^3$	645°	»
NaO $4BoO^3$	»	750°
NaO $10,18BoO^3$	580°	Le borate NaO $4BoO^3$ avait été obtenu absolument vitreux; il s'est dévitrifié avant de fondre.
NaO $16,83BoO^3$	540°	
BoO^3	430°	
PbO $0,33BoO^3$	445°	»
PbO BoO^3	530°	»
PbO $2BoO^3$	610°	»
PbO $2,5BoO^3$	660°	»
PbO $3BoO^3$	540°	»
BoO^3	430°	»
ZnO $0,67BoO^3$	720°	»
ZnO $0,67BoO^3$	»	905°

Nous voyons que, pour les deux séries déjà étudiées de borates simples, la fusibilité varie dans le même sens que la dilatation, comme nous l'avons déjà reconnu pour les silicates. Au minimum de dilatation des borates de plomb, correspond un minimum de fusibilité.

Le borate de zinc se dévitrifie, lorsqu'on le maintient assez longtemps à sa température de ramollissement, en cristaux d'apparence cubique, qui ont été décrits antérieurement par MM. Mallard et Le Chatelier.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Additions d'acide borique à quelques verres industriels.

COMPOSITION EN POIDS.	TEMPÉRATURE D'AFFAISSEMENT des verres.	TEMPÉRATURE D'AFFAISSEMENT DES VERRES dévitrifiés et observations.
Verre blanc.	830°	Les verres à 29,3 % et 42,8 % d'acide borique sont devenus opalescents après avoir été portés à la température d'affaissement.
Verre blanc . . . . . 70,7 BoO^3 29,3	760°	
Verre blanc . . . . . 57,2 BoO^3 42,8	750°	
Verre blanc . . . . . 38,6 BoO^3 61,4	»	680°
Verre blanc . . . . . 30,8 BoO^3 69,2	»	690°
Verre à glace de Saint-Gobain.	800°	»
Verre à glace . . . . . 94 BoO^3 6	800°	»
Verre à glace. . . . . 80 BoO^3 20	800°	Ce verre est devenu opalescent après avoir été porté à la température d'affaissement.
Verre à glace . . . . . 60 BoO^3 40	»	765°
Verre à bouteilles de Blanzy.	860°	»
Verre à bouteilles . . . . 85 BoO^3 15	»	815°
Verre à bouteilles . . . . 75 BoO^3 25	»	675°
Verre à bouteilles . . . . 70 BoO^3 30	»	675°
Verre à bouteilles . . . . 50 BoO^3 50	»	675°
Verre à bouteilles . . . . 35 BoO^3 65	»	660°
Verre à bouteilles . . . . 15 BoO^3 85	»	510°

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La dévitrification que produit l'addition d'acide borique semble être due plutôt à une émulsion de deux verres de composition chimique différente qu'à une cristallisation proprement dite.

Avec le verre à bouteille très alumineux, la masse est très homogène, et le verre examiné en lame mince présente l'aspect d'une émulsion sans aucun point biréfringent; il n'y a donc pas cristallisation. L'émulsion devient de plus en plus grossière quand la proportion d'acide borique augmente; au delà de 50 p. 100 d'acide borique, l'aspect du verre cesse d'être homogène à l'œil nu.

Au contraire, avec le verre blanc et le verre à glace, moins alumineux et plus fluides, le verre qui se sépare se rassemble probablement mieux, et la dévitrification est irrégulière; on voit des masses blanches opaques au milieu des parties vitreuses.

Le verre à bouteilles additionné de 15 p. 100 d'acide borique, qui était bleu opale avant la fusion, s'est dévitrifié complètement avant de fondre. Cette même coloration bleue se présente pour toutes les dévitrifications commençantes se produisant à une température où le verre est peu fluide.

Fusibilité de quelques verres à base d'acide borique.

FORMULE en ÉQUIVALENTS	TEMPÉRATURE D'AFFAISSEMENT des verres.	TEMPÉRATURE D'AFFAISSEMENT des verres dévitrifiés et observations.
$PbO\ 0{,}5SiO^2\ 0{,}5BoO^3$	475°	$CuO2\ ZnO2\ BoO^3$ avait été obtenu bien vitreux; il s'est dévitrifié complètement avant de fondre.
$PbO\ SiO^2\ BoO^3$	600°	
$3ZnO\ 2BoO^3$	720°	
$MnO\ 2ZnO\ 2BoO^3$	735°	
$CaO\ 2ZnO\ 2BoO^3$	735°	»
$CuO\ 2ZnO\ 2BoO^3$	»	660°
$2CaO\ ZnO\ 2BoO^3$	»	995°

Nous voyons que l'addition d'une petite quantité d'oxyde de plomb élève très notablement la température d'affaissement. Il y a, dans ce cas, encore un minimum de fusibilité correspondant à un minimum de dilatation.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Additions d'oxyde de plomb à des verres industriels.

COMPOSITION EN POIDS.	TEMPÉRATURE D'AFFAISSEMENT des verres.	TEMPÉRATURE D'AFFAISSEMENT des verres dévitrifiés et observations.
Verre à bouteilles.	875°	»
Verre à bouteilles . . . . 92 PbO 8	875°	»
Verre à bouteilles . . . . 84 PbO 16	890°	»
Verre à bouteilles . . . . 75 PbO 25	815°	»
Verre à bouteilles . . . . 60 PbO 40	750°	»
Verre à bouteilles . . . . 40 PbO 60	675°	»
Verre à glace	800°	»
Verre à glace . . . . . 94 PbO 6	860°	»
Verre à glace . . . . . 80 PbO 20	780°	»
Verre à glace . . . . . 60 PbO 40	680°	Ce verre n'est pas très homogène.
Verre à glace . . . . . 40 PbO 60	»	585°
$KO\ 6SiO^2$	900°	»
$PbOKO\ 6SiO^2$	815°	»

Rôle de l'alumine. — Quand on ajoute des quantités croissantes d'alumine à des verres industriels, ces verres restent très peu fluides, même aux températures élevées, et sont excessivement difficiles à couler.

Néanmoins, le commencement du ramollissement que nous avons seul étudié semble être beaucoup moins influencé par les additions d'alumine.

Ainsi, nous n'avons pas pu couler les verres de Blanzy avec une addition supérieure à 4 p. 100 d'alumine; et le verre de Saint-Gobain était déjà très difficile à couler avec une addition de 6 p. 100 d'alumine; néanmoins, la tempéra-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ture d'affaissement n'a pas été notablement augmentée (890° au lieu de 860° pour le verre de Blanzy, 830° au lieu de 800° pour le verre de Saint-Gobain).

Nous reviendrons sur ce point à propos des températures de recuit et de trempe.

L'oxyde de plomb paraît être le corps qui dissout le plus l'alumine ; c'est ce qui explique la facilité avec laquelle les creusets de terre sont percés par la litharge.

Une faible addition d'alumine au silicate $PbOSiO^2$ abaisse sa température d'affaissement.

De faibles additions d'alumine aux borates PbO 1,47BoO^3 et PbO 2,64BoO^3 sont sans action sensible sur la température d'affaissement.

FORMULE en ÉQUIVALENTS.	TEMPÉRATURE D'AFFAISSEMENT des verres.	TEMPÉRATURE D'AFFAISSEMENT des verres dévitrifiés et observations.
$PbOSiO^2$	615°	»
$PbOSiO^2$ 0,29Al^2O^3	540°	»
$PbOSiO^2$ 0,58Al^2O^3	645°	»
$PbOSiO^2$ 1,16Al^2O^3	»	935°
$PbOSiO^2$ 1,45Al^2O^3	»	1 025°
PbO $2SiO^2$	645°	»
PbO $2SiO^2$ 0,14Al^2O^3	845°	»
PbO $2SiO^2$ 1,16Al^2O^3	»	Plus de 1 100°
PbO 1,47BoO^3 1,14Al^2O^3	585°	Tous ces borates sont partiellement dévitrifiés ; néanmoins ils conservent encore la cassure vitreuse.
PbO 2,64BoO^3 1,78Al^2O^3	585°	
PbO 4,15BoO^3 2,25Al^2O^3	630°	
PbO 10,3BoO^3 4,14Al^2O^3	815°	
1,25 ZnO BoO^3 0,34Al^2O^3	720°	
Orthose	Plus de 1 100°	1 280°, d'après les recherches faites en Allemagne.
Orthose 66,7. / NaO $2BoO^3$ 33,3.	765°	»
Orthose 50. / NaO $2BoO^3$ 50.	750°	»
NaO $2BoO^3$ 50.	600°	»
Kaolin calciné 50. / NaO $2BoO^3$ 50.	705°	»

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Additions diverses à des verres industriels.

COMPOSITION EN POIDS	TEMPÉRATURE D'AFFAISSEMENT des verres.	TEMPÉRATURE D'AFFAISSEMENT DES VERRES dévitrifiés et observations.
Verre à bouteilles de Blanzy.	860°	»
Verre à bouteilles . . . . 98 NaO 2	830°	»
Verre à bouteilles . . . . 98 CaO 2	860°	»
Verre à bouteilles . . . . 98 LiO. 2	800	»
Verre à bouteilles . . . . 94 PhO^5 3CaO 6	815°	»
Verre à bouteilles . . . . 96 Ca Fl. 4	815°	»
Verre à bouteilles . . . . 96 Fe^2O^3. 4	875°	»
Verre à bouteilles . . . . 96 Al^2O^3 4	890°	Le verre à bouteille additionné de 4 % de borate de chaux s'est dévitrifié seulement à la surface ; cette dévitrification partielle a retardé l'affaissement.
Verre à bouteilles . . . . 96 SiO^2 4	860°	
Verre à bouteilles . . . . 96 BoO^3 3CaO 4	»	1 000°
Verre à glace de Saint-Gobain.	800°	»
Verre à glace . . . . . 94 NaO 6	780°	»
Verre à glace . . . . . 94 KO. 6	800°	»
Verre à glace . . . . . 94 LiO. 6	720°	»
Verre à glace . . . . . 94 CaO 6	815°	»
Verre à glace . . . . . 94 BaO 6	815°	»
Verre à glace . . . . . 94 SrO. 6	845°	»

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

COMPOSITION EN POIDS.	TEMPÉRATURE D'AFFAISSEMENT des verres.	TEMPÉRATURE D'AFFAISSEMENT DES VERRES dévitrifiés et observations.
Verre à glace . . . . . 94 SiO^2 6	845°	Le verre de Saint-Gobain additionné de 8 °/₀ de fluorure de calcium qui avait été obtenu légèrement opale s'est dévitrifié complètement avant de fondre.
Verre à glace . . . . . 94 Al^2O^3. 6	830°	
Verre à glace . . . . . 80 PhO^5 3CaO 20	875°	
Verre à glace . . . . . 92 CaFl 8	»	Plus de 1 100°
Verre à glace . . . . . 50 CaFl 50	»	Plus de 1 100°
Verre à glace . . . . . 94 Cryolite. 6	845°	»
Verre à glace . . . . . 94 Fe^2O^3. 6	800°	»
Verre à glace . . . . . 94 U^2O^3 6	830°	»
Verre à glace . . . . . 94 CoO 6	830°	»
Verre à glace . . . . . 94 Cr^2O^3. 6	830°	»
Verre à glace . . . . . 94 Bi^2O^3. 6	830°	»
Verre à glace . . . . . 94 MnO^2. 6	800°	»
Verre à glace . . . . . 50 MnO^2. 50	»	660
Verre à glace . . . . . 94 CuO 6	830°	»
Verre à glace . . . . . 94 ZnO 6	875°	»
Verre à glace . . . . . 93,4 BoO^3 . . . . . 3,3 LiO. 3,3	665°	»
Verre à glace. . . . . 92 NaO $2BoO^3$ 8	780°	»
Verre à glace . . . . . 84,8 NaO $2BoO^3$ 15,2	735°	»

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Verres divers.

COMPOSITION	TEMPÉRATURE D'AFFAISSEMENT des verres.	TEMPÉRATURE D'AFFAISSEMENT DES VERRES dévitrifiés et observations.
$1{,}54CaFl\ 1{,}14BoO^3$	»	950°
$0{,}5KO\ 0{,}5ZnO\ SiO^2$	»	830°
$0{,}25KO\ 0{,}75ZnO\ SiO^2$	»	Plus de 1 100°
$0{,}35KO\ 0{,}65ZnO\ 0{,}65SiO^2$	»	950°
		Ces 4 verres une fois fondus étaient liquides comme de l'eau. $0{,}5KO\ 0{,}5ZnO\ SiO^2$ était vitreux et s'est dévitrifié avant de fondre.
$0{,}5CaO\ 0{,}5BaO\ 2SiO^2$	905°	Très fluide une fois fondu.
$0{,}14NaO\ 0{,}86PbO\ 1{,}87SiO^2\ 1{,}1Al^2O^3$	800°	»
$0{,}61PbO\ 0{,}34Ko\ 0{,}5NaO\ 1{,}56SiO^20{,}1BoO^3$	645°	»
Verre à glace 71,6 NaO 10,4 $NaO\ 2BoO^3$ 18	735°	»
$0{,}5NaO\ 0{,}5CaO\ 2SiO^2\ 0{,}5BoO^3$	815°	»
Verre à bouteilles 80 $PhO^5\ 3CaO$ 20	»	860° Ce verre était vitreux et s'est dévitrifié avant de fondre.
Verre à bouteilles 60 $PhO^5\ 3CaO$ 40	»	Plus de 1 100°
Verre à bouteilles 37,5 $PhO^5\ 3CaO$ 25 Ca Fl 37,5	»	Plus de 1 100°
Verre à glace 66,7 $PhO^5\ 3CaO$ 20 Ca Fl 13,13	»	Plus de 1 100°
$KO\ NaO\ 10SiO^2$	815°	»
$2{,}5SiO^2\ 0{,}46NaO\ 0{,}54CaO$	845°	»
$2{,}5SiO^2\ 0{,}46NaO\ CaO$	»	Plus de 1 100° Était vitreux, s'est dévitrifié complètement avant de fondre.
$2{,}5SiO^2\ 0{,}46NaO\ 0{,}54KO$	705°	»
$2{,}5SiO^2\ 0{,}46NaO\ 0{,}54LiO$	690°	Liquide comme de l'eau une fois fondu.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

COMPOSITION	TEMPÉRATURE D'AFFAISSEMENT des verres.	TEMPÉRATURE D'AFFAISSEMENT DES VERRES dévitrifiés et observations.
$2{,}5SiO^2$ 0,46NaO 0,54BaO	»	1 010° Était vitreux, s'est dévitrifié complètement avant de fondre.
$2{,}5SiO^2$ 0,46NaO 0,54PbO	720°	»
$2{,}5SiO^2$ 0,46NaO 0,54ZnO	890°	»
Émail de la bombe Malher.	800°	»
Verre dévitrifiable non dévitrifié. . .	735°	»
Verre dévitrifiable dévitrifié	»	1 100°
Opaline de Saint-Gobain.	815°	Très liquide une fois fondue.
$2{,}1SiO^2$ $0{,}35Al^2O^3$ 0,35KO 0,65NaO . .	815°	»
$1{,}69SiO^2$ 0,55NaO 0,45CaO.	800°	»
$1{,}21SiO^2$ 0,47NaO 0,39CaO 0,14BaO .	750°	»
Cryolite . . . . . 58,3 BoO^3. 41,7	»	660°
$1{,}69SiO^2$ 0,55NaO 0,015PhO^5 3CaO . .		1 025°
Cryolite . . . . . 55,3 BoO^3. . . . . 25,9 CaO 18,8	»	765° Devient liquide comme de l'eau une fois fondu.
KO$3SiO^2$ $0{,}32Al^2O^3$ 0,07Ca Fl	800°	»
0,8KO 0,2LiO $2{,}4SiO^2$ $0{,}3Al^2O^3$. . . .	780°	»
Verre cathédrale de Saint-Gobain. . .	800°	»
Verre cathédrale . . . . . 94 Cryolite 6	830°	»
Verre cathédrale . . . . . 90 Cryolite 10	»	830°
Verre cathédrale . . . . . 83,3 Cryolite 16,7	»	800°
Verre cathédrale . . . . . 77 Cryolite 23	»	800° Bien que l'addition de cryolite n'abaisse pas la température de ces 3 verres, elle augmente beaucoup la fluidité une fois le verre fondu. Le verre à 23 °/° de cryolite devient liquide comme de l'eau.

Nous voyons que la lithine, bien que donnant les silicates simples peu fusibles, augmente beaucoup la fusibilité des verres industriels. L'effet

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

est surtout marqué par l'addition simultanée d'acide borique et de lithine.

De faibles additions d'acide borique au verre à glace élèvent un peu la température d'affaissement.

2° Température de recuit.

Un verre porté à une température suffisamment élevée, puis refroidi brusquement, se trempe; c'est-à-dire qu'il s'y crée des tensions internes par suite de l'impossibilité de changer de volume en se solidifiant où se trouve l'intérieur du verre emprisonné dans la partie superficielle plus rapidement refroidie et solidifiée.

Ces tensions internes se manifestent par des figures d'interférence (raies noires si le verre est mince, couleurs d'interférence si le verre est suffisamment épais), quand on l'examine en lumière polarisée entre deux nicols croisés.

La température de recuit, caractérisée par l'extinction entre deux nicols croisés, est la température où le verre est suffisamment ramolli pour que les tensions internes disparaissent.

Au point de vue théorique, pour que toute tension interne disparaisse, il faudrait une fluidité parfaite, les tensions très petites ne disparaissent qu'avec une fluidité très grande ; et, quelque fluide que soit son corps, on peut y concevoir des tensions internes suffisamment petites (liquides et gaz).

On appréciera d'autant mieux les tensions internes, et l'extinction aura lieu à température d'autant plus élevée, que le verre sera plus épais et la lumière plus intense.

La rapidité avec laquelle on élève la température du verre a également une influence : les tensions internes ne disparaissant pas subitement pour une fluidité donnée.

Ces mesures sont donc des expériences comparatives qui doivent être faites dans des conditions identiques, plutôt que des données absolues.

Nous avons opéré de la façon suivante : la lame de verre fixée avec du plâtre au couple du pyromètre de M. Le Chatelier était chauffée sur un bec de gaz.

On faisait monter lentement la température en ouvrant le robinet de gaz par l'intermédiaire d'un flotteur; il suffisait de faire baisser lentement le niveau de l'eau.

A partir de 300° nous faisions monter la température de 100° en dix minutes.

La lame de verre était éclairée à la lumière oxhydrique.

Dans ces conditions, malgré les réserves que nous avons formulées plus haut, la température de recuit est assez bien définie ; il arrive un moment où le verre se ramollit assez pour que, dans un intervalle de température de 20°, toute tension interne appréciable disparaisse.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La température d'extinction est à peu près indépendante de l'épaisseur, mais avec les verres bien transparents et non bulleux, le phénomène est plus net quand le verre est plus épais.

	Recuit à :
0,53PbO 0,47NaO 2,45SiO^2. Épaisseur 5 millimètres	460° à 475°
0,53PbO 0,47NaO 2,45SiO^2. Épaisseur 30 millimètres. . . .	460°

Il s'agit ici du recuit rapide et complet en quelques minutes; dans l'industrie, où les variations de température ne se font qu'avec une grande lenteur, il est probable que la température de recuit sera inférieure à celle que nous indiquons.

L'épaisseur des verres sur lesquels nous avons fait nos mesures de recuit ou de trempe est de 4 à 6 millimètres, à moins d'indications contraires. Nous avons d'abord cherché si les verres très fusibles ne se recuisent pas lentement à la température ordinaire.

Un échantillon de borax (affaissement à 600°) examiné au moins six mois après avoir été refroidi brusquement était encore très nettement trempé.

Un échantillon d'acide borique (affaissement à 430°) examiné un mois et demi après avoir été refroidi brusquement était encore nettement trempé.

Nous n'avons trouvé, comme corps vitreux se recuisant à la température ordinaire, que la résine, qui était trempée une demi-heure après avoir été refroidie très rapidement (coulée dans un moule de fer-blanc plongeant dans l'eau), et qui n'était plus trempée quatre heures après.

Résultat des mesures (*températures de recuit*).

SILICATES DE SOUDE

NaO $2SiO^2$	469°
NaO $6SiO^2$	518°
NaO $12SiO^2$.	567° (peu net, car le verre est très bulleux)

Nous avons eu un échantillon de silice fondue au four électrique et refroidie rapidement, silice qui nous a été procurée par M. Moissan et qui ne paraît pas trempée; une lame de 3 millimètres d'épaisseur ne rétablit pas la lumière entre deux nicols croisés.

Cette absence de trempe tient peut-être à la faible dilatation de la silice fondue, ce qui rend très faibles les tensions internes résultant du refroidissement.

BORATES DE SOUDE

NaO $2BoO^3$.	319°
NaO $3BoO^3$.	395°
NaO $10,18BoO^3$.	369°
BoO^3	357°

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

BORATES DE PLOMB

$2{,}5PbO\ BoO^3$ (7 millimètres)	360°
$PbO\ BoO^3$ (7 millimètres)	490°
$PbO\ 1{,}7BoO^3$ (10 millimètres)	520°
$PbO\ 2{,}5BoO^3$ (9 millimètres	530°
$PbO\ 3BoO^3$ (9 millimètres)	445°
BoO^3	357°

BORATE DE ZINC

$ZnO\ 0{,}67BoO^3$	592°

Avec le borate de zinc, les figures de polarisation sont d'une extrême netteté et disparaissent subitement.

Les additions d'acide boriqne aux verres industriels les rendant opalescents pour des proportions relativement faibles; nous n'avons pu essayer l'influence de l'acide borique sur la température de recuit de ces verres

$PbO\ 0{,}5BoO^3\ 0{,}5SiO^2$	445°

Les silicates et les silico-aluminates de plomb ne se trempent que très peu et nous n'avons pas pu déterminer nettement les températures de recuit et de trempe.

Additions au verre à glace de Saint-Gobain. — Nous n'avons pas opéré sur le verre à bouteille de Blanzy, qui, étant fortement coloré, donnait des résultats moins nets

Verre à glace de Saint-Gobain	604°
Verre à glace + 6 p. 100 KO	604°
— + 6 p. 100 CaO	616°
— + 6 p. 100 BaO	616°
— + 6 p. 100 SiO^2	604°
— + 6 p. 100 Al^2O^3	616°
— + 6 p. 100 cryolite	665°

Verres divers (*températures de recuit*).

$0{,}5KO\ 0{,}5ZnO\ SiO^2$	763°	Verre dévitrifiable non dévitrifié	616°
$0{,}25KO\ 0{,}75ZnO\ SiO^2$	788°	$2{,}1SiO^2\ 0{,}35Al^2O^3\ 0{,}35KO\ 0{,}65NaO$	650°
$0{,}5CaO\ 0{,}5BaO\ 2SiO^2$	678°	$1{,}21SiO^2\ 0{,}47NaO\ 0{,}39CaO\ 0{,}14BaO$	518°
$0{,}5NaO\ 0{,}5CaO\ 2SiO^2\ 0{,}5BoO^3$	640°	$KO\ 3SiO^2\ 0{,}32Al^2O^3\ 0{,}07Ca\ Fl$	592°
$2{,}5SiO^2\ 0{,}46NaO\ 0{,}54CaO$	641°	$0{,}53PbO\ 0{,}47NaO\ 2{,}45SiO^2$	460°

3° Température de trempe.

La température de trempe est la température à laquelle le verre ne peut plus éprouver de déformation permanente par suite d'un refroidissement brusque.

Un verre porté à une température inférieure à sa température de trempe, puis refroidi brusquement, ne se trempera pas et ne rétablira pas la lumière entre deux nicols croisés.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Nous avons employé le même dispositif que pour le recuit; nous chauffions un verre à une certaine température, puis nous éteignions subitement le gaz, et nous constations si le verre était ou n'était pas trempé. Nous n'avons fait ces mesures de trempe que sur quelques verres, où cette étude avait un intérêt particulier, et pour lesquels le phénomène était bien net.

La première des températures que nous indiquons est la température la plus élevée à laquelle nous avons porté le verre sans qu'il se trempe; la seconde est la température la plus basse à laquelle nous avons constaté la trempe; la température de trempe est comprise entre ces deux températures.

Nous avons indiqué dans une colonne spéciale la différence entre la température de trempe et la température de recuit; c'est dans cet intervalle que peut agir le recuit industriel.

Résultat des Mesures.

	TEMPÉRATURE MAXIMA à laquelle nous avons porté le verre sans pouvoir le tremper par refroidissement brusque.	TEMPÉRATURE MINIMA à laquelle nous avons pu tremper le verre par refroidissement brusque.	TEMPÉRATURE MOYENNE de trempe.	DIFFÉRENCE entre la température de recuit et la température moyenne de trempe.
$NaO\ 2SiO^2$	400°	445°	472°	41°
$NaO\ 6SiO^2$ (8 millimètres)	445	500	472	58
$2{,}5PbO\ BoO^3$ (11 millimètres)	290°	330°	310°	50°
$PbO\ 2{,}5BoO^3$	480	510	495	35
$PbO\ 3BoO^3$	410	430	420	25
BoO^3	292	342	317	40
Verre à glace de Saint-Gobain	506°	543°	524°	80°
Verre à glace + 6 % Ko	518	543	530	74
— + 6 % CaO	506	543	524	92
— + 6 % BaO	543	567	555	61
— + 6 % SiO^2	518	543	530	74
— + 6 % Al^2O^3	518	543	530	86
— + 6 % Cryolite	495	515	505	160
$2{,}5SiO^2\ 0{,}46NaO\ 0{,}54CaO$	543°	604°	573°	118°
$2{,}1SiO^2\ 0{,}35Al^2O^3\ 0{,}35Ko\ 0{,}65NaO$	520	550	535	115
$1{,}21SiO^2\ 0{,}47NaO\ 0{,}39CaO\ 0{,}14BaO$	432	445	438	80
$KO\ 3SiO^2\ 0{,}32Al^2O^3\ 0{,}07Ca\ Fl$	450	460	455	137
$0{,}53PbO\ 0{,}47NaO\ 2{,}45SiO^2$	380	400	390	70

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le phénomène de trempe est assez difficile à observer avec les silicates de soude et les borates de plomb, qui ne se trempent très nettement qu'à une température très voisine de la température de recuit.

Nous voyons, ainsi que nous l'avons déjà fait remarquer au sujet des températures d'affaissement, que l'action de l'alumine sur la fusibilité des verres diminue à mesure que le degré de malléabilité qui définit cette fusibilité diminue.

Ainsi, une addition de 6 p. 100 d'alumine rend déjà le verre de Saint-Gobain très difficile à couler ; cependant, la température d'affaissement n'est augmentée que de 30°, et les températures de recuit et de trempe ne sont pas sensiblement modifiées.

	Verre de Saint-Gobain.	Verre de Saint-Gobain — 6 °/₀ Al^2O^3.
Température d'affaissement.	800	830
Température de recuit.	604	616
Température moyenne de trempe	524	530

Le fait le plus intéressant qui se dégage de ces mesures est la proximité des températures de trempe et de recuit.

C'est dans cet intervalle relativement très faible de température (moins de 100° pour le verre de Saint-Gobain) que le recuit industriel doit être conduit avec une extrême lenteur.

Au-dessous de la température de trempe, la rapidité de chute de température n'est plus limitée que par la condition de ne pas casser les pièces; car il ne subsistera pas de tension interne après le refroidissement.

SUR L'ESSAI A CHAUD DES PRODUITS HYDRAULIQUES, par **M. H. Le Chatelier,** *Membre du Conseil.*

La présence d'expansifs, c'est-à-dire de chaux et de magnésie non éteintes, constitue, au point de vue de l'emploi, un des défauts les plus graves que puissen présenter les produits hydrauliques. L'extinction tardive de la chaux et de la magnésie, postérieurement à la prise du mortier, peut en amener la désagrégation et compromettre ainsi la solidité des maçonneries. Un procédé d'essais permettant de reconnaître sûrement et rapidement ces expansifs présente certainement une importance capitale. On a depuis longtemps proposé dans ce but l'emploi de la chaleur, qui accélère et augmente considérablement le gonflement amené par l'extinction des expansifs.

Les procédés d'essais basés sur ce principe permettent de rebuter d'une façon

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

certaine tous les produits renfermant des expansifs; on lui a reproché d'être trop sévère et de faire encore rebuter des produits ne renfermant pas d'expansifs proprement dits, mais seulement certains sels basiques qui seraient inoffensifs dans certaines conditions d'emploi des mortiers. Sans vouloir trancher pour le moment cette question très débattue, je me suis uniquement proposé, dans cette étude, de rechercher quelles sont les conditions expérimentales les plus avantageuses pour faire, dans les cas où on les jugerait utiles, les essais d'invariabilité de volume à chaud.

Le procédé d'essais à chaud consiste essentiellement à soumettre à l'action de la chaleur une pâte hydraulique et à observer le gonflement produit. Sous la première forme donnée à ce procédé, on se contentait d'observer à la vue l'importance des fissures qu'entraîne le plus souvent ce gonflement. J'ai fait remarquer depuis longtemps les inconvénients de ce mode opératoire. Il est toujours mauvais de se contenter, dans une détermination expérimentale, d'appréciations faites de sentiment et par suite toujours contestables. Cela est particulièrement grave quand cette détermination doit servir de base à un essai de réception, c'est-à-dire mettre en jeu des intérêts pécuniaires souvent considérables. A côté de cette raison plutôt d'ordre moral, j'ai fait valoir une raison de fait plus décisive encore, c'est que, parfois, des gonflements énormes (plus de 30 p. 100 en volume) peuvent se produire sans fissures apparentes. Cela arrive en particulier quand les produits essayés sont suffisamment fins et homogènes. Or, le remplacement de l'observation à l'œil par une mesure proprement dite est non seulement possible, mais même très facile. Cette modification du procédé primitif d'essai à chaud doit donc être adoptée sans discussion possible; il reste seulement à choisir le mode de mesure le plus convenable. Celui que j'ai proposé tout d'abord, consistant à mouler la pâte dans un moule métallique fendu suivant une génératrice et portant, soudées de part et d'autre de la fente, deux longues aiguilles dont on mesure l'écartement terminal, a été assez généralement adopté en France; son emploi est déjà introduit dans quelques cahiers des charges. Il m'a semblé, qu'avant de laisser son adoption devenir plus générale, il y avait lieu de l'étudier de plus près et de le comparer à d'autres procédés analogues. J'ai fait faire cette étude à mon laboratoire par M. Chantepie, aide-préparateur à l'École des Mines.

Les procédés de mesure du gonflement comparés entre eux ont été au nombre de quatre :

Procédé des baguettes (Banschinger, Durand-Claye et Debray) ;

Procédé des moules fendus (Le Chatelier);

Procédé des épingles (Klebe);

Procédé des briquettes comprimées (Prüssing, Le Chatelier).

Procédé des baguettes. — Ce procédé, combiné pour l'étude des très petits changements de dimensions que les ciments peuvent éprouver normalement à la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

température ordinaire, consiste à mouler le ciment en baguettes allongées : 100 millimètres de long et 10 millimètres de côté dans le procédé Banschinger, 800 millimètres de long et 12 millimètres de côté dans les procédés de MM. Durand-Claye et Debray, et à mesurer les changements de longueur au moyen d'appareils amplificateurs d'une précision convenable. Ces deux procédés ont ceci de commun qu'ils nécessitent la fixation, dans la baguette, de pièces métalliques, ce qui est une opération minutieuse et assez longue. Les tentatives faites pour appliquer ce procédé aux essais à chaud n'ont rien donné; les gonflements énormes qui se produisent souvent sous l'action de la chaleur amènent la dislocation et la rupture des baguettes, qui sont trop minces. On pourrait, étant donné que la précision de ces méthodes de mesures est beaucoup trop considérable : 100 fois plus grande environ que cela n'est nécessaire pour le but spécial poursuivi, réduire leur longueur de façon à en faire des prismes dont toutes les dimensions seraient du même ordre de grandeur. Il resterait toujours la complication résultant de la nécessité de fixer des pièces métalliques sur ces prismes. Il est inutile de s'imposer une sujétion qui n'est pas nécessaire dans le cas actuel; l'étude de ces procédés n'a donc pas été poussée plus loin.

Procédé des moules fendus. — La définition de ce procédé, telle qu'elle a été arrêtée par la commission française des méthodes d'essais, est la suivante :

« On emploiera, pour ces essais, des éprouvettes cylindriques de $0^{m},03$ de diamètre et de $0^{m},03$ de hauteur, confectionnées dans des moules en métal d'une épaisseur de $0^{mm},5$. Ils seront fendus suivant une génératrice et porteront, soudées de chaque côtés de la fente, deux aiguilles de $0^{m},15$ de longueur; l'augmentation de l'écartement des extrémités de ces aiguilles donnera une mesure du gonflement.

« Les moules aussitôt remplis seront immergés dans l'eau froide. Une fois la prise terminée, et dans un délai qui n'excédera pas vingt-quatre heures au delà de cette prise, la température de l'eau sera élevée progressivement à 100°, en un temps qui devra être compris entre un quart d'heure et une demi-heure.

« La température de 100° sera maintenue pendant six heures consécutives, et on laissera ensuite refroidir pour faire les mesures finales. »

L'idée première qui m'avait conduit à essayer ce mode d'amplification du gonflement était que, dans le cas où il n'y aurait eu aucune adhérence entre le ciment et le moule, et en supposant que la résistance du moule ne modifie pas le gonflement, le déplacement relatif de la pointe des aiguilles devrait être égale à l'accroissement de longueur de la circonférence d'un bloc cylindrique de ciment dont le rayon serait égal à la distance de la pointe des aiguilles à l'axe du petit moule, soit à $0^{m},165$. Une semblable circonférence a une longueur très voisine de 1 mètre, de sorte que l'accroissement de distance des pointes exprimé en centimètres donnerait l'allongement pour 100 à très peu de chose près.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

En réalité, la résistance du moule réduit le gonflement dans la direction perpendiculaire à l'axe du cylindre et l'adhérence du ciment au moule provoque, dès que le gonflement est un peu important, une fissure qui part de la fente du moule. En fait, l'écartement des pointes n'est guère que les deux tiers de celui que l'on calculerait *a priori* en partant du gonflement mesuré directement sur un cylindre de ciment exposé à l'action de l'eau chaude après avoir été sorti de son moule.

Ces phénomènes d'adhérence et de fissuration doivent produire des effets assez variables avec certaines conditions de l'expérience, notamment avec les dimensions des moules, le mode de fixation des aiguilles, etc. Il n'est pas impossible non plus que leur variation accidentelle rende la méthode peu comparable à elle-même. C'est pour répondre à ces questions que les expériences suivantes ont été faites.

Un même ciment Portland A, gonflant notablement à l'eau chaude, sans pourtant gonfler à l'eau froide, a été essayé dans des moules d'un diamètre uniforme de 30 millimètres, dans lesquels les éléments suivants variaient au contraire de l'un à l'autre :

Hauteur	30 millimètres	20 millimètres	10 millimètres
Épaisseur	1 —	$0^{mm},5$	$0^{mm},25$

Les résultats sont consignés dans le tableau suivant. Les chiffres de la colonne gonflement donnent le nombre de millimètres dont la distance des pointes a varié.

Hauteur.	Épaisseur.	Gonflement.	
30 millimètres	1 millimètre	30	29 millimètres.
—	—	28	
—	—	29	
—	$0^{mm},5$	40	$37^{mm},5$
—	—	35,5	
—	—	36	
—	$0^{mm},25$	40	45 millimètres.
—	—	48	
—	—	46	
20 millimètres	$0^{mm},5$	42	40 —
—	—	40,5	
—	—	37	
10 millimètres	$0^{mm},5$	35,5	34 —
—	—	34	
—	—	33	

Une seconde série semblable a été faite avec un mélange à poids égal du

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

même ciment A et d'un ciment B ne gonflant pas, de façon à faire la même comparaison dans un cas où le gonflement fût moindre :

Hauteur.	Épaisseur.	Gonflement.	
30 millimètres	1 millimètre	8	
—	—	8,5	$8^{mm},2$
—	—	8	
—	$0^{mm},5$	10,5	
—	—	13	12 millimètres.
—	—	12,3	
—	$0^{mm},25$	9	
—	—	10,5	$10^{mm},2$
—	—	11	
20 millimètres	$0^{mm},5$	7,5	
—	—	8,5	$7^{mm},5$
—	—	6,5	
10 millimètres	$0^{mm},5$	5,5	
—	—	7	$7^{mm},2$
—	—	6	

A la simple inspection de ce tableau, on voit que les moules de 1 millimètre d'épaisseur donnent des résultats beaucoup plus concordants, dans chaque série des trois expériences, que les moules plus minces. Dans aucune série cependant, les erreurs accidentelles ne sont bien importantes, et, si l'on avait la certitude qu'elles resteront toujours du même ordre de grandeur on pourrait indifféremment choisir l'une ou l'autre des dimensions. En raison de sa rigidité plus grande, le moule de 1 millimètre est peut-être préférable, car il est moins exposé à des ouvertures accidentelles sous l'influence de chocs ou autrement.

Les chiffres de ces deux tableaux ne donnent pas d'indications bien nettes sur l'influence des dimensions du moule. Cette influence varie d'ailleurs avec le gonflement du ciment. Un ciment qui gonfle peu et garde par suite une grande résistance doit éprouver un gonflement indépendant de la nature du moule, parce que la résistance que celui-ci lui oppose est négligeable vis-à-vis de sa cohésion interne. A mesure que le gonflement augmente, il prend une valeur d'autant plus grande que le moule est plus mince ; cela paraît très nettement dans la première série d'expérience. Enfin, quand le gonflement devient énorme, de façon à faire perdre toute résistance au ciment, celui-ci s'écoule par les extrémités ouvertes du moule, en le faisant ouvrir d'autant moins qu'il est plus épais et en finissant même par ne plus le faire ouvrir du tout.

L'écartement des aiguilles ne peut donc donner une mesure relative du gonflement de différents ciments que dans les cas où l'action de l'eau chaude n'amène pas une désagrégation trop avancée.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Procédé des épingles. — Ce procédé, imaginé par M. Klebe, élève du professeur Banschinger, a été préconisé particulièrement par le Dr Michaelis. Il consiste à implanter, vers le commencement de la prise, dans une briquette de ciment de forme quelconque d'ailleurs, deux épingles ordinaires à une distance déterminée. Aussitôt la prise faite, on mesure exactement une première fois la distance de ces deux épingles, puis une seconde fois après l'action de l'eau

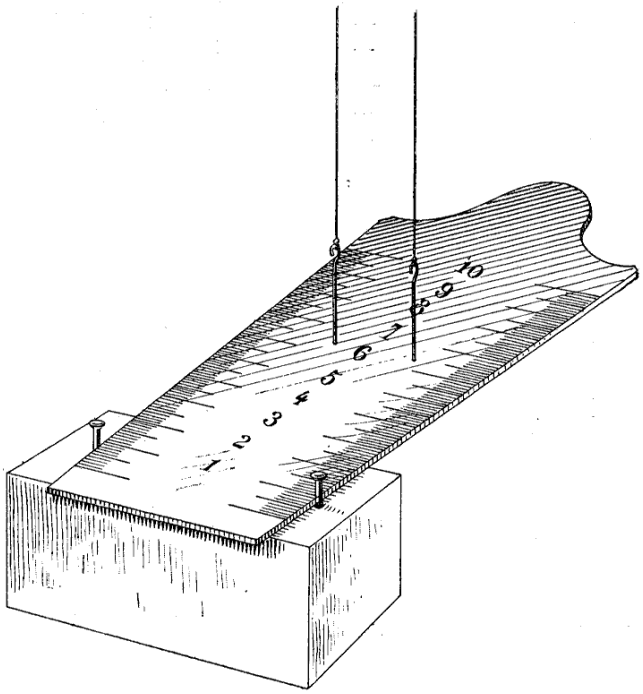


Fig. 1.

chaude. Pour cette mesure, M. Klebe emploie (fig. 1) une lame taillée en forme de coin dont les arêtes portent une division en millimètres.

Il m'a semblé que quelques détails pouvaient être modifiés dans les dispositions expérimentales recommandées par l'auteur de ce procédé en vue d'en augmenter encore la simplicité.

Pour entrer les épingles à une distance déterminée l'une de l'autre, M. Klebe emploie, une plaque percée de deux trous ayant exactement le diamètre des épingles. Cela oblige à couper au préalable la tête des épingles pour pouvoir, sans les arracher, enlever la plaque à travers laquelle elles ont été enfoncées. On peut supprimer cette opération préalable, et se servir d'épingles de diamètre quelconque, en employant un patron en métal disposé comme le montre

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

la figure 2. Soient : A B, la briquette de ciment, dont la forme extérieure reste pour le moment indéterminée; C et D, les deux épingles qui sont appuyées dans deux angles formés par deux petites lames de métal soudées obliquement aux deux extrémités du diamètre d'une plaque de métal circulaire, dont on ne conserve que les parties voisines de ce diamètre. Cette plaque porte en son centre, au-dessus, une petite tige E, qui sert à la prendre et, en dessous, une aiguille F, qui sert à la maintenir en place sur la briquette.

Une fois les épingles enfoncées, on fait tourner le système en tenant le bouton entre les doigts, l'aiguille inférieure servant d'axe de rotation, et on l'enlève lorsque les épingles sont dégagées.

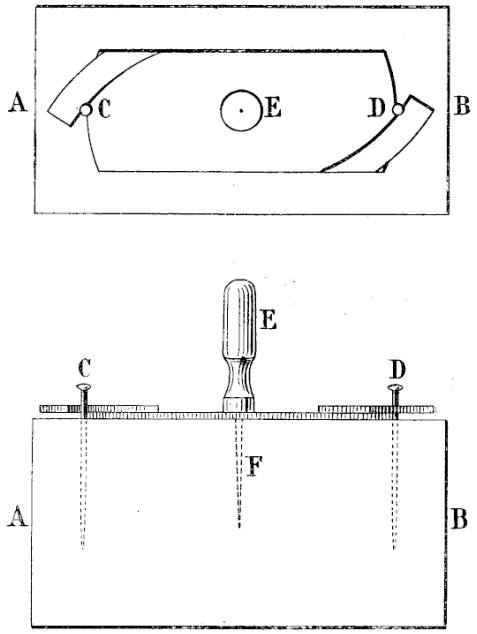


Fig. 2.

Pour mesurer les distances des épingles, il faut avoir soin de ne pas forcer le coin, qui pourrait les écarter ou, tout au moins, les faire fléchir. En vue de remédier à cette cause d'erreur M. Klebe recommande d'incliner la briquette de façon que le coin posé sur elle glisse doucement sous l'action de son poids, et vienne s'appliquer seul sur les épingles. Mais le réglage de cette inclinaison est délicat, et il m'a semblé qu'on obtiendrait beaucoup plus facilement le même résultat en suspendant (fig. 1) le coin à un double fil comme le serait un pendule et approchant la briquette à la main. On est certain ainsi de n'exercer qu'un effort tout à fait négligeable si on arrête le mouvement de la briquette de ciment aussitôt que l'on voit le coin se déplacer par le contact des épingles.

Le premier point à étudier était le degré de comparabilité des mesures faites par cette méthode. Les briquettes employées avaient la forme de prismes carrés de 30 millimètres de côté et 60 millimètres de hauteur. Les épingles étaient implantées à 45 millimètres de distance sur une des faces latérales. Les deux arêtes du coin employé pour les mesures, étaient inclinées l'une sur l'autre au 1/10, de sorte que chaque millimètre de la graduation correspondait à $0^{mm},1$ de changement de la distance relative des épingles.

Le tableau ci-dessous donne l'écartement des aiguilles en 1/10 de milli-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mètre après action de l'eau chaude. Sur une même ligne horizontale, on a placé les résultats obtenus dans des expériences simultanées. Ces expériences ont été faites avec les mêmes ciments que les précédentes.

1re série. Ciment A.	32,5	30	31
2e série. 0,5 de ciment A + 0,5 de ciment B.	4,5	4	6

Les briquettes de la première série sont fendillées et parfois déjetées, de telle sorte que, suivant le point d'implantation des aiguilles, les résultats auraient pu varier notablement. Pour se rendre compte de l'importance des écarts pouvant ainsi se produire, on a fait de nouvelles séries en implantant sur une même briquette deux groupes d'épingles, les uns près d'un bord, les autres près de l'autre.

3e série. Ciment A.	35,5 et 41	43,5 et 39
4e série. Ciment A.	27 et 29,5	28,5 et 28

Si l'on rapproche entre eux le nombre de chaque série, on voit que les écarts entre deux briquettes différentes sont du même ordre de grandeur que les écarts entre deux régions d'une même briquette. Les irrégularités, toujours assez faibles, sont inhérentes au phénomène lui-même. L'ouverture des fentes, qui est un des éléments importants du gonflement, se fait d'une façon irrégulière d'un point à l'autre. Il n'y a pas lieu de comparer entre elles les deux séries différentes du tableau précédent parce qu'elles ont été effectuées dans des conditions différentes, qui les empêchent d'être comparables; dans la série 4, l'immersion dans l'eau chaude n'a eu lieu que trois jours après le moulage des briquettes, tandis que, dans la série 3, elle a eu lieu, suivant l'usage habituel, le lendemain de la confection des briquettes. L'écart entre la série 1 et la série 3 paraît résulter de l'écart dans la température ambiante, qui était beaucoup plus élevée pour la première série faite au mois d'août que pour la troisième, faite au mois d'octobre. L'extinction de la chaux avait dû, dans le premier cas, avancer davantage pendant la durée même de la prise.

Il y avait lieu de chercher ensuite si le gonflement observé avec un ciment donné est indépendant des dimensions des briquettes. Pour se placer dans des conditions tout à fait comparables, on a, dans une première série, placé sur une même briquette rectangulaire deux séries d'épingles, les unes parallèles à la grande dimension du prisme, et distantes entre elles de 45 millimètres, et les autres perpendiculaires à la direction précédente, et distantes entre elles de 25 millimètres. Les dimensions du prisme, dans les deux directions correspondantes, étaient de 60 millimètres et de 30 millimètres. Ces expériences sont les mêmes que celles dont on tire les nombres des séries 3 et 4 du tableau précédent. On donnera ici, pour faciliter la comparaison, non plus les allongements bruts

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

observés, mais le quotient de ces allongements par les distances respectives des aiguilles (25 et 45 millimètres), c'est-à-dire les allongements relatifs pour 100.

				Moyenne.
Série 3	Grande dimension.	8,4	9,4	8,9
	Petite dimension.	8	7,8	7,9
Série 4	Grande dimension	6,3	6,4	6,35
	Petite dimension.	5,7	5,5	5,6

On voit donc que le gonflement relatif est plus grand suivant la plus grande dimension. Pour s'assurer que c'était bien là un fait général, on a mesuré le gonflement d'une baguette de 200 millimètres de longueur et 10 millimètres de côté, qui s'est cassée d'ailleurs aussitôt la mesure faite. Le gonflement trouvé pour le même ciment a été de 11,3 p. 100.

En résumé, ce procédé des épingles est, quand on se place dans des conditions identiques à elles-mêmes, au moins aussi comparable que celui des moules à aiguilles; mais comme, avec ces derniers, les résultats obtenus dépendent des formes et dimensions des briquettes essayées, celles-ci doivent donc être définies si l'on veut instituer un procédé d'essais qui soit comparable à lui-même.

3° *Procédé des galettes comprimées.* — Les deux procédés de mesure du gonflement à chaud qui viennent d'être décrits ont l'inconvénient d'exiger, pour leur emploi, un temps relativement long. L'immersion des briquettes dans l'eau chaude ne peut avoir lieu qu'après l'achèvement complet de la prise, qui demande généralement plusieurs heures et même plusieurs jours dans le cas des chaux hydrauliques. Ces retards n'ont pas grande importance si les mesures sont faites en vue d'essais de réception dont la durée est toujours très longue. Il en est tout autrement quand ces essais ont pour but de contrôler la marche de la fabrication dans une usine; la rapidité est alors la qualité la plus importante à leur demander.

J'ai pensé que l'on pourrait accélérer l'essai à chaud en supprimant le durcissement préalable des briquettes, ou plutôt en le remplaçant par une agglomération mécanique obtenue par la compression d'une pâte très sèche. On obtient ainsi des briquettes assez solides pour pouvoir être immédiatement maniées sans accident; il n'est pas possible de les immerger dans l'eau chaude, qui les délayerait immédiatement, mais on peut les chauffer sans aucun risque dans une étuve humide. Le gonflement est beaucoup plus régulier qu'avec les briquettes ordinaires; il ne se produit pas de fissures; toute la masse gonfle uniformément. Les briquettes peuvent doubler de dimensions sans se désagréger; des ciments semblables, essayés par les autres procédés, tomberaient en bouillie dans l'eau chaude et ne pourraient se prêter à aucune mesure.

Les expériences faites par cette méthode ont montré que, dans des conditions identiques, les résultats sont bien comparables entre eux;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Dans une première série d'expériences, on a employé des galettes de 80 millimètres de diamètre et 10 millimètres d'épaisseur, gâchées avec 15 p. 100 (quand la proportion correspondant à la part normale est de 25 p. 100) et comprimées à une pression de 30 kilogrammes par centimètre carré. Des épingles ont été implantées en trois points formant les sommets d'un triangle équilatéral et distants entre eux de 45 millimètres. Les déplacements relatifs de ces épingles, exprimés en 1/10 de millimètre après un séjour de trois heures à l'étuve humide à 100°, ont été :

	I	II	Moyenne.
1re série	19,5-21-19,5	19,5-18-17,5	19 soit 4,2 p. 100
2e série	26 -27-26	28-26,5-27	26,7 — 5,9 —

Ces expériences ont été faites avec le même ciment A que précédemment, mais un peu plus éventé. Dans la première série, les briquettes ont été portées à l'étuve vingt-quatre heures après leur confection, dans la seconde immédiatement après leur confection. On remarque que, dans la première série, l'écart extrême avec la moyenne est de 2 unités et dans la seconde de 3 unités. Or, chaque mesure comporte deux lectures faites, à une unité près chacune. Les écarts ne dépassent donc pas ceux qui doivent résulter des erreurs de lecture.

Il était utile de se rendre compte de l'influence de la pression, de la quantité d'eau de gâchage et de la dimension des briquettes sur la valeur du gonflement observé. Une série d'expériences faites dans ce but a porté sur deux séries de galettes les unes de 78 millimètres de diamètre, les autres de 21 millimètres, avec deux proportions d'eau de gâchage 10 et 15 p. 100 et avec des compressions qui ont varié de 10 kilogrammes à 80 kilogrammes par centimètre carré pour les grandes briquettes, de 250 kilogrammes à 2200 kilogrammes par centimètre carré pour les petites.

Dans le tableau ci-dessous, les gonflements sont exprimés en 1/10 de millimètre.

GALETTES DE 78 MILLIMÈTRES DE DIAMÈTRE

Pression en kilogr. par c. carré.	10	20	30	40	50	60	70	80	Gonflement moyen p. 100.
Eau de gâchage = 10 p. 100. .	70	70	70	70	70	67,5	67,5	66	6,9
— = 15 — . .	»	»	70	66,5	66	66	66,5	67	8,6

GALETTES DE 21 MILLIMÈTRES DE DIAMÈTRE

Pression en kilogr. par c. carré.	150	300	450	600	750	900	1050	1200	Gonflement moyen p. 100.
Eau de gâchage = 10 p. 100.	23,1	22,8	21,3	20,6	16	21	22,8	20,6	9,7
— = 15 —	21,3	23	18,7	21	24,3	21	21,3	22,8	10,0

Les mesures ont été faites, pour la série des grandes galettes, avec un décimètre ordinaire, pour les petites avec un pied à coulisse.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ces expériences montrent bien nettement que les résultats obtenus sont indépendants de la pression employée pour la compression et de la quantité d'eau des gâchages. Les écarts d'une expérience à l'autre ne suivent aucune loi régulière et ne peuvent être attribués qu'aux erreurs accidentelles. Ces erreurs accidentelles sont beaucoup plus grandes que dans la série précédente, faite avec des épingles implantées dans la masse. Cela tient à ce que les gonflements au voisinage de la surface libre amènent des soulèvements irréguliers, qui viennent s'ajouter au gonflement d'ensemble de la masse. Ces soulèvements superficiels doivent être indépendants du diamètre de la galette, et c'est là ce qui explique que le gonflement proportionnel soit notablement plus élevé pour les petites galettes que pour les grandes.

On peut donc conclure de ces résultats que, pour avoir, par ce procédé, des mesures précises, il ne faut pas employer de galettes d'un diamètre inférieur à 50 millimètres. Pour les expériences d'usine, on pourra se contenter de l'emploi du pied à coulisse, mais si ces mesures devaient être utilisées pour des essais de réception, il serait préférable de recourir à l'implantation d'épingles.

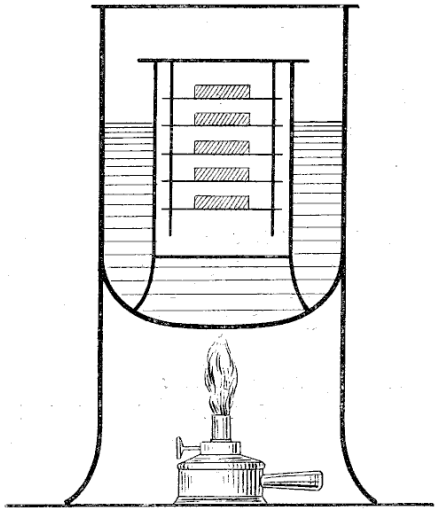


Fig. 3.

Pour pouvoir implanter ces épingles sans provoquer de fentes, il faut que les briquettes ne soient pas trop dures. On est dans de bonnes conditions en employant une quantité d'eau égale aux deux tiers de celle qui correspond à la pâte normale et une compression d'une dizaine de kilogrammes par centimètre carré. Celle-ci, d'ailleurs, n'a pas besoin d'être mesurée, et la compression peut être obtenue en frappant sur la tête du piston à coups de marteau. Il suffit que la pâte ait assez de consistance pour que l'on puisse manipuler la briquette sans la déformer.

Le point le plus délicat, pour la réussite de cet essai, est la bonne organisation de l'étuve, qui doit permettre l'obtention d'une température uniforme de 100° sans risque de dessécher les briquettes par évaporation, ni de les délaver par condensation d'eau. La disposition suivante donne de bons résultats. Les briquettes sont disposées (fig. 3) sur une petite étagère métallique, suspendue à un couvercle métallique de diamètre supérieur à celui de chacun des plateaux. Cette étagère est placée dans un vase qu'elle ferme complètement par son couvercle supérieur; il y a un peu d'eau au fond de ce vase. Il est lui-même

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

immergé dans un vase de forme semblable, mais plus grand, rempli jusqu'à moitié hauteur d'eau bouillante et fermé à sa partie supérieure par un couvercle métallique non jointif.

Si l'on veut rapprocher la valeur du gonflement à l'eau chaude mesuré par ces divers procédés, on trouve, entre les résultats, des différences assez grandes, imputables non pas aux incertitudes des mesures, mais au phénomène lui-même, qui varie avec les conditions dans lesquelles le liant hydraulique est placé. Il est donc indispensable, pour avoir des résultats comparables, de définir toutes ces conditions avec une grande précision. Le tableau ci-dessous résume les gonflements relatifs trouvés par chacun des procédés étudiés dans cette note, pour un même ciment pris à une même époque, c'est-à-dire à un même état d'éventement.

	Gonflement p. 100.
Procédé des moules :	
Moules de 30 millimètres de hauteur et épaisseur de 1 millimètre. .	2,9
— — — — $0^{mm},5$.	3,7
— — — — $0^{mm},25$	4,5
Procédé des épingles :	
Briquettes de 0,60 × 30 × 30 dans la longueur	8,9
— — dans la largeur	7,9
Baguette de 200 × 10 × 10 dans la longueur.	11,3
Procédé par compression :	
Galettes de 78 millimètres. Épingles distantes de 45 millimètres. .	7,9
— — Diamètre extérieur	8,7
— 21 — Diamètre extérieur	9,8

Cette comparaison demanderait d'ailleurs à être continuée sur un plus grand nombre d'échantillons choisis de façon à donner des gonflements notablement différents les uns des autres.

L'impression qui résulte de ces expériences, mais qui ne pourrait être transformée en opinion définitive qu'après des études plus complètes est que si chacun des procédés reste bien comparable à lui-même, le procédé par compression présente une série d'avantages de détail qui doivent lui faire donner la préférence.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

FABRICATION DES CARREAUX MOSAIQUES AMÉRICAINS

(*Sprech Saal*, t. XXXI, 18 août 1898, p. 1015).

Pour fabriquer ces carreaux mosaïques, on emploie généralement un moule formé par une série de cellules séparées par des lames de plomb, et dans lesquelles on met chaque couleur. Pour placer ces couleurs, on a autant de patrons découpés dans une

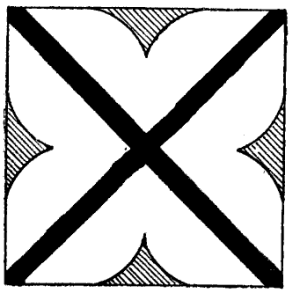


Fig. 1.

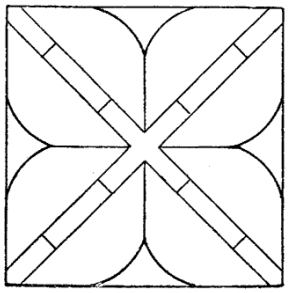


Fig. 2.

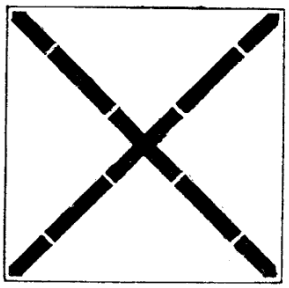


Fig. 3.

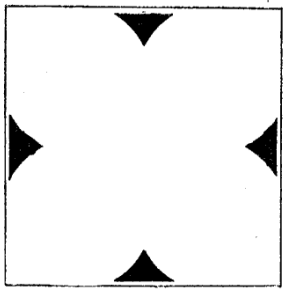


Fig. 4.

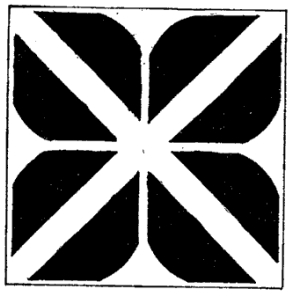


Fig. 5.

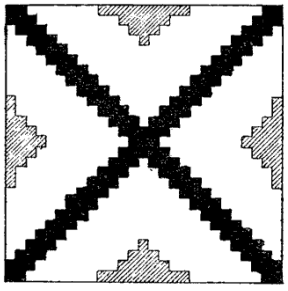


Fig. 6.

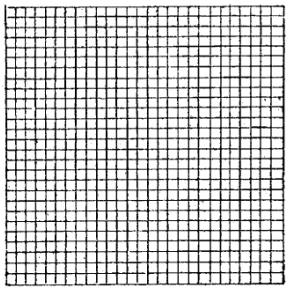


Fig. 7.

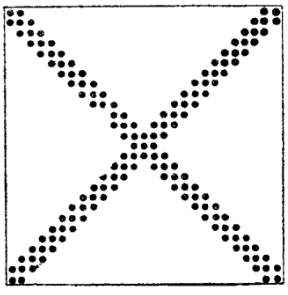


Fig. 8.

lame de plomb qu'il y a de couleurs. On en applique un sur le moule, et on verse la couleur à travers les ouvertures.

Pour obtenir le carreau de la figure 1, on se sert du moule 2, sur lequel on applique le patron 3 pour le noir, le 4 pour le rouge, enfin le 5 pour le blanc.

On retourne alors le moule dans la forme vide de la presse.

On ne peut évidemment employer ce procédé que lorsqu'on a à exécuter un dessin simple un très grand nombre de fois.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

M. Hermann C. Müller a imaginé un procédé un peu différent. Le moule principal est un quadrillage, et les patrons sont en papier perforé à la machine. Les figures 6, 7,

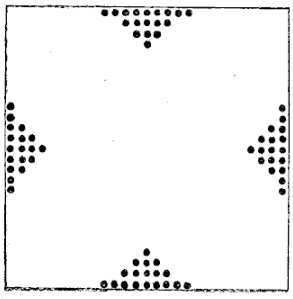


Fig. 9.

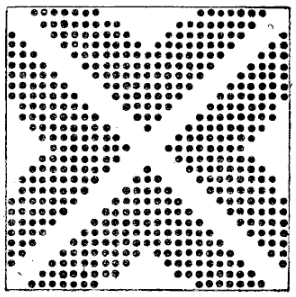


Fig. 10.

8, 9 et 10 expliquent la fabrication d'un carreau semblable au précédent par ce procédé. Les lignes sont naturellement brisées, comme le montre la figure 11.

Pour faire les patrons, on commence par peindre le sujet grandeur naturelle; on le

Fig. 11.

découpe à la dimension des carreaux, puis on applique dessous une feuille de papier. On perce, au moyen d'un emporte-pièce spécial, des trous sur toute l'étendue d'une couleur. On fait de même pour toutes les couleurs. On est ainsi assuré d'avoir un trou et un seul pour toutes les cases. C. L. C.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

NOTES DE MÉCANIQUE

L'ÉVOLUTION DE LA LOCOMOTIVE, D'APRÈS **M. W. P. Marshall** (1).

1812. — La locomotive date pratiquement de celle de Blenkinsop, installée en 1812 sur le tramway de la houillère de Midleton à Leeds, où elle fonctionna pendant cinquante ans sur un parcours de 5^{km},5. Cette machine (fig. 1), construite par Matthew Murray de Leeds, pour M. Blenkinsop, avait une chaudière cylindrique de 3^{m} × 1^{m},20

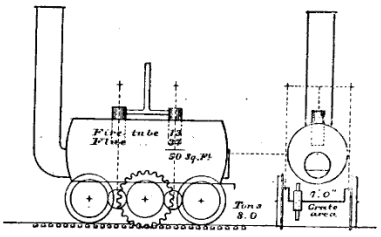


Fig. 1. — Blenkinsop, 1812.

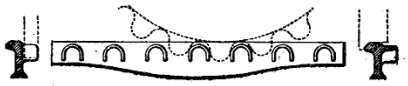


Fig. 1 *bis*. — Rail à crémaillère *Blenkisop*.

de diamètre, avec un seul tube de foyer de 4^{m2},64 de surface de chauffe. Deux cylindres verticaux de 200 millimètres de diamètre, à moitié plongés dans la chaudière, attaquaient par croisillon bielles pendantes et manivelles deux pignons en prise avec une roue dentée engrenant (fig. 1 *bis*), avec un rail à crémaillère à dents latérales espacées de 150 millimètres laissant la jante de la roue porter sur le talon du rail.

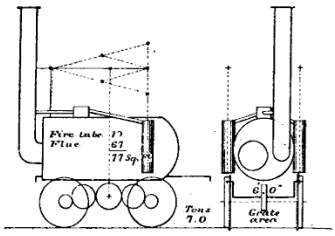


Fig. 2. — Puffing Billy, 1813.

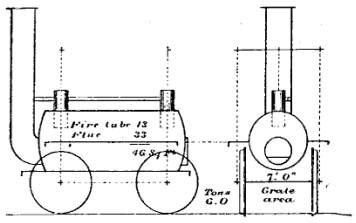


Fig. 3. — Killingworth, 1815.

1813. — La locomotive Puffing Billy sur la ligne de Wylam Colliery (fig. 2), construite par W. Hedley, est la première machine qui fonctionna avec bandages lisses sur rails unis : elle marcha pendant cinquante ans sur un parcours de 8 kilomètres de Wylam à Leamington. Elle est actuellement exposée au musée de South-Kensington.

(1) *Institution of Civil Engineers, London*, mars 1898, vol. CXXXIII.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Chaudière cylindrique de $2^m,70 \times 1^m,23$; foyer à retour de flamme de $7^{m2},15$ de chauffe. Deux cylindres de 200 millimètres de diamètre, avec enveloppes de vapeur, verticaux, de chaque côté de la chaudière, et commandant les deux essieux moteurs par balancier, parallélogramme, bielle, faux essieu et trains de pignon doublant la vitesse. Actuellement à South-Kensington.

1815. — La Killingworth (fig. 3), première locomotive de Stephenson, fit pendant quarante ans le service de la mine de Killingworth à la Tyne : longueur $6^{km},5$: pre-

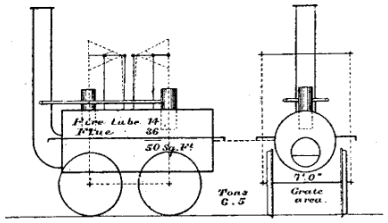


Fig. 4. — Darlington, 1825.

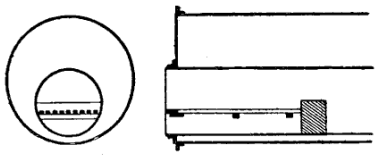


Fig. 4 *a*. — Grille de la Darlington.

mière machine actionnant ses roues motrices directement par manivelles : chaudière cylindrique de $2^m,96 \times 1^m,20$, avec un seul tube foyer de $4^{m2},64$ de chauffe, grille de $0^{m2},65$. Deux cylindres verticaux de 230 millimètres à demi, plongés dans la chaudière, commandant par croisillon, bielles et manivelles, les roues accouplées d'abord par chaînes puis par bielles. Actuellement exposée dans la gare de Newcastle.

1825. — Ouverture du chemin de fer de Stockton-Darlington, longueur 32 kilomètres — avec locomotives de Stephenson analogues (fig. 4 et 4_a) à la Killingworth : chauffe totale de $4^{m2},64$, mais avec cylindres de 250, balancier et parallélogrammes.

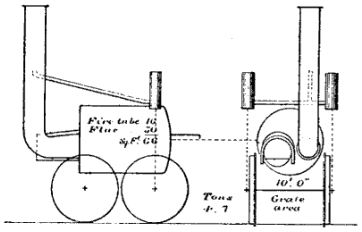


Fig. 5. — Sanspareille, 1829.

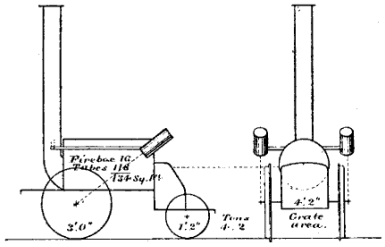


Fig. 6. — Rocket, 1829.

La première de ces machines, qui marcha pendant vingt ans, est exposée à la gare de Darlington.

1829. — La Sanspareille (fig. 5) construite par Hackworth pour le concours de Liverpool-Manchester : plus petite que la précédente en raison de la limitation du poids à $4^t,1/2$, avait une chaudière cylindrique de $1^m,80 \times 1^m,25$, avec foyer à retour de flammes de $1^{m2},49$ de chauffe, grille de $0^{m2},93$, dépassant la chaudière de $0^m,90$, avec demi-enveloppe d'eau en dessus : boîte à fumée dépassant la chaudière de $0^m,60$, avec enveloppe d'eau, chauffe totale de $6^{m2},13$. Deux cylindres verticaux de 180 millimètres, attaquant directement par bielles et manivelles les roues d'arrière accouplées à celles

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

d'avant. Actuellement à South-Kensington. Cette machine ne put parcourir que 45 kilomètres sur les 96 kilomètres du concours, et à la vitesse de 22 kilomètres.

La FUSÉE de Stephenson (fig. 6) parcourut les 96 kilomètres à la vitesse moyenne de 22 kilomètres, y compris les arrêts tous les $2^{km},5$, et maxima de $38^{k},5$; elle remporta le prix. C'était la seule machine avec chaudière tubulaire cylindrique de $1^{m},80 \times 1$ mètre, 25 tubes en cuivre de 76 millimètres de diamètre, chauffe $10^{m2},96$, et, boulonnée au corps cylindrique, une boîte à feu séparée de $0^{m},60$ de long sur $0^{m},95$ en largeur, foyer de $1^{m2},49$, à grille de $0^{m2},39$, en cuivre, avec muraille d'eau de 63 mil-

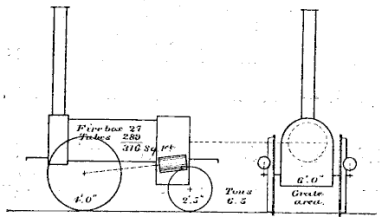


Fig. 7. — Northumbrian, 1830.

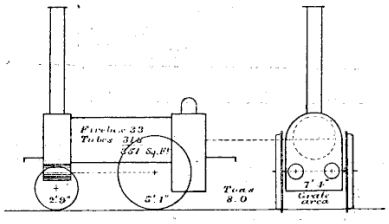


Fig. 8. — Planet, 1830

limètres d'épaisseur sur les côtés et (fig. 24) garnissage réfractaire à l'avant; le haut de la boîte à feu était relié par un tube à la vapeur de la chaudière, et les côtés à son eau par deux tubes latéraux. Deux cylindres inclinés, de 200 millimètres de diamètre, fixés à la boîte à feu, attaquaient directement l'essieu d'avant, à roues de $1^{m},40$. Cette locomotive a marché huit ans sur le Liverpool-Manchester Ry; elle est exposée à Kensington.

1830. — La Northumbrian (fig. 7) avec foyer de $2^{m2},50$, grille de $0^{m2},56$, prototype des foyers actuels, tubes de $26^{m2},9$, et cylindres fixés à la boîte à feu.

La Planète (fig. 8), avec cylindres horizontaux intérieurs sous la boîte à fumée, essieu moteur à l'arrière; type resté en vigueur jusqu'à ce que les dimensions de la locomotive, et l'instabilité causée par le porte à faux du foyer obligèrent, en 1836, à l'addition d'un deuxième essieu porteur (fig. 10) poids 12 tonnes, cylindres de 300 millimètres de diamètre, roues motrices de $1^{m},50$. Foyer de $3^{m2},06$, grille de $0^{m2},69$, tubes de $29^{m2},6$.

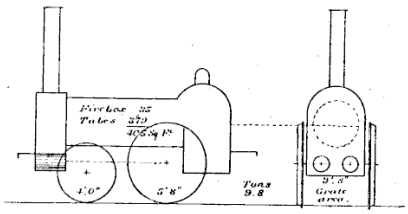


Fig. 9. — Bury, 1837.

1837. — Machines de Bury à quatre roues, longtemps employées exclusivement sur le London and Birmington Ry, puis abandonnées pour les machines plus fortes à six roues. Foyer de $3^{m2},25$. Grille de $0^{m2},91$, tubes de $34^{m2},4$.

1841. — Locomotive à longue chaudière (fig. 11) construite par Stephenson, avec trois essieux, tous sous le corps cylindrique : longerons en une seule tôle, au lieu de fer et bois, comme dans les types précédents. Cylindres boulonnés aux longerons avec tiroirs verticaux commandés directement par les excentriques au lieu d'être horizontaux et commandés par un renvoi, disposition devenue universelle, sauf en Amérique. Foyer de $5^{m2},76$. Grille de $0^{m2},97$, tubes de 88^{m2}.

1850. — Locomotives express de M. Mac Connell (fig. 12), à roues libres de $2^{m},13$,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

cylindres intérieurs de 406 millimètres de diamètre. Foyer de 13^{m2}, grille de 1^{m2},58 cubes de 107,^{m2}.

1864. — Locomotives express de Connor (fig. 13), pour le Caledonian Ry. Roues

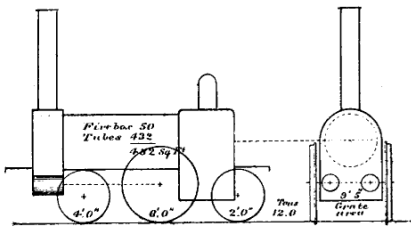


Fig. 10. — Machine à six roues, 1836.

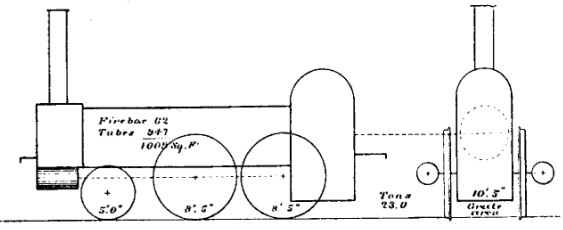


Fig. 11. — Machine à longue chaudière, 1846.

libres de 2^{m},44; cylindres de 406 millimètres; très employées sur ce réseau jusqu'à nos jours; premières machines à roues de 2^{m},44 sur voie ordinaire. Foyer de 8^{m2},26, tubes de 100^{m2}, grille de 1^{m2},29.

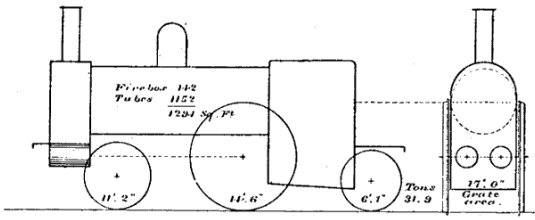


Fig. 12. — London and North Western, 1850.

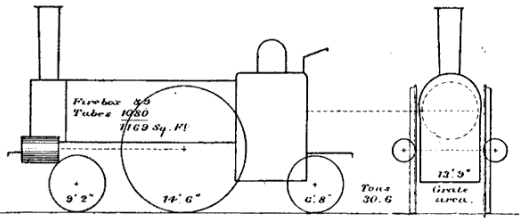


Fig. 13. — Caledonian, 1864.

1870. — Express de Stirling (fig. 14) à roues libres de 2^{m},44, cylindres extérieurs de 460 millimètres. Charge de l'essieu moteur 18 tonnes, avec bogie à quatre roues, aussi chargé de 18 tonnes. Foyer de 10^{m2},12, grille de 1^{m2},64, tubes de 86^{m2},4, poids 44^{t},9.

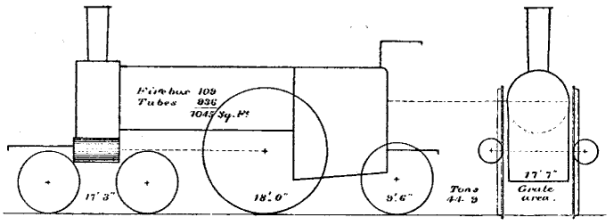


Fig. 14. — Great Northern, 1869.

1895. — Type actuel des express du Great Western (fig. 16) à cylindres de 560 millimètres, quatre roues couplées de 2^{m},10, poids 51 tonnes. La disposition des essieux des machines type Marié, du Paris-Lyon (1878) (fig. 15) donne une plus grande stabilité et une meilleure répartition des charges sur les roues motrices, sans obligation de charger l'arrière de la machine d'une masse de fonte allant jusqu'à 3 tonnes. Ce type de machine

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

s'est répandu sur le continent et sur le London and North Western (machines Compound) mais avec des tubes moins longs et des boîtes radiales à l'avant.

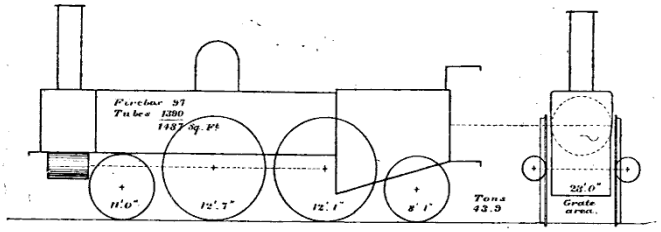


Fig. 15. — Paris-Lyon, 1878. Foyer de 9^{m2}; grille $2^{m2},13$; tubes 129^{m2}.

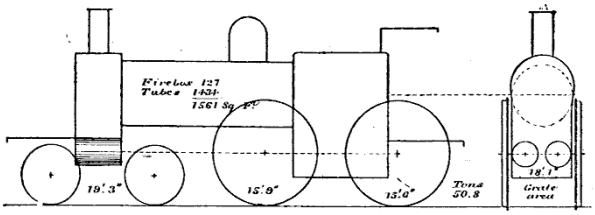


Fig. 16. — Great Western, 1894. Foyer de $11^{m2},8$; grille de $1^{m2},68$; tubes de 133^{m2}.

Le tableau ci-dessous spécifie les principales caractéristiques des locomotives précédemment décrites.

Dates.		Diamètre des cylindres. Mm.	Diamètre des roues motrices. Mètres	Poids de la machine Tonnes.	Timbre. Kilogr.
1829	La *Fusée*.	200	1,40	4	3,5
1830	Planet	280	1,50	8	3,5
1836	Machines à 6 roues.	300	1,50	12	3,5
1843	—	380	1,80	18	5,6
1850	—	400	2,10	32	7
1864	—	445	2,40	30,5	9
1870	Machine à 8 roues	460	2,40	45	10
1886	—	460	2,10	42	11,5
1895	—	480	2,10	48	12
1895	—	510	2,10	51	12,5

Chaudière. — (*1830*). Les chaudières avaient leurs tôles rivées à recouvrement et se corrodaient aux rivures par la flexion locale des tôles à chaque mise en pression. (*1845*) Introduction des rivures longitudinales à couvre-joints simples puis doubles, comme aujourd'hui. Rivures transversales télescopiques à recouvrement. (*1860*) Essais de joints soudés au lieu de rivures, rapidement abandonnés. (*1875*) Remplacement des tôles de fer par les tôles d'acier doux, plus résistantes et homogènes. Goussets, puis tirants rivés au corps cylindrique pour armer la chaudière, remplacés par de longs boulons, avec écrous intérieurs et extérieurs, allant de la plaque d'avant à celle d'arrière.

Tubes. — (*1829*). Les tubes de *La Fusée* étaient en cuivre sans viroles. (*1833*) Rempla-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

cement du cuivre par le laiton : trous de la plaque tubulaire agrandis de $1^{mm},5$ pour faciliter l'introduction des tubes. (*1866*) Tubes mandrinés et rabattus puis garnis de viroles au foyer seulement, principalement pour en protéger les bouts de la flamme. Emploie des tubes en fer puis en acier doux avec des eaux s'y prêtant et, souvent, une légère courbure vers le haut pour qu'ils s'arquent tous dans le même sens par la dilatation et ne se touchent pas. (*1890*) Écartement des tubes porté à 20 millimètres et en rangées verticales, pour faciliter le dégagement de la vapeur. Introduction des tubes à ailettes *Serve*. Chaudière *Flaman* du chemin de fer de l'Est (fig. 31) avec grand dôme de vapeur longitudinal et corps cylindrique rempli par les tubes donnant une grande surface de chauffe sans exagérer la longueur des tubes.

Le tableau ci-dessous donne les principales caractéristiques de l'évolution des tubes.

		SURFACE DE CHAUFFE.			TUBES.						
Années.		Totale.	Foyer.	Tubes.	Nombres.	Diamètre.	Longueur.	Diamètre du corps cylindrique.	Diamètre des cylindres.	Diamètre des roues motrices.	Poids de
		M².	M².	M².		Mm.	Mèt.	Mèt.	Mm.	Mèt.	Tonnes.
1830	Planet.	32,6	3,06	29,54	107	40	2,10	0,90	280	1,50	8
1836	Locomotives à six roues	41,81	2,81	38	124	40	2,13	1,05	300	1,50	12
1843	Locomotives de Crewe.	70,62	4,74	62	158	44	3,15	1,07	380	1,80	18
1858	Dame du Lac. L. N. W	101,9	7,9	94	192	48	3,25	1,20	400	2,30	27
1862	Caledonian Ry. .	108	8	100	192	48	3,45	1,18	440	2,50	31
1853	Bristol. Exeter. Voie de $2^{m},10$.	117,5	11,5	106	180	44	3,40	1,30	415	2,70	45
1850	Bloomer. L. N. W.	120,2	13,2	107	195	54	3,60	1,23	400	2,10	32
1883	Brigton Ry. . . .	138,4	10,4	128	331	40	3,15	1,37	460	2	39
1894	Great Western Ry.	144,8	11,8	133	266	44	3,50	1,30	500	2,10	50
1880	Tunnel de la Mersey	151	11	140	199	50	4,40	1,40	525	1,40	68
1892	New-York-Chicago Express. .	164,4	14,4	150	258	50	3,60	1,46	470	2,20	55
1890	Tunnel de Saint-Clair. Detroit. .	212,6	15,6	197	281	57	4,05	1,53	560	1,25	87

Échappement. — L'échappement fut d'abord (fig. 1 à 4) dirigé dans la cheminée directement, sans tuyère spéciale; en 1827, *Hackworth* employait (fig. 17) la tuyère mais sans boîte à fumée, disposition qui conduisit *Stephenson* à celle de *la Fusée* (fig. 18), origine des dispositifs actuels, dont l'évolution est représentée par les figures 19 à 23. En 1860, *Macallan* introduisit sur le Great Eastern l'échappement variable. Le *petticoat* (fig. 21), adopté d'abord en Amérique, puis sur le continent, donne un tirage plus également réparti sur l'ensemble des tubes et plus énergique aux tubes inférieurs : on obtient le même résultat (fig. 22) en garnissant le haut de la boîte à fumée d'une tôle de rabat, avec, en avant, un déflecteur ajustable. L'échappement annulaire d'*Adams* (fig. 23), qui entraîne l'air par une nappe de vapeur très étendue et vers le bas de la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

boîte à fumée, égalise aussi et augmente le tirage. Enfin, en 1887, Webb améliorait encore cette égalisation en divisant la boîte à fumée, par une cloison horizontale médiane, en deux parties ayant chacune leur tuyère et leur cheminée.

Pare-étincelles. — C'est en 1864 que fut appliqué le pare-étincelles *Moriarty*, constitué par un cône renversé en toile métallique allant de la tuyère à la cheminée : on a remplacé depuis la toile par des tôles perforées ou des grils plus solides et avertissant quand il s'y produit un trou ; puis, aux États-Unis, on a complété ces pare-étincelles par l'agrandissement de la boîte à fumée (fig. 22), jusqu'à $1^{m},50$ de long, ce qui permet de diminuer le diamètre des trous des tôles perforées sans en réduire la section.

Cheminée. — Les cheminées, en général cylindriques, sont parfois coniques, mais

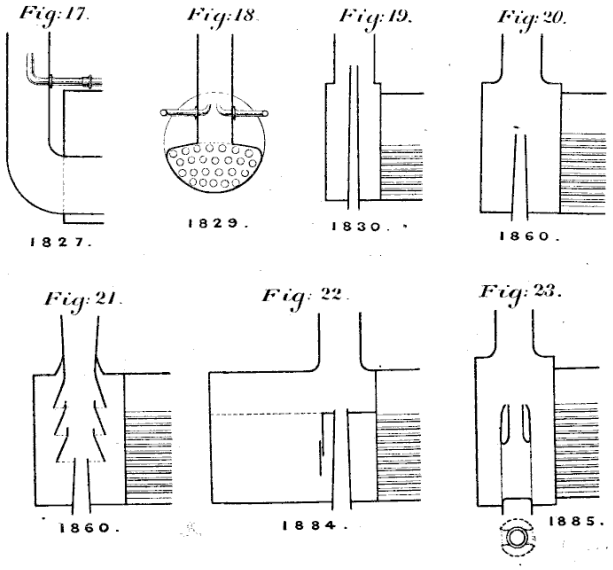


Fig. 17 à 23. — Évolution de la boîte à fumée.

sans grand avantage à cause de leur faible longueur. En Belgique, avec les grandes grilles à menus, on a adopté, pour adoucir le tirage, de grandes cheminées carrées en fonte.

Foyer. — La Northumbrian, qui suivit immédiatement la Fusée, fut la première locomotive à foyer semblable à ceux des machines actuelles, mais sans l'emploi de l'armature à poutrelles du ciel, amorcée seulement par (fig. 25) quatre barrettes longitudinales : puis, à mesure qu'augmentaient la pression de la vapeur et les dimensions du foyer, ces barres s'allongèrent (fig. 26) jusqu'à prendre en 1850 (fig. 27) leur forme actuelle de poutrelles appuyées sur les tôles d'avant et d'arrière du foyer. On remarquera, dans ce foyer de 1850, l'emploi d'un bouilleur divisant la grille en deux parties, dispositif qui, d'abord très répandu, ne tarda pas à disparaître. En 1862, certains foyers avaient jusqu'à $2^{m},10$ de long ; on eut alors recours aux poutrelles transversales (fig. 29), puis (fig. 30) aux entretoises, plus légères, avec les deux rangées de l'avant libres de céder aux dilatations. Les foyers des locomotives américaines, de 3 mètres de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

long, sont armés, sur le tiers avant de leur ciel, par des poutrelles transversales qui en permettent la dilatation, et, pour le reste, au moyen d'entretoises fixes. Ces entretoises sont d'un emploi général sur le continent, mais vissées et rivées, et non pas boulonnées au ciel du foyer, comme dans les foyers *Belpaire*. Quand elles se rompent, la vapeur et l'eau se précipitent au travers de leurs trous sur le feu qui s'éteint en général sans

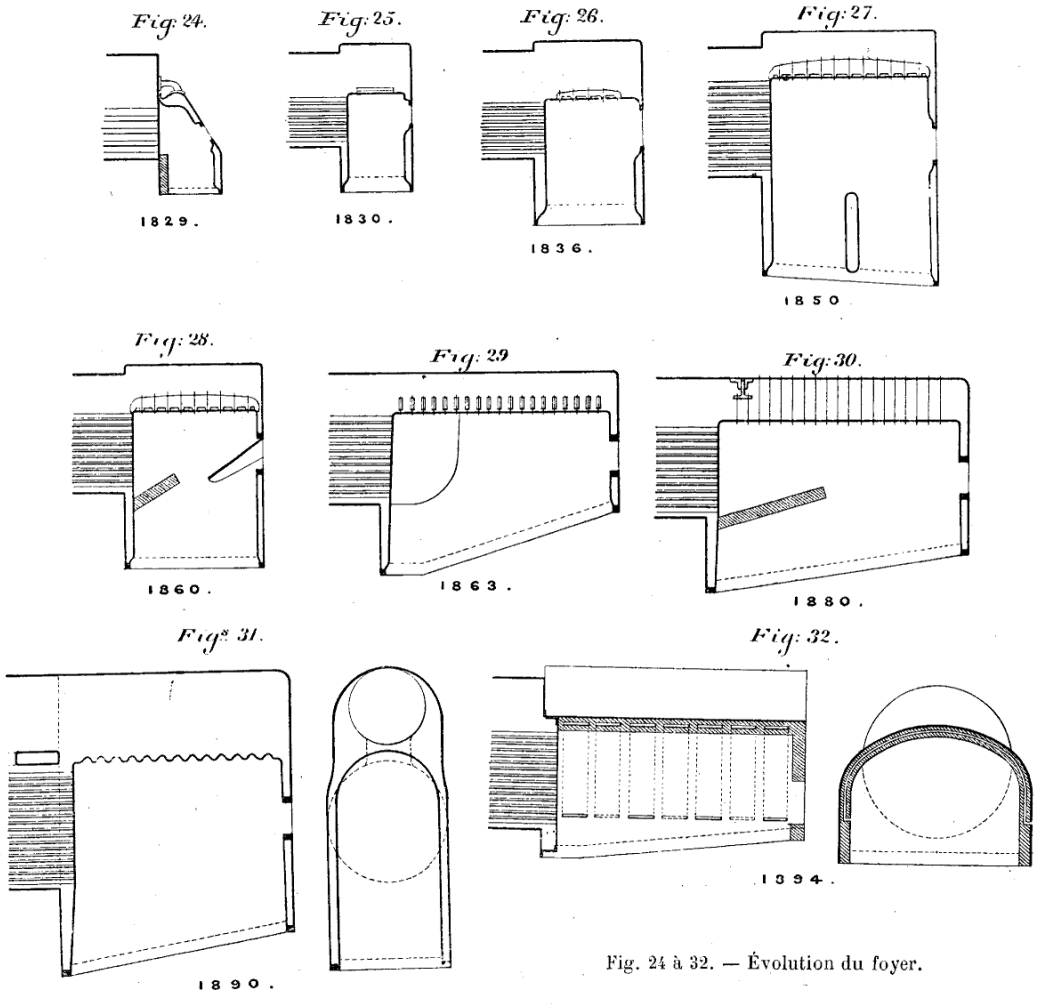


Fig. 24 à 32. — Évolution du foyer.

provoquer d'explosion, comme dans le cas représenté par la figure 33, où le ciel s'est affaissé de $0^m,30$ sans se déchirer. Les explosions fig. 34 et 35 sont dues, comme l'affaissement fig. 33, à un manque d'eau, et démontrent bien l'infériorité de ces anciens types à armature. Dans la chaudière Flaman (1890 fig. 31) on profita de l'élévation de la boîte à feu pour faire le ciel du foyer cylindrique en tôle d'acier ondulée sans armature. En 1894, *Docteur* introduisit (fig. 32) ses foyers sans murailles d'eau,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

à garnitures de briques réfractaires, massives sur la tôle d'arrière, de 100 millimètres d'épaisseur sur les parois et le ciel, avec creux de 25 × 250 millimètres, formant des canaux d'appel d'air ouverts à l'atmosphère alternativement à gauche puis à droite du foyer, et distribuant l'air uniformément au-dessus de la grille. Ces courants d'air rafraîchissent en outre parfaitement les briques, et les tôles des foyers sont moins chaudes que celles des boîtes à feu ordinaires. On augmente la surface de chauffe des

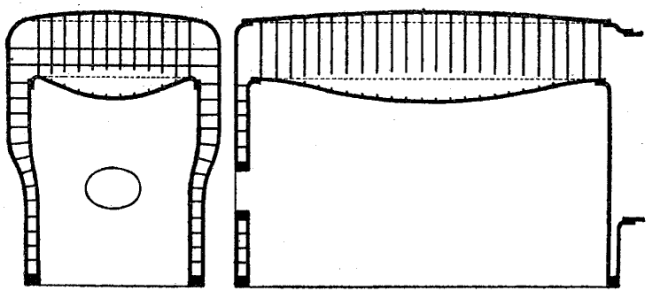


Fig. 33 — Affaissement d'un foyer Belpaire sans explosion.

tubes de celle ainsi enlevée au foyer. La vaporisation de la chaudière reste aussi puissante sans augmentation de la température du gaz dans la boîte à fumée, le large appel de l'air au foyer permet un échappement plus doux, et le renouvellement d'une garniture ne coûte que 100 francs. On avait déjà essayé des foyers de ce genre sur les chemins hongrois (Verderber) en 1879, suisses et prussiens (Bork, 1890).

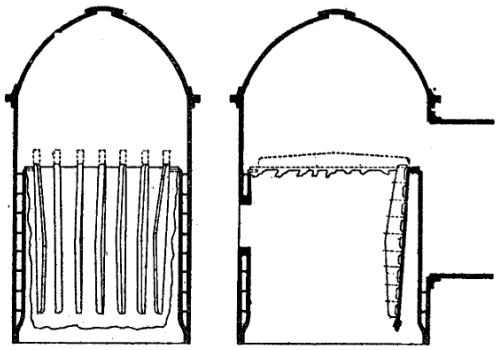


Fig. 34. — Explosion de l'Irk (1846).

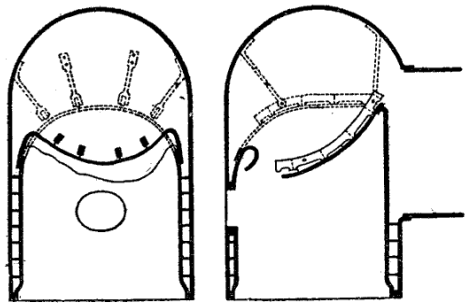


Fig. 35. — Explosion d'un foyer du type Bury.

Les figures 36-39 montrent l'évolution du mode d'attache du foyer au bas de la boîte à feu par simple embouti rivé dans la *Fusée* (fig. 36) puis par des cadres de plus en plus massifs et larges. Les entretoises latérales en cuivre, de 20 millimètres d'épaisseur dès l'origine de la locomotive, ont maintenant 25 millimètres, avec, souvent, un amincissement au milieu, pour mieux céder aux dilatations du foyer, et percées d'un petit trou axial dénotant leur rupture par une fuite de vapeur. On fait parfois les deux rangées supérieures des entretoises en acier, pour les avoir plus résistantes.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

En Amérique, les foyers sont en tôles d'acier doux, qui n'ont pas eu de succès en Angleterre.

Grille. — Constituée d'abord (fig. 40) sur les machines du Stokton-Darlington (1823) par des petits carrelets de 30 millimètres de côté, les barreaux de la grille ont pris successivement, en 1836 et 1840, les formes représentées par les figures 41 et 42. En 1843,

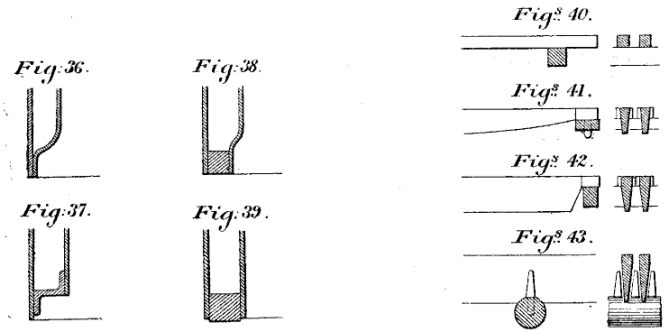


Fig. 36 à 43. — Évolution du cadre du foyer et de la grille.

M. Ramsbottom leur donna la forme figure 43, avec supports en forme de peigne. Les barreaux sont presque toujours en fer et inclinés pour faciliter la descente et la distillation du charbon. En Amérique, en Allemagne, et surtout en Belgique, l'emploi de menus et poussiers inférieurs a conduit à l'adoption de grandes grilles débordantes, avec feu en couche mince, ayant jusqu'à 7 mètres carrés de surface.

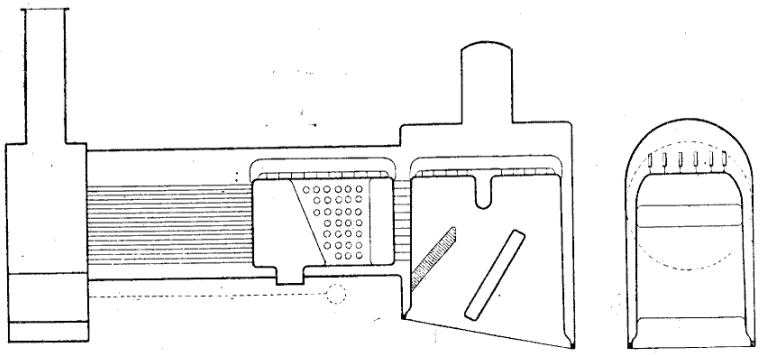


Fig. 44. — *Beattie*, 1859.

Combustible. — On employa d'abord le coke, parce qu'il faisait peu de fumée. En 1842, *Hall* parvint à brûler du charbon au moyen de jets d'air au foyer et du tirage par un souffleur dans la boîte à fumée. En 1853, *Beattie* construisit, pour le London and South Western, le type de chaudière représenté par la figure 44, à chambre de combustion auxiliaire entre le foyer et les tubes, bouilleurs transversal au foyer, longitudinal dans la chambre de combustion, voûte réfractaire au foyer, avec admission d'air par une porte perforée. L'on obtenait ainsi une combustion fumivore, mais par des complica-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tions inutiles et bientôt abandonnées. Il en fut de même de la chaudière *Mac Connel* (fig. 45), essayée sur le London and North Western, à foyer prolongé par une chambre de combustion et très profond : 1m,60; ce foyer avait un grand bouilleur longitudinal qui augmentait sa surface de chauffe, mais pas assez pour compenser l'abaissement de puissance vaporisatrice du ciel occasionnée par son grand éloignement de la grille. De 1860, date l'emploi simultané, par *Markman*, Midland Ry, de la voûte réfractaire

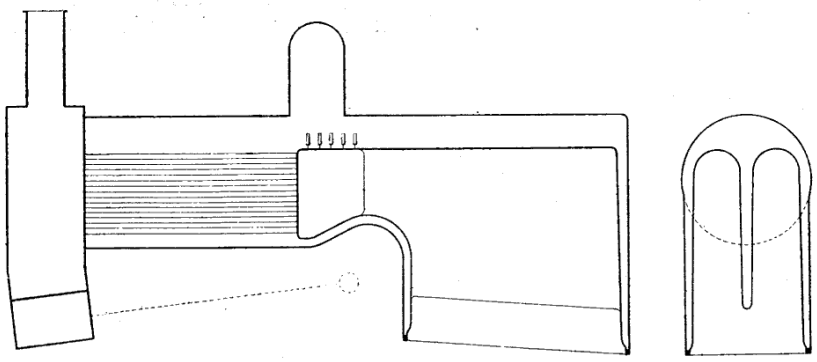


Fig. 45. — Mac Counnel, 1853.

et de l'auvent (fig. 28), brassant les gaz, empêchant l'air de passer directement aux tubes. La grille doit avoir une surface suffisante pour marcher en échappement doux et feu mince. En 1863, *Urquhart* employa avec succès, sur les chemins du sud de la Russie, du pétrole brut, injecté et pulvérisé avec un mélange d'air et de vapeur dans un moufle

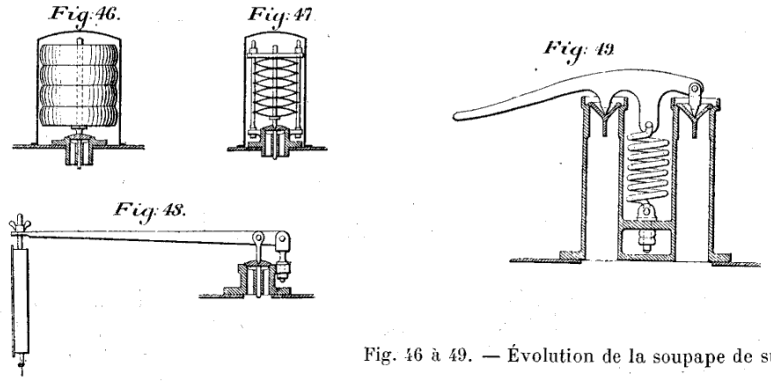


Fig. 46 à 49. — Évolution de la soupape de sûreté.

en briques réfractaires sur grille fermée; en 1891, *Holden* introduisit sur le Great Eastern Ry son système mixte : injection d'une pulvérisation de pétrole, de vapeur et d'air sur un feu mince incandescent de charbon mélangé de chaux, qui donne une combustion intense, très facile à régler. On brûle économiquement poids égaux de charbon et de pétrole.

Soupape de sûreté. — On employa d'abord sur la *Fusée* (fig. 46) une soupape à charge directe par poids, puis (fig. 47) par ressorts, et, en 1830, par ressorts et levier

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

(fig. 48). C'est en 1856 que *Ramsbottom* inventa le type double à ressort central, d'un usage presque universel aujourd'hui (fig. 49). Le timbre des chaudières est passé de $3^{kg},5$, en 1812, à 14 kilogrammes en 1894.

Manomètre. — Jusqu'en 1849, date des manomètres à tube de *Bourdon* et à membrane ondulée de *Schaeffer*, la soupape de sûreté servait de manomètre.

Chassis. — Dans les toutes premières locomotives (1812-1825), la chaudière servait de châssis. Le châssis de la *Fusée* était (fig. 50) en barres de fer de 82 millimètres de large sur 25 millimètres d'épaisseur, avec plaques de garde en fonte rivées

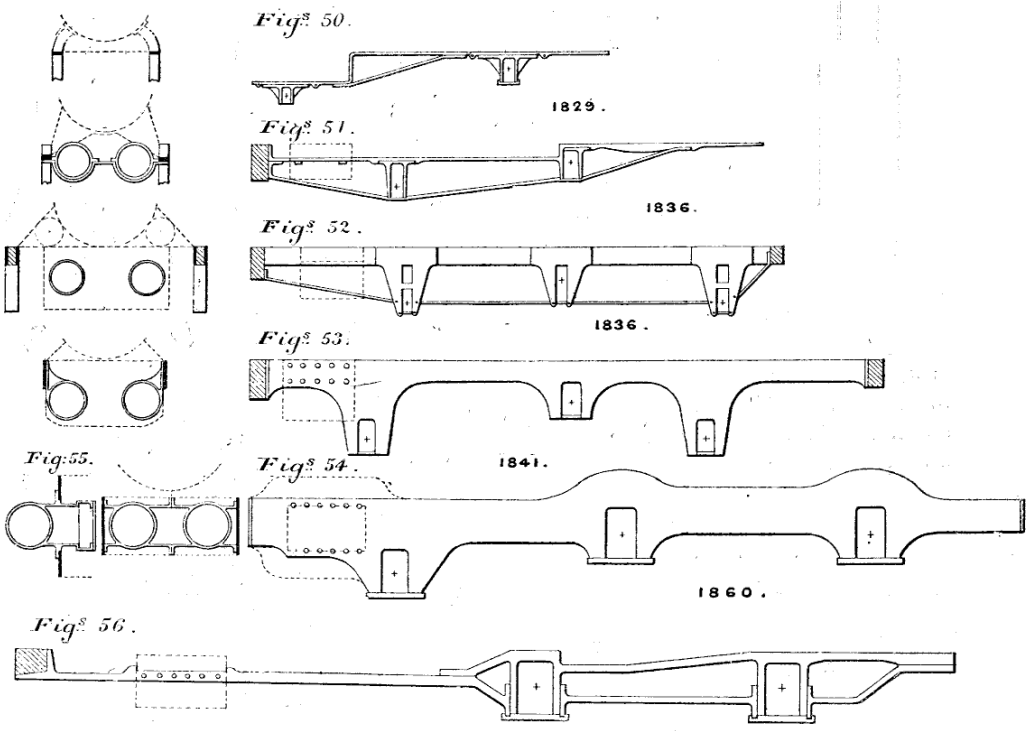


Fig. 50 à 56. — Évolution des châssis.

sur les longerons, chargées par des ressorts comme aujourd'hui; en 1836 (fig. 51), Bury renforça ces châssis à barres; puis on les fit (fig. 52) en bois et fer : ils sont encore universellement employés aux États-Unis sous la forme figure 56 : une barre de 100 millimètres de côté, s'étendant des cylindres au premier essieu moteur, où elle est renforcée par une seconde barre de 100×80, avec gardes forgées sur la première barre. Ces châssis, plus étroits de $0^{m},15$ que ceux à longerons, gênent pour le logement des foyers : ils ont été abandonnés en Europe pour le type à longerons introduit par Stephenson dès 1841 (fig. 53). Leur épaisseur a passé de 20 à 30 millimètres. En 1843, on laissa la chaudière libre de se dilater en glissant sur les longerons à l'arrière par les patins du foyer; en 1855, on remplaça les traverses en bois d'arrière et d'avant par des traverses en tôle de 30 millimètres d'épaisseur; en 1865, on supprima les arceaux qui

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

supportaient le corps cylindrique de la chaudière, bien assez rigide par lui-même. Dans la forme actuelle (fig. 54), les cylindres intérieurs arment d'eux-mêmes l'avant du châssis, dans lequel les cylindres extérieurs sont solidement encastrés, fixés par une boîte en fonte : on fait aujourd'hui les longerons d'une seule tôle laminée en acier doux, et d'une section de 25 × 400 millimètres. Le châssis, tout intérieur, a remplacé presque partout les châssis doubles ou mixtes, c'est-à-dire avec longerons à l'intérieur des roues de l'essieu coudé seulement. Aux États-Unis, les deux cylindres extérieurs sont boulonnés entre eux par leurs appendices, qui constituent un centre pour le pivot du bogie. Enfin, peu à peu, l'on a élevé l'axe de la chaudière jusqu'à $2^{m},70$ au dessus du rail, aux États-Unis, sans nuire à la stabilité de la locomotive, dont

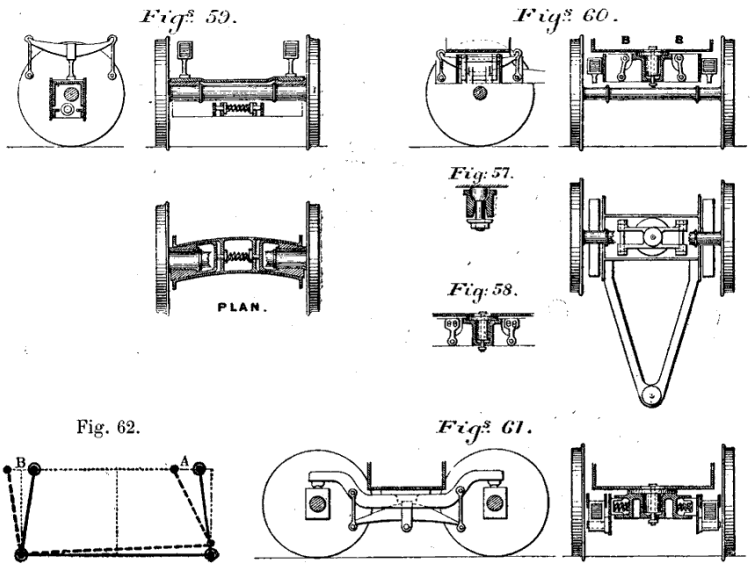


Fig. 57 à 62. — Évolution du bogie.

la chaudière ne représente que la moitié du poids, et dont le centre de gravité total reste encore ainsi beaucoup plus bas que celui d'un wagon en pleine charge.

Bogie. — Le bogie à quatre roues à l'avant de la locomotive a été introduit en Amérique en 1833, par Stephenson, sur une machine pour la Saratoga and Shenectady Ry, et son adoption resta définitive, justifiée, d'ailleurs, par l'irrégularité des voies américaines, irrégularités auxquelles le bogie se prête sans intéresser la masse de la locomotive; puis ces bogies se sont peu à peu répandus en Angleterre et sur le continent, avec l'augmentation de la puissance et de la vitesse des machines. Les premiers bogies avaient (fig. 57) un pivot sphérique, remplacé bientôt par un pivot droit, avec portée sur une épaisse couronne de caoutchouc, supprimée aujourd'hui (fig. 61), après avoir constaté que les ressorts des essieux suffisaient pour assurer au bogie sa facilité d'oscillation verticale. Son jeu latéral, d'environ 40 millimètres de part et d'autre de son axe, contrôlé par des ressorts horizontaux, facilite l'entrée en courbe par une

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

impulsion déviatrice graduelle des rails sur la locomotive. Quand la charge n'est pas trop lourde pour un seul essieu, on emploie (fig. 60) le *Bissel*, à jeu latéral contrôlé par des ressorts (fig. 61), ou par des menottes inclinées (fig. 62). Avec ce dispositif, également employé pour les bogies à quatre roues, l'entrée en courbe incline plus fortement la menotte A, extérieure à la courbe, en augmentant la charge des roues intérieures, ce qui accroît la stabilité de la machine et diminue d'autant la charge des roues intérieures, ce qui facilite leur glissement. La figure 58 représente une autre disposition de ces menottes, oscillant chacune, à leur partie supérieure, sur deux axes, qui agissent comme des osselets, avec plus de douceur que les ressorts et sans frottement. On a remplacé aussi parfois les Bissel par un essieu à *boîtes radiales :* la figure 59 représente celui de *Webb*, à glissières cylindriques décrites du rayon même du Bissel, et rappel par ressort. Les figures 63 à 65 représentent les entrées en une courbe de 30 mètres avec bogie, Bissel et boîtes radiales, d'une locomotive ayant un empâtement rigide de $2^m,55$, et $2^m,55$ d'écartement entre l'essieu d'avant et le centre du bogie ou de l'essieu mobile : le déplacement latéral D est le même dans chacun de ces cas, mais l'impulsion déviatrice est mieux supportée, avec plus de douceur et de stabilité, par les deux roues extérieures du bogie.

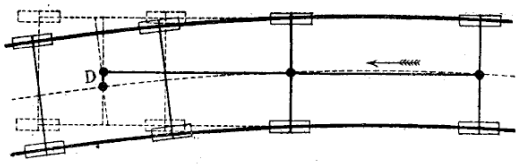


Fig. 63.

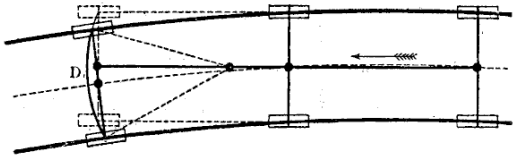


Fig. 64.

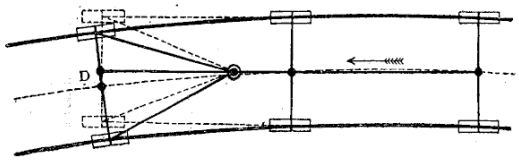


Fig. 65.

Boîtes à graisse. — Les premières boîtes à graisse, à fusées extérieures (fig. 60), avaient des coussinets octogonaux retenus longitudinalement par deux pitons : on les fit bientôt cylindriques (fig. 67), à l'exception d'un plat central pour les maintenir dans la boîte ; puis on remplaça le graissage en dessus par le graissage en dessous (fig. 68), plus accessible, avec éponge pressée sous la fusée par des ressorts. La boîte à graisse

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

est souvent d'une seule pièce et le coussinet garni d'antifriction. Enfin, dans le cas des boîtes à fusées intérieures, la suspension s'accroche presque toujours sous la boîte, comme en figures 67 et 68.

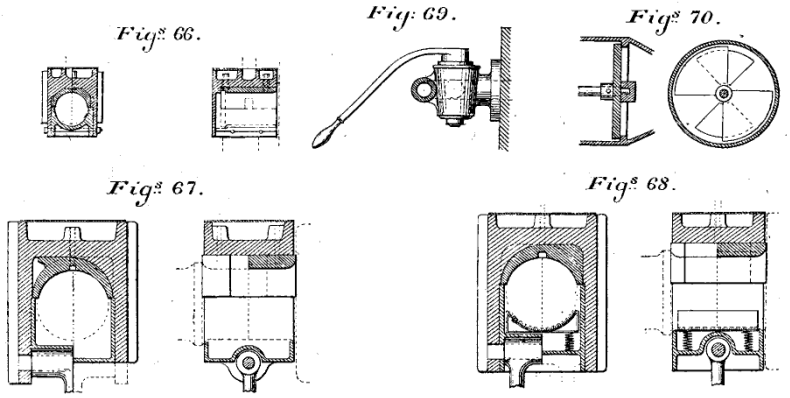


Fig. 66 à 70. — Évolution de la boîte à graisse et du régulateur.

Régulateurs. — Le régulateur ou prise de vapeur de la *Fusée* consistait (fig. 69) en un simple robinet; en 1830, vint le papillon (fig. 70) à deux ouvertures, tournant de 90° et installé dans le dôme; on le fit ensuite annulaire pour éviter les fuites par l'usure trop inégale du centre à la périphérie. En 1841, Stephenson introduisit le type

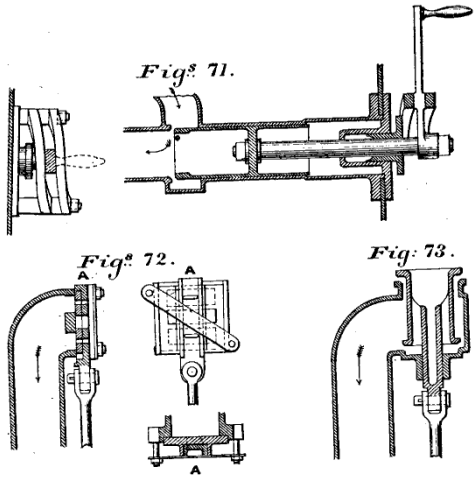


Fig. 71 à 73. — Évolution du régulateur.

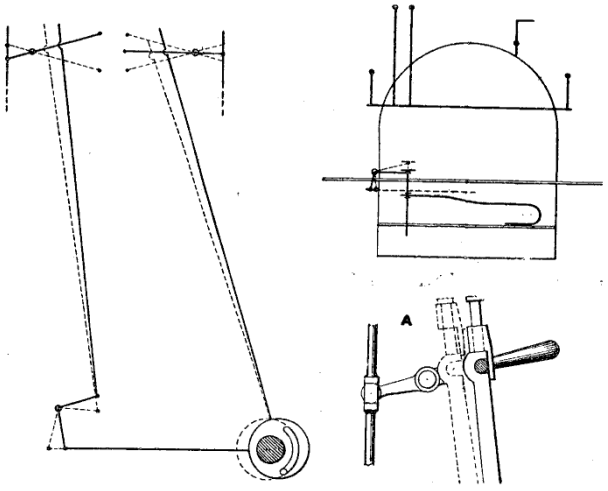


Fig. 74. — Mécanismes de la *Killingworth* et de la *Darlington*.

à grille, d'abord horizontal et à six lumières, puis vertical et à quatre lumières (fig. 72), avec, aujourd'hui, tiroir auxiliaire A, qui, s'ouvrant avant le grand, en facilite ainsi la manœuvre par l'équilibrage des pressions de la vapeur sur ses deux faces. Le régulateur cy-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

lindrique (fig. 71), manœuvré par la montée de son levier sur une rampe hélicoïdale, a été installé en 1843 sur les machines de Crewe; il n'est pas équilibré, et la pression de la vapeur tend sans cesse à l'ouvrir. Dès 1850, on employa comme régulateur des soupapes à double siège, actuellement très usitées en Amérique. Dans le type (fig. 73), la vapeur entre par le haut, ce qui la rend plus sèche : la pression tend à la fermer et M. Marshall cite le cas d'une machine abandonnée arrêtée par fermeture spontanée de son régulateur.

Mécanisme. — La *Killingworth* (1815) avait chacun de ses tiroirs commandé par (fig. 73) un excentrique à toc et réversible; la *Darlington* (fig. 74) n'avait qu'un seul excentrique à toc, avec tiges attaquant les leviers des tiroirs par un enclenchement A.

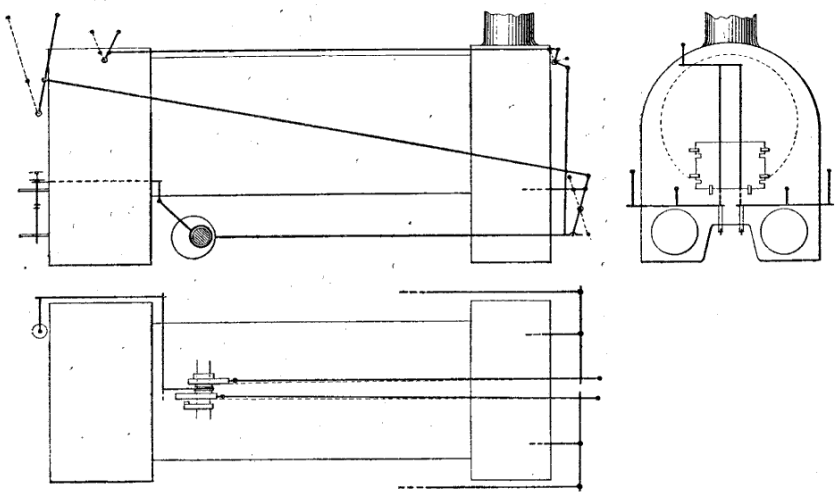


Fig. 75. — Mécanisme de la *Fusée*.

La *Fusée* avait (fig. 75) deux excentriques d'une seule pièce, rainurés sur leur axe et manœuvrés par une pédale entre deux tocs, l'un pour la marche avant, l'autre pour l'arrière et relevage des tiges, avant le changement de marche, par le renvoi indiqué en figure 76. En 1836, on remplaça cette distribution par le type à quatre excentriques et à fourches séparées (fig. 77), puis, en 1841, réunies par Stephenson sur la tige du tiroir (fig. 78), et enfin transformées (fig. 79) en *coulisse* par *William Howe*, aussi en 1841. La coulisse de Howe et ses dérivés sont presque d'un emploi universel aujourd'hui: on ne peut guère citer, comme faisant exception, que la distribution radiale de Joy.

Tiroirs. — Le tiroir ordinaire (fig. 80) subit, avec les pressions et les dimensions actuelles, des frottements très considérables. *Richardson* l'a équilibré au moyen de quatre garnitures mutuellement enclenchées A B (fig. 81) et appuyées sur une glace supérieure par des ressorts; puis on a essayé les tiroirs-pistons, notamment ceux de *Smith* (fig. 82) à trois segments C, guidés radialement, appuyés par la pression même de la vapeur, et pouvant céder aux coups d'eau. La lumière n'est interrompue que par trois portées au droit des joints de ces segments; une garniture auxiliaire D, coupée

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

en un point seulement, rendue élastique par des fentes radiales et appuyée par un ressort circulaire intérieur, recouvre les intervalles segmentés C ; le tout est solidement

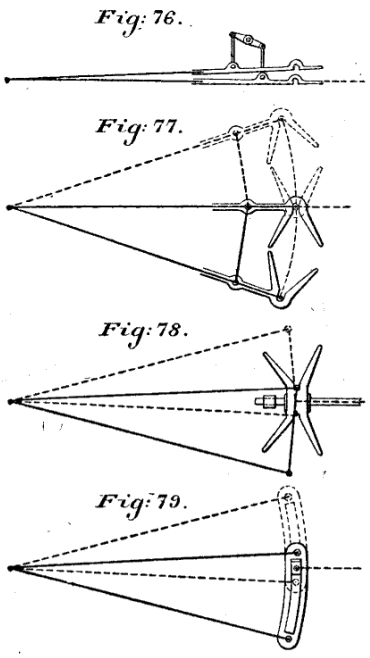


Fig. 76 à 79. — Évolution du mécanisme.

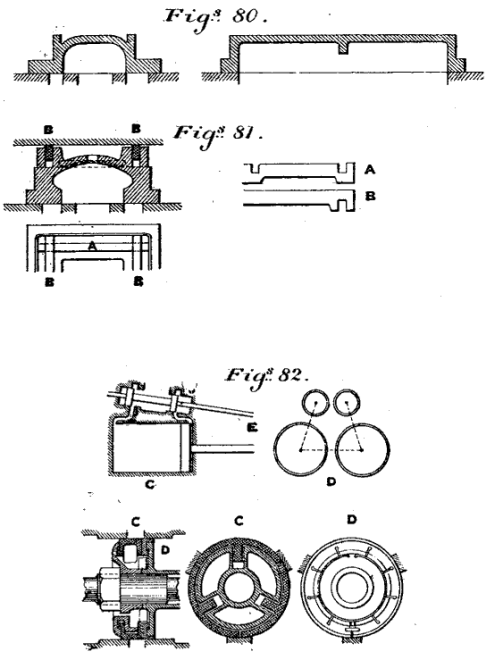


Fig. 80 à 82. — Évolution du tiroir.

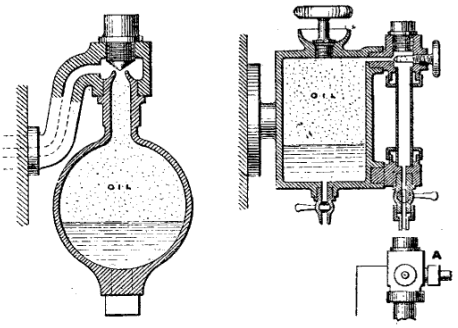


Fig. 83 et 84. — Graisseurs.

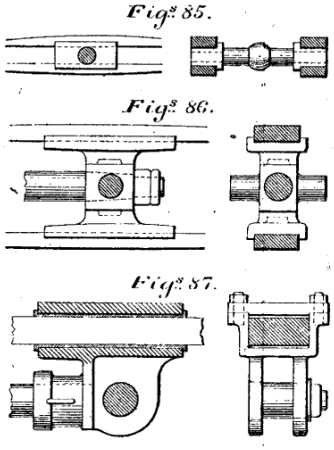


Fig. 85 à 87. — Glissières et crosses.

maintenu par le serrage des deux couvercles du piston. Ces tiroirs, inclinés comme en E, donnent un échappement très libre.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Graisseurs. — En 1860, *Ramsbottom* appliqua sur les locomotives son graisseur continu (fig. 83), à déplacement automatique goutte à goutte par la condensation de sa vapeur prise au cylindre, et s'arrêtant avec la machine; ce graisseur est souvent remplacé, depuis 1880, par des types du même genre, mais à goutte visible dans un tube de niveau en verre (fig. 84) et admission de vapeur latéralement en A; cette vapeur est prise à la chaudière, de sorte que le graissage continue quand on marche en pente avec régulateur fermé.

Glissières et crosses. — Les glissières, d'abord quadruples (fig. 85), se sont réduites à

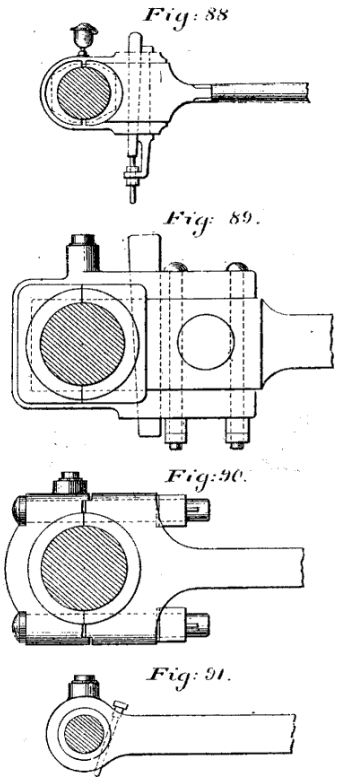


Fig. 88 à 91. — Bielles.

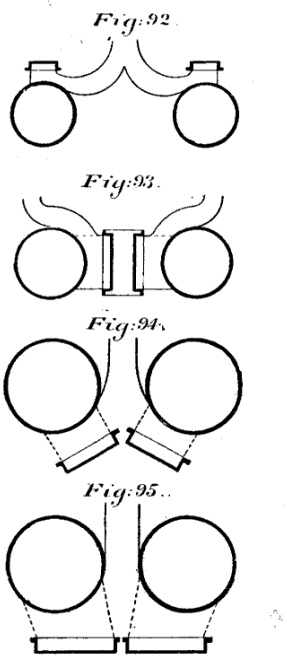


Fig. 92 à 95. — Boîtes à tiroirs.

deux en 1860 (fig. 86), puis, dans bien des cas, à une seule (1880, fig. 87), comme en Amérique, avec leurs extrémités fixées au cylindre et à une traverse du châssis.

Bielles. — Introduction, en 1836, pour les têtes de bielles motrices, du coin de serrage à vis (fig. 88), puis fixation, en 1846, de l'étrier, non par le coin même, mais (fig. 89) par des boulons; remplacement, en 1880, par *Stroudley*, sur le London Brighton, de cet étrier par un chapeau (fig. 90) retenu par deux boulons de 50 millimètres, avec jeu de serrage de 5 millimètres sur les coussinets cylindriques : type simple et léger. Dès 1863, Ramsbottom faisait ses bielles d'accouplement à bagues (fig. 91): on leur donne aujourd'hui presque toujours la section en I, pour leur permettre de résister aux

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

fouettements, à craindre avec leurs grandes longueurs, jusqu'à 3 mètres, et la rapidité de leurs vibrations : jusqu'à 13 par seconde.

Cylindres. — C'est à Stephenson (1841) que l'on doit les premiers cylindres intérieurs boulonnés ensemble sous la boîte à fumée et entretoisant le châssis; en 1870, Stroudley coula les deux cylindres d'une seule pièce pour en éviter le joint. Les cylindres intérieurs sont presque exclusivement employés en Angleterre; les extérieurs, aux États-Unis.

Boîtes à tiroirs. — Dans les premières machines (1830) les tiroirs étaient extérieurs horizontaux (fig. 92), et commandés par un renvoi, comme aujourd'hui en Amérique. En 1841, Stephenson les plaça (fig. 93) verticalement entre les cylindres, puis on fut, par l'augmentation du diamètre des cylindres, jusqu'à 460 millimètres, amené à les disposer sous les cylindres obliquement (fig. 94) (1847), ou horizontalement (1885) (fig. 95), disposition qui draine naturellement le cylindre, facilite l'échappement et

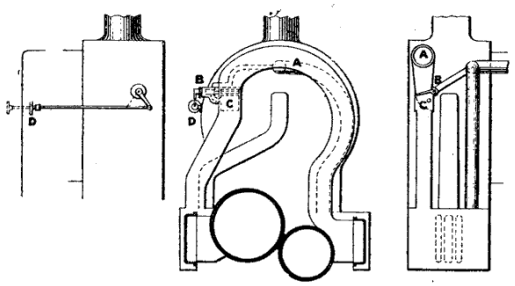


Fig. 96. — Compound *Worsdell.*

réduit l'usure parce que le tiroir, sollicité par son propre poids, ne porte pas sur sa glace dans la marche à régulateur fermé.

Locomotives compound. — C'est en 1898 que *M. Mallet* fit fonctionner, sur le chemin de Bayonne-Biarritz, les premières locomotives compound à deux cylindres, puis, en 1880, M. Von Borries les importa sur les chemins hanovriens, avec quelques perfectionnements. En 1881, *M. Webb* mit en service, sur le London and North-Western, ses locomotives à trois cylindres ; un de basse pression et deux de haute pression, extérieurs, attaquant séparément leur essieux; en 1885, *Worsdell* fit fonctionner sur le Great Western Ry ses machines à deux cylindres avec valve de démarrage, puis, en 1887, avec von Borries, et sur le North-Eastern, des compound avec (fig. 96) une valve de démarrage automatique, où l'échappement passe du petit cylindre de haute pression dans le réservoir A de même volume, puis au grand cylindre, après la demi-course du petit. Au départ, on admet directement, par B, un peu de vapeur de la chaudière au cylindre de basse pression, en même temps que le clapet C, commandé par la même manette que D, ferme la communication avec les deux cylindres de manière à empêcher la vapeur de la chaudière de passer au réservoir; puis, après quelques tours, C s'ouvre automatiquement et B se ferme par la pression de la vapeur d'échappement accumulée au réservoir, de sorte que l'on marche en compound. L'emploi des compound procure, dit-on, une économie de combustible de 15 à 20 p. 100, attribuable en partie à l'emploi de pressions plus élevées. Pour faciliter les

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

démarrages, dont la faiblesse est un des inconvénients de ces machines, *M. Herr*, du Northern Pacific, a proposé l'emploi d'une double valve de démarrage permettant de

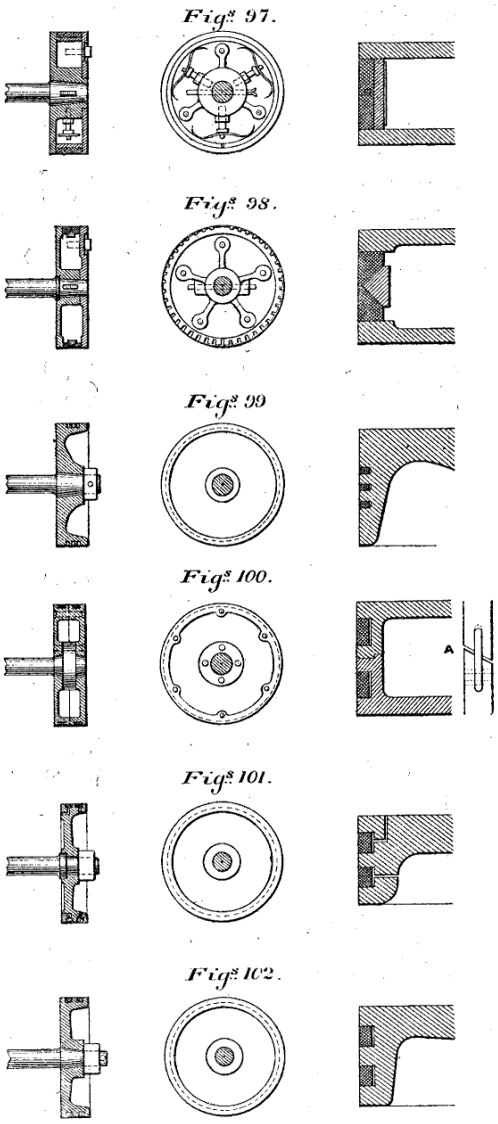


Fig. 97 à 102. — Évolution du piston.

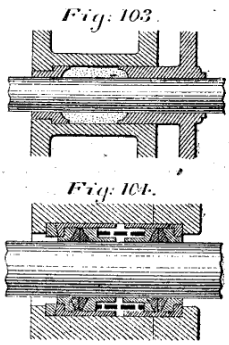


Fig. 103 et 104. — Stuffing boxes.

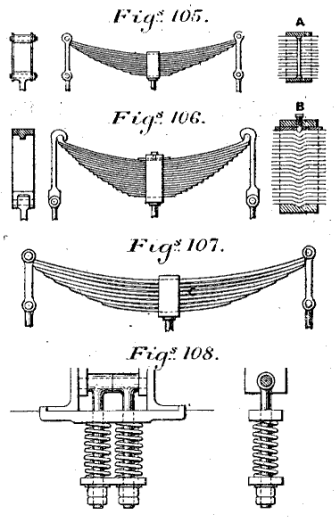


Fig. 105 à 108. — Ressorts.

faire marcher les deux cylindres en compound ou en simple, avec échappement direct et valve réductrice diminuant la pression du grand cylindre pour ne pas exagérer sa puissance en marche simple.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pistons. — Les figures 97 à 102 montrent l'évolution du piston des machines locomotives, à garniture constituée d'abord par deux segments en bronze juxtaposés à joints rompus, avec, en arrière, un troisième segment poussé par des ressorts, ou, en 1838, système Goodfellow (fig. 98) en fonte, de section triangulaire, faisant lui-même ressort, et entaillé de crénelures de profondeur diminuant vers le joint de manière à en égaliser la pression sur tout son pourtour : cette garniture fut très usitée pendant longtemps. En 1852, vint le piston Ramsbottom (fig. 99), avec trois segments de 6 millimètres de large, puis, en 1855, le piston creux en deux pièces (fig. 100), avec segments à couvre-joints A et tenon les empêchant de tourner afin de maintenir le joint au bas du cylindre, complications abandonnées depuis. *Miller*, en 1855, inventa ses garnitures poussées (fig. 101) par la vapeur même. La figure 102 représente le piston presque universellement adopté aujourd'hui, avec segments en fonte de 20 millimètres de large.

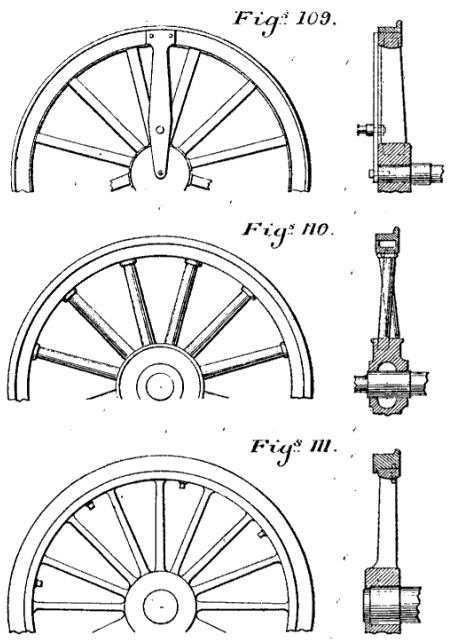


Fig. 109 à 111. — Roues.

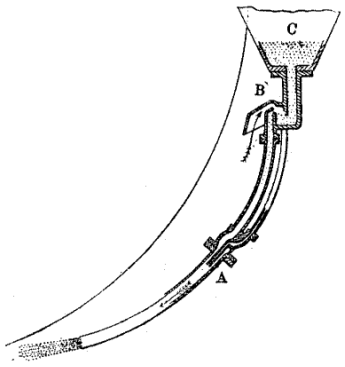


Fig. 112. — Sablière *Gresham*.

Stuffing Boxes. — D'abord à garnitures d'étoupe ou d'amiante (fig. 104); on les fait souvent aujourd'hui en garnitures métalliques, comme en figure 104, avec anneaux de métal blanc en section de V poussées entre brides par un ressort hélicoïdal central comprimé par l'écrou du joint.

Ressorts. — La *Killingworth* (1815) fut la première locomotive montée sur des ressorts. Ces ressorts prirent, dès 1836, leur forme actuelle (1805), qui se développa comme en figure 106 (1858) et 107, avec lames séparées au centre par des fourrures C, diminuant le frottement des lames les unes sur les autres : mais il faut alors faire ces lames plus épaisses et plus raides, parce qu'elles cessent de se prêter un appui mutuel. En Amérique, les ressorts sont, en général, plus flexibles qu'en Angleterre. Pour les essieux très chargés (18 tonnes) on a employé les ressorts à boudin (fig. 108), plus énergiques que les ressorts à lames, et tirant sur les boîtes à graisse dont ils facilitent ainsi le guidage. Quant aux balanciers compensateurs, d'un emploi peu étendu en

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Angleterre, leur usage est universel aux États-Unis, où on les dispose de manière à répartir la charge de la locomotive sur trois points.

Roues. — La *Fusée* avait (fig. 109) des roues en bois avec bandage en fer, puis on les fit (fig. 110) (1836) avec moyeu et jante creuse en fonte coulée sur rais en tubes de fer, et bandage en fer de 40×115. En 1837, parurent les premières roues en fer forgé, constituées par la soudure des extrémités des rais au moyeu et à la jante. En 1838, on commença à fixer les bandages, non seulement par leur serrage à chaud, mais aussi par des boulons ou des vis noyées, puis, comme aux États-Unis, par une attache continue, rabattue sur la jante. En 1851, Krupp introduisit les bandages en acier sans soudure, dont l'emploi est aujourd'hui universel. Actuellement, on emploie, pour les

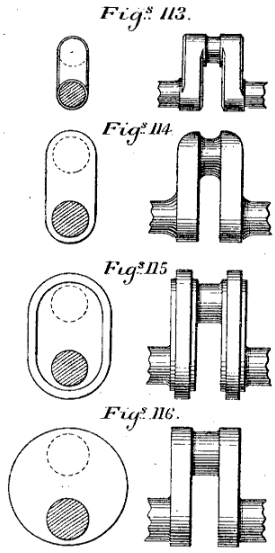


Fig. 113 à 116. — Essieux coudés.

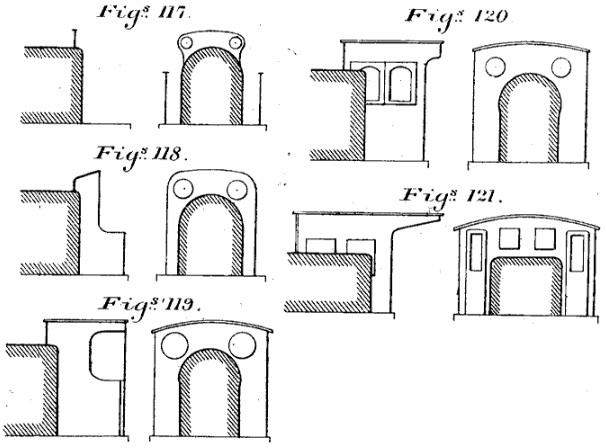


Fig. 117 à 121. — Abri du mécanicien.

roues motrices, des moyeux en acier coulé (fig. 111), avec bandages ayant jusqu'à 100 millimètres d'épaisseur. Les boudins des roues motrices médianes sont parfois amincis jusqu'à ne plus toucher les rails, ce qui diminue considérablement la fatigue de leur essieu coudé.

Équilibrage. — L'application des contrepoids aux roues des locomotives date de G. Heaton (1842); dès 1850, leur emploi se généralisa; on les fit d'abord en fonte rapportée, puis forgés avec les roues. Les essais faits pour équilibrer les masses en mouvement alternatif autrement que par les contrepoids aux roues n'ont pas réussi à cause de leur complication.

Sablières. — Les sablières ont été employées depuis 1840 pour sabler les rails devant les roues motrices et en augmenter ainsi temporairement l'adhérence. En 1885, M. Gresham employa, pour projeter le sable, un jet de vapeur A (fig. 112), qui l'entraîne de C par l'aspiration d'air B, et le projette directement sous les roues motrices avec assez de force pour qu'il n'en soit pas détourné par le vent.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Essieux coudés. — On trouve déjà l'essieu coudé en 1830, sur la locomotive Planet; en 1836, on lui donna la forme figure 113, avec arêtes biseautées à la main; puis, en 1853, celle figure 114 entièrement finie à la machine avec extrémités arrondies pour en diminuer la rigidité et éviter ainsi les ruptures. En 1890, on frette les manivelles (fig. 115) pour les retenir en cas de rupture. En 1887, Worsdell introduisit le type à plateaux manivelles (fig. 116), très résistant et fait entièrement au tour.

Freins. — D'abord à main, avec sabots en bois, puis en fonte (1895), les freins de locomotives sont aujourd'hui fréquemment actionnés par la vapeur, avec un mécanisme leur assurant autant de douceur que les freins à main.

Abri du mécanicien. — Les figures 117-121, montrent l'évolution de cet abri : de 1852 (fig. 117) à 1890 (fig. 120), avec fenêtres glissantes, puis (fig. 121) aux États-Unis, avec portes donnant accès à l'avant de la locomotive.

TENDERS. — Leur capacité augmente sans cesse; ils portent jusqu'à 20 tonnes d'eau pour certains express faisant 180 kilomètres sans arrêt. En 1860, Ramsbottom inventa le remplissage du tender en marche par écope et réservoir entre les rails; on a pu ainsi, entre New-York et Pittsburg, franchir 600 kilomètres sans arrêt.

VITESSE DES LOCOMOTIVES. — On atteint aujourd'hui des vitesses de marche de 100 kilomètres à l'heure, non compris les arrêts, avec des maxima de 140 kilomètres; ce maximum a été atteint aux États-Unis avec une machine à cylindres de 430 × 610 et six roues couplées de $1^m,70$, remorquant en palier un train de 136 tonnes, non compris la machine et le tender. Il faut, pour réaliser ces vitesses, une forte adhérence et une grande chaudière : en Amérique on a pu, en surélevant le corps cylindrique à $2^m,75$ au-dessus du rail, lui donner un diamètre de $1^m,50$, avec des roues de $2^m,15$. Le dispositif de Flaman (fig. 31) permet d'augmenter notablement la puissance de la chaudière.

Années.		Poids. Tonnes.	RAPPORT du poids adhérent à l'effort de traction.	Diamètres des cylindres. A	des roues. Mm.	Nombre des roues couplées. Mèt.	Charge par essieu. Tonnes.
1891	Tunnel de Saint-Clair. . . .	87	7	560	1,27	10	17
1897	Northern Pacific	67	7	560 et 860	1,30	8	17
1895	New South Wales	59	6	530	1,30	8	15
1884	Southern Pacific	57	6	540	1,45	10	11
1878	Paris-Lyon.	51	4	540	1,25	8	13
1885	Tunnel de la Mersey. . . .	51	5 1/2	530	1,40	6	17
1897	Tunnel de la Severn	47	6	510	1,30	6	16
1882	Locomotives Consolidation.	45	4	510	1,05	8	11
1894	Highland Ry.	42	5 1/2	510	1,60	6	14
1862	Rampe de Bhore Ghaut. . .	42	5	510	1,32	6	14
1895	Erie Ry	40	9	430	2,18	6	13
1879	Great-Eastern	38	5	480	1,47	6	13
1892	New York central	36	8	480	2,18	4	18
1883	North British.	34	8	430	1,80	4	17
1896	North Eastern	34	6 1/2	510	2,30	4	17
1894	Great Western	31	5 1/2	510	2,13	4	15
1896	Caledonian.	31	6	465	1,95	4	15
1891	London and North Western.	30	8	355	2,15	4	15
1895	Midland.	30	5 1 2	470	2,13	4	15
1895	South Western.	30	6	480	2,15	4	15
	Moyenne.		6				

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le tableau ci-dessus donne les principales caractéristiques de vingt locomotives d'une grande puissance. Le rapport A suppose dans les cylindres une pression moyenne de 7 kilogrammes effectifs (3k,5 pour les compound).

On remarquera, dans l'évolution de la locomotive, une grande tendance à la simplicités : suppression des dispositifs fumivores, remplacés par une simple voûte en briques, des châssis doubles, des échappements variables, etc.

CAISSIER AUTOMATIQUE *Carney*.

Ces appareils, construits par la National Cash Register C°, de Dayton, sont d'un emploi général aux États-Unis : ils commencent à se répandre en France. Leurs types sont

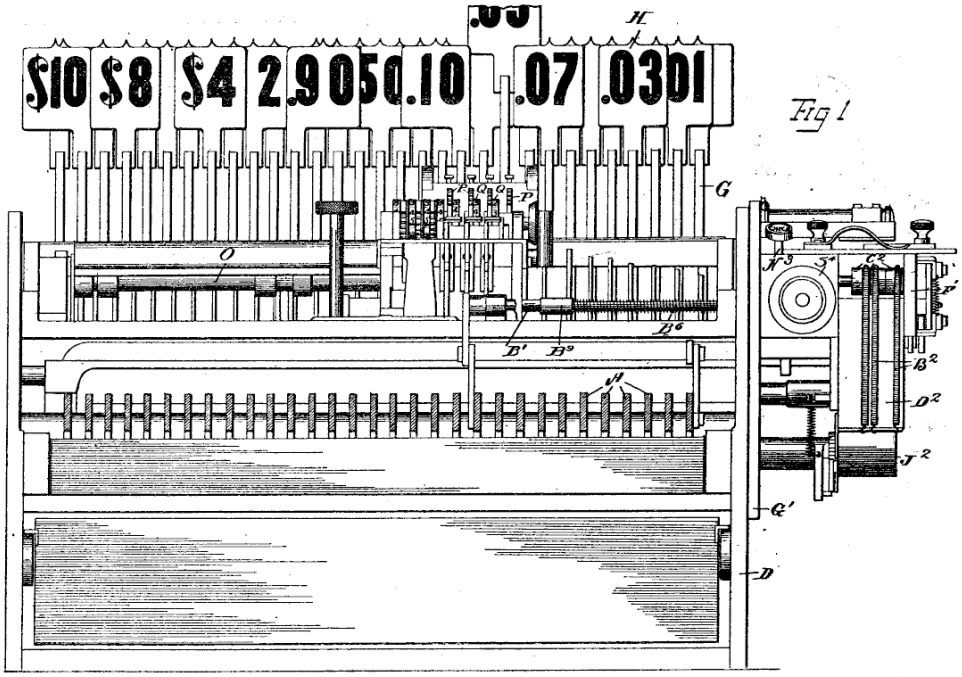


Fig. 121 *bis*. — Caissier *Carney*. Élévation.

des plus variés; celui que nous allons décrire est l'un des plus récents et des plus ingénieux, et la simplicité de sa marche fera bien comprendre toute l'étendue que peuvent rendre des appareils de ce genre, principalement dans les maison de vente en détail, dont ils permettent de contrôler les opérations sans frais et plus exactement que par une surveillance quelconque.

L'appareil représenté par les figures 121 *bis* à 128 a l'aspect d'une grande machine à écrire, avec un clavier de touches K (fig. 121 *bis* et 124) divisé en quatre sections ou groupes, et des chiffres marquant, à partir de la droite (fig. 123) : 1° les cents de 1 à 9; 2° les dizaines de cents de 1 à 19; 3° les dollars de 1 à 9; 4° 10 et 20 dollars; en outre, deux touches portent, l'une, l'indication *Ticket* (billet) et l'autre, *No sale* (non

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

vendu). Chacune de ces touches actionne un levier A (fig. 121 *bis*), fou sur l'axe B, avec indicateur G, portant à son extrémité le chiffre correspondant à sa touche, rappel I, et retenu après sa levée par l'enclenchement IJ_3. Les extrémités des leviers A sont guidées dans les encoches F du peigne E, et chacun d'eux commande un leveur L (fig. 123) qui actionne par M N O, les segments P des enregistreurs et des types; il y a autant de barres N et de segments P que de groupes de touches, et chacun des leviers A a son mouvement limité de manière à ne faire pivoter sa barre N de son groupe que proportionnellement au chiffre inscrit à sa touche K.

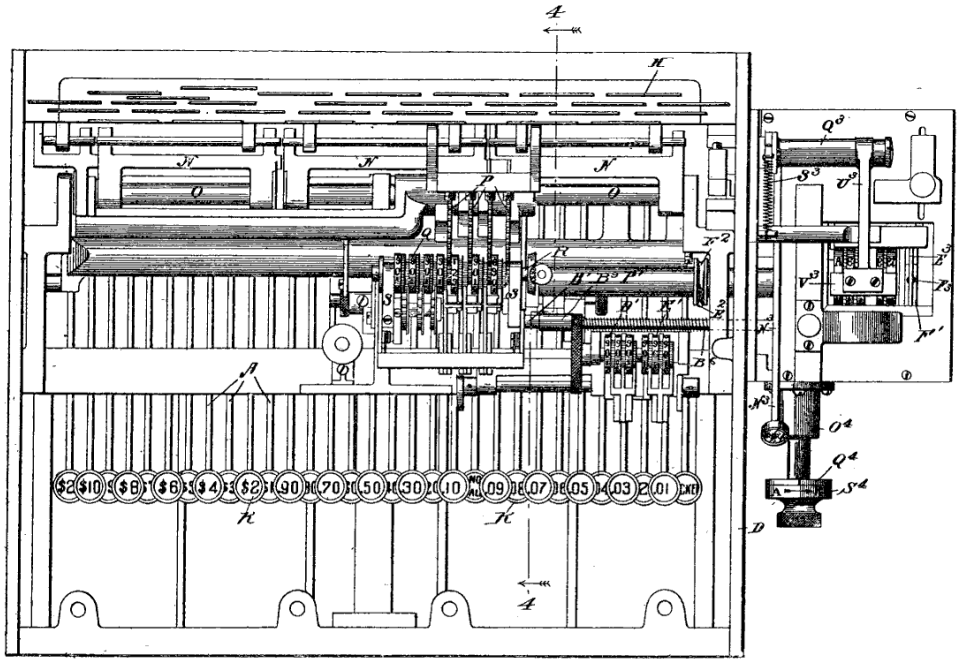


Fig. 122. — Caissier *Carney*. Plan.

Les roues des types enregistreurs Q (fig. 121 *bis*, 122 et 128) sont enfilées sur un arbre horizontal R, monté dans un châssis S, pivoté sur T (fig. 124), avec deux bras U et V, dont l'un, U, appuyé par un galet sur la came X de l'arbre Y. Cet arbre porte une seconde came W, qui commande par le levier Z A′ (fig. 124), le loquet B′ du châssis S. Ainsi qu'on le voit en figure 128, tant que le châssis S reste dans sa position normale, les pignons des roues Q sont dèsengrenés d'avec leurs segments P, puis les cames W et X les font engrener à chaque tour de leur arbre Y. Cet arbre est commandé par une transmission partant du châssis C′ (fig. 124), que soulève à chaque fois le levier A, en faisant faire un tour complet à Y, de manière à d'ébord engrener Q avec P, puis à les désengrener quand la touche de A arrive au bas de sa course. Chacune des roues Q tourne ainsi proportionnellement au chiffre de la touche abaissée, et les différents chiffres des roues Q additionnent ceux de leurs touches à la manière d'un compteur

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ordinaire. Les touches spéciales *No Sale* et *Ticket* actionnent deux roues spéciales D′ et O′ (fig. 122) qui comptent leurs opérations.

Il s'agit maintenant d'imprimer les nombres ainsi marqués par les roues Q. Le mécanisme imprimeur est monté, à droite de la machine, sur le châssis G′ F′ (fig. 122 et 125); il est commandé par un arbre H′ (fig. 125, 127 et 128) monté sur une platine I′, pivotée en J′, et commandée en M′ et N′, par la came O′ de l'arbre Y, laquelle, à chaque opération d'une touche, approche puis écarte H′ de P. Ainsi qu'on le voit en figures 124 et 127, l'arbre H′ porte trois manchons concentriques P′, qui portent cha-

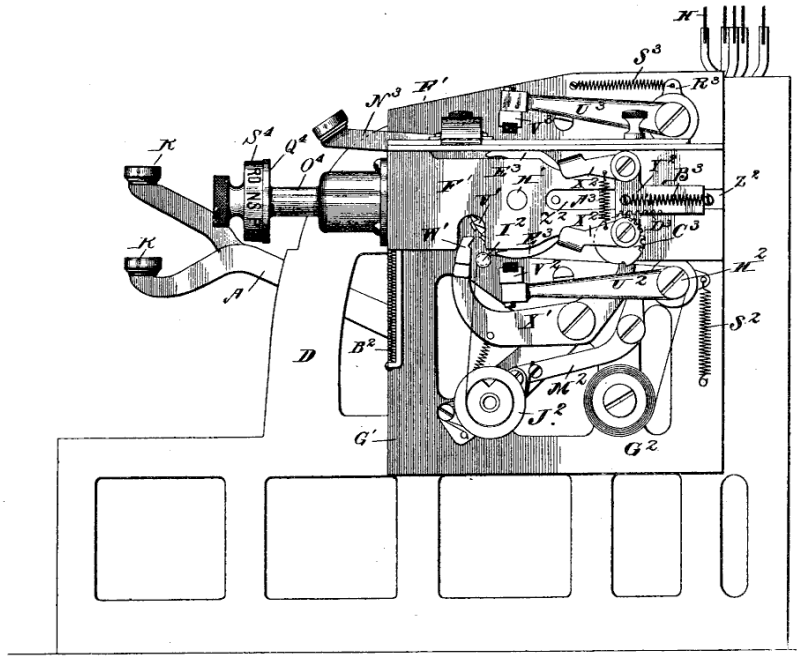


Fig. 123. — Caissier *Carney*. Vue par bout de droite (fig. 121 *bis*).

cun à droite, ainsi que H′ lui-même, une roue de types R′ S′ T′ U′ (fig. 125), et à gauche un pignon Q′, dont l'un, celui de H′, en face du segment P de droite (fig. 122) et ceux des manchons en face des autres segments. La roue de type R′ (fig. 125) est fixée sur H′; et les autres, sur les manchons U′, T′ et S′, portent chacune deux séries de chiffres de 0 à 9, diamétralement opposées. De même, la roue R porte le signe du dollar à la place des zéros, avec ce même signe à côté de chaque chiffre. On voit, qu'à chaque frappe d'une touche, le segment P, actionné par cette touche, fera, par Q′, tourner la roue de type imprimeur de l'angle qu'il faut pour qu'elle présente le chiffre de cette touche, puis le pignon Q′ de cette roue se désengrènera de P.

Afin d'être maintenue dans cette position pendant l'impression, puis ramenée ensuite à sa position du zéro, chacune des roues imprimeuses porte (fig. 125) un rochet V′, en prise chacun avec l'un des quatre doigts W′ (fig. 127 et 127_a) du cliquet X′ Y′, commandé par la came Z′ et Y, de manière que les doigts W′, qui passent entre les roues des types, les immobiliseut chacune par leur rochet aussitôt après leur rotation par

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

les touches, pour les lâcher, après l'impression, par le rappel du ressort A_2 : après quoi, les ressorts B_2, enroulés en C_2 et fixés à D_2 (fig. 125) ramènent à leurs positions de zéro les roues R′ S′ et T′, tandis que U′ est ramené par l'action du ressort E_2 (fig. 125) sur la gorge F′ de son manchon P′.

L'impression se fait (fig. 123 et 127) sur une bande de papier déroulée, de G_2, par Q_2 I_2, sur le tambour J_2, commandé, de la came O_2 de Y, par le renvoi N_2 M_2 L_2, à rochet K_2, et pressée au moment voulu sur les roues des types par le tampon V^2 du levier U_2 Q R_2 (fig. 126) a rappel S_2, que commande la double came T_2 de Y, deux fois par tour de Y. L'encrage des roues des types se fait par des tampons W_2 (fig. 127) qui

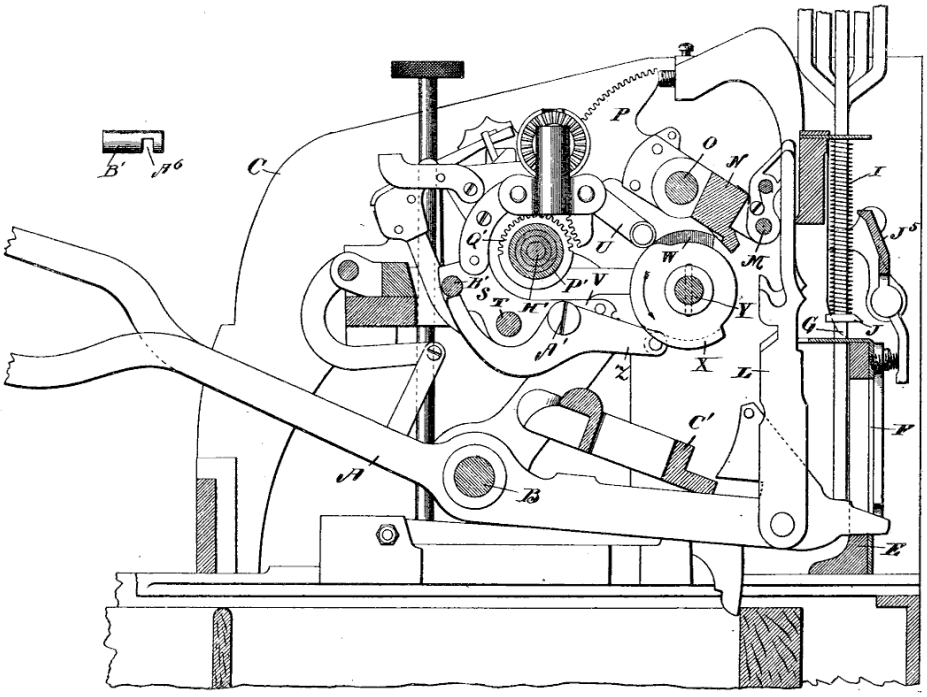


Fig. 124. — Caissier *Carney*. Coupe 4-4, (fig. 121 *bis*).

prennent leur encre en G_3, et à bras X_2 X_2, avec rappel A_3 (fig. 123 et 125) pivotés sur la platine Y_2, guidée en Z_2, avec rappel B_3, et commandée par la came C_3 de Y et le train à crémaillère D_3. Quand Y_2 avance à gauche (fig. 123), les tampons W_2 montent sur les plaques courbes E_3 (fig. 127) pivotées sur F_1, avec ressort de rappel F_3, qui guident ces tampons au-dessus des roues des types sans leur permettre de les frotter, tout en cédant au choc des marteaux V_2 et V_3, qui appuient ainsi les tampons sur les types amenés en position pour l'impression; puis, B_3 ayant retiré Y_2 et les tampons encreurs, V_3 fait l'impression du papier.

A cet effet le frappeur V_3 (fig. 127) a son bras $U_3 Q_3$ pivoté sur l'axe P_3 (fig. 126) avec rappel S_3 R_3 T_3, tendant à abaisser V_3; et T_3 porte, articulée en H_3 I_3, une plaque J_3 (fig. 126$_a$) dont le verrou K_3 peut s'engager dans le bras L_3 du levier R_2, de sorte que, pendant toute la durée de cet enclenchement, ces deux marteaux V_2 et V_3 frappent, à

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

chaque pression d'une touche, ou à chaque tour de Y, deux fois de suite sur les roues de types : une fois pour encrer le même chiffre au haut et au bas de la roue, une fois, après le retrait des tampons, pour imprimer ce chiffre sur la bande de papier de G_2 et sur le ticket inséré sous V_3. D'autre part, quand K_3 est sorti de L_3, comme en figure 126_a, V_1 est déclenché de V_2 et reste inactif. C'est l'état normal du système ; et, pour enclencher K_3, il suffit d'appuyer sur la touche marquée *Check* (fig. 125 et 126) afin que son

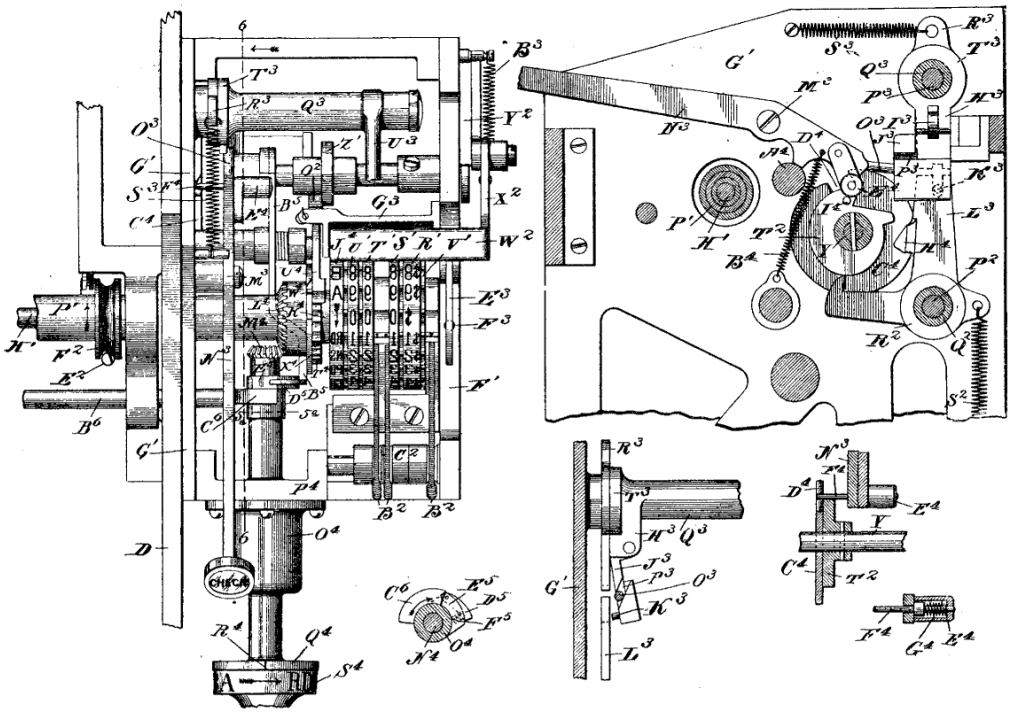


Fig. 125, 125 *a*, 126, 126 *a* et 126 *b*. — Caissier *Carney*. Détail du mécanisme imprimeur. Élévation, coupe 6-6.

levier N_3, pivoté en M_3 pousse K_3 vers L_3 par l'engagement de son prolongement O_3 dans la coulisse p_3 de J_3 ; puis N_3 est ramené sur A_4 par le ressort B_4, mais seulement à la fin de l'opération. A cet effet, le levier N^3 porte, en E_4 (fig. 126^b et 126^c) une tige F_4, constamment pressée par un ressort G_4 sur la came C_4 de Y ; cette tige est, au commencement de la rotation de Y, dans l'encoche D_4 de C_4, puis, pendant cette rotation, elle monte des bords biseautés de D_4 sur la came C_4, qui maintient ainsi D_4 E_4 levé malgré B_4, et K_3 enclenché pendant toute la rotation de Y, à la fin de laquelle F_4 retombe en D_4 et déclenche K_3. D'autre part, le taquet I_4 de T_2 vient (fig. 126) juste au moment où T_2 lâche R_2, repousser L_2 par H_4 de manière à en assurer le jeu même si les ressorts S_2 et S_3 faisaient défaut.

En outre des quatre roues de types fondamentales U' T' S' V', il s'en trouve une cinquième J_4 (fig. 125) dont le manchon K_4, enfilé sur P', est commandé, du train M_4 N_4, par la rotation du bouton S_4 qui porte ensuite en R_4 des caractères correspondant à

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ceux de J_4, et disposés de manière que cette roue imprime à chaque opération celui de ces caractères amené devant l'index R_4 : ces caractères désignent conventionnellement le nom du vendeur, la nature de l'opération : à crédit, au comptant, etc. Le manchon de J_4 porte un rochet T_4 (fig. 125) avec cliquet U_4, à rappel V_4 (fig. 127) qui maintient J_4 fixe pendant l'impression, et que la came O_2 déclenche ensuite pour permettre le rappel de J_4 à sa position primitive par un ressort enroulé dans O_4 (fig. 125) : un loquet à ressort W_4, semblable à F_4 (fig. 126[b]) et porté par U_4, agit sur le plateau X_4 de T_4 comme F_4 sur C_4 de manière à empêcher U_4 de renclencher T_4 avant la fin de ce rappel. Pour faire fonctionner la roue J_4, il faut immobiliser les autres types; à cet effet, son arbre N_4 porte une came C^6 (fig. 125_a et 126) qui, lorsqu'on tourne S_4 de manière à re-

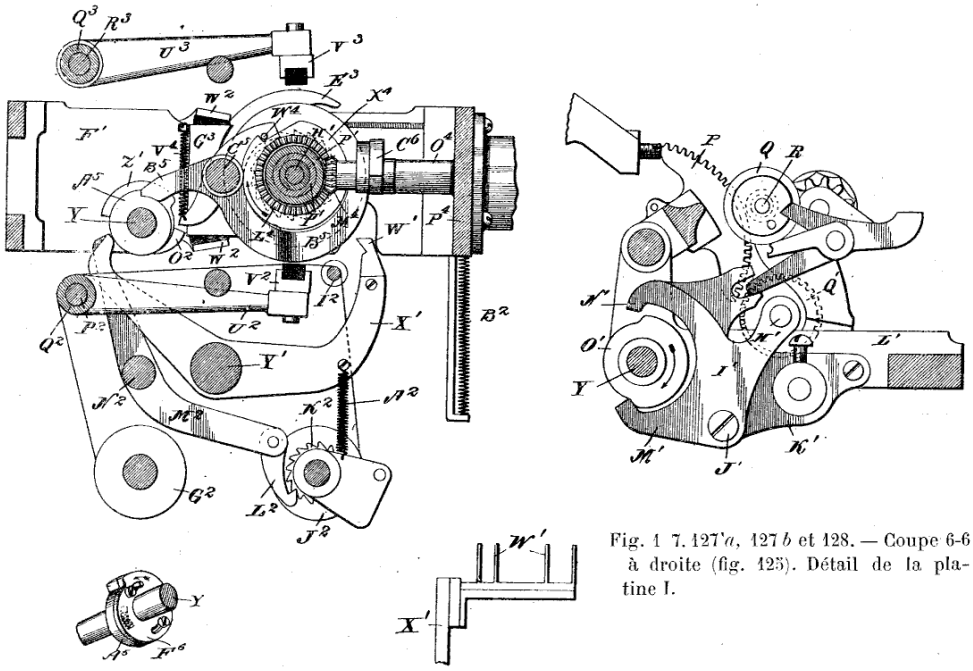


Fig. 1 7. 127*a*, 127 *b* et 128. — Coupe 6-6 à droite (fig. 125). Détail de la platine I.

pousser par la tige B_6 la tige B' (fig. 121 *bis* et 124) jusqu'à ce que son encoche A_6 (fig. 125) vienne au droit du levier Z qui, alors, pendant sa bascule par la came W, passe au travers de A^6 sans faire, en soulevant B, engrener V avec P, de sorte que l'abaissement de la touche ne fait marcher que le mécanisme imprimeur sur J_4.

Enfin l'arbre Y porte (fig. 127) une came A^5, qui enclenche le levier $B_5 C_5 B_5$, dont l'extrémité recourbée bute sur dent D_5 (fig. 125_a) pivotée en E_5 sur N_4. Quand on tourne D_4 à droite, D_5 abaisse le bras droit B_5, déclenche son autre extrémité de A_5 et permet ainsi à Y de tourner et à la machine de marcher; puis D_5 lâche B_5, et, au retour de N_4 à sa position primitive, D_5 franchit B_5, en déprimant son ressort F_5. La came A_5 porte (fig. 127[b]) une contre-plaque identique F_6, ordinairement enclenchée comme elle par B_5, mais qui, après le déclenchement, est avancée sous B_5 par un ressort de façon à empêcher B_5 de renclencher A_5 aussitôt après son *déclenchement*, F_6 ne laissant ainsi retomber B_5 sur le dos de A_5 qu'après le passage de son rejet sous B_5. G. R.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS

COURS PUBLICS ET GRATUITS DE SCIENCES APPLIQUÉES AUX ARTS

ANNÉE 1898-1899

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 3 novembre.

Grandeur et figure de la Terre. — Cartes géographiques et topographiques. — Instruments de lever et de nivellement. — Méthodes régulières, méthodes rapides, lever des plans à l'aide de la photographie. — Cadastre. — Études des formes générales du terrain. — Tracé des voies de communication et des travaux d'art. — Calcul des surfaces, des déblais et des remblais. — tat de la topographie et de la cartographie en France et à l'étranger.

Géométrie descriptive. — Les Lundis et Jeudis, à sept heures trois quarts du soir. M. E. Rouché, professeur. Le cours ouvrira le Jeudi 3 novembre.

La perspective pratique. — Propriétés projectives des figures. — Le trait de perspective et ses principales applications : Arcades, voûtes d'arête, moulures, escaliers, ombres, images réfléchies, etc. — Notions sur les bas-reliefs et les décors. — Le problème inverse de la perspective.

Mécanique appliquée aux arts. — Les Lundis et Jeudis, à sept heures trois quarts du soir. M. J. Hirsch, professeur. Le cours ouvrira le Jeudi 3 novembre.

Les transports mécaniques sur voies de terre et voies navigables. — Moteurs à gaz, à pétrole. — Automobiles pour poids lourds, pour poids moyens; motocycles; vélocipèdes. — Traction mécanique sur les rivières, sur les canaux; machines marines.

Constructions civiles. — Les Lundis et Jeudis, à neuf heures du soir. M. J. Pillet, professeur. Le cours ouvrira le Jeudi 3 novembre.

Stabilité des constructions. — I. *Statique graphique :* Composition et décomposition des forces. — Moments d'inertie. — II. *Résistance des matériaux :* Compression et traction, glissement. — Flexion, torsion. — III. *Résistance et stabilité des organes isolés :* Poutres à une ou plusieurs travées. — Supports isolés. — IV. *Résistance et stabilité des systèmes d'organes :* Planchers, combles, arcs. — V. *Résistance et stabilité des massifs :* Poussée des terres, poussée des eaux; murs, voûtes.

Physique appliquée aux arts. — Les Lundis et Jeudis à neuf heures du soir. M. J. Violle, professeur. Le cours ouvrira le Jeudi 3 novembre.

Électricité. — Lois fondamentales des phénomènes électriques et magnétiques. — Instruments de mesure. — Générateurs, accumulateurs et transformateurs. — Transport de l'énergie. — Télégraphie. — Téléphonie. — Oscillations électriques. — Éclairage. — Galvanoplastie.

Électricité industrielle. — Les Mercredis et Samedis, à sept heures trois quarts du soir. M. Marcel Deprez, professeur. Le cours ouvrira le Samedi 5 novembre.

Étude des lois fondamentales de l'électricité et du magnétisme au point de vue spécial de leur application à l'industrie. — Lois de la transmission de l'énergie sous toutes ses formes au moyen de l'électricité. — Appareils destinés à la mesure des grandeurs électriques. — Théorie générale des machines destinées à produire un courant électrique au moyen d'un travail mécanique ou inversement.

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 Samedi 5 novembre.

Chimie organique. — Généralités sur les composés du carbone ou composés organiques : Principes immédiats des êtres vivants; principes immédiats artificiels. — Méthodes générales. — Classifications. — Notions analytiques. — Histoire particulière des substances organiques les plus usitées : Carbures d'hydrogène, alcools, éthers, phénols, aldéhydes, acides, matières azotées, corps à fonctions mixtes; leur production, leurs propriétés, leurs réactions et leurs applications.

Chimie industrielle. — Les Mardis et Vendredis, à neuf heures du soir. M. N..., professeur. Une affiche spéciale annoncera l'ouverture du cours.

Métallurgie et travail des métaux. — Les Mardis et Vendredis, à sept heures trois quarts du soir. M. L. Le Verrier, professeur. Le cours ouvrira le Vendredi 4 novembre.

Propriétés des différents métaux et alliages métalliques. — Affinage des métaux. — Emploi des métaux dans l'industrie et spécialement dans la construction des machines.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

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 3 novembre.

Matières colorantes naturelles et artificielles. — Étude chimique des fibres végétales et animales. — Opérations préliminaires de la teinture et de l'impression. — Blanchiment. — Mordants, épaississants. — Matériel de la teinture et de l'impression. — Des différents genres d'impression. — Papiers peints.

Chimie agricole et analyse chimique. — Les Mercredis et Samedis, à sept heures trois quarts du soir. M. TH. SCHLŒSING, professeur; M. TH. SCHLŒSING fils, professeur suppléant. Le cours ouvrira le Samedi 3 novembre.

I. — *Atmosphère.* — Étude des éléments de l'atmosphère qui concourent à la nutrition des plantes : Oxygène; azote; acide carbonique; composés azotés; vapeur d'eau. — Poussières organisées de l'atmosphère; fermentations.

Sols. — Constitution; propriétés physiques; phénomènes chimiques et bactériologiques s'accomplissant dans les sols. — Notions sur le drainage et les irrigations.

II. — *Analyse des sols. — Méthodes gazométriques.*

Agriculture. — Les Mardis et Vendredis, à neuf heures du soir. M. L. GRANDEAU, professeur. Le cours ouvrira le Mardi 8 novembre.

LES VÉGÉTAUX DE LA GRANDE CULTURE. — *Céréales.* — Blé. — Seigle. — Avoine. — Orge. — Sarrasin. — Production du monde entier. — Production de la France. — Sol. — Préparation. — Choix de semences. — Fumures. — Procédés de culture et de récolte. — Conservation. — Consommation. Commerce.

Résultats et discussion des six années de cultures expérimentales au Parc des Princes (1892-1897).

Filature et tissage. — Les Mardis et Vendredis, à sept heures trois quarts du soir. M. J. IMBS, professeur. Le cours ouvrira le Vendredi 4 novembre.

Fibres textiles et fils. — Propriétés comparées des principales fibres. — Titrage des fils. — Appareils d'épreuve des fils. — Soie, magnaneries, filature et moulinage. — Extraction des grandes fibres végétales, peignage des longs brins. — Déchets de soie. — Fibres en masse confuse, laines et cotons. — Cardage et peignage. — Principes des étirages.

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 4 novembre.

Circulation des richesses. — La valeur. — La monnaie. — L'histoire des prix. — La cherté et le bon marché. — Le crédit, les banques et la circulation fiduciaire. — L'influence des moyens de communication. — Le commerce et les tarifs de douanes.

Économie industrielle et statistique. — Les Mardis et Vendredis, à neuf heures du soir. M. ANDRÉ LIESSE, professeur. Le cours ouvrira le Vendredi 4 novembre.

CONSOMMATION DES RICHESSES. — *Consommations privées.* — La population. — Nature des consommations. — Le luxe. — La vie autrefois et aujourd'hui. — Influences de certains impôts et en particulier des octrois sur les consommations. — *Consommations publiques.* — Les finances publiques. — Ressources : Impôts; emprunts. Budgets. Dépenses qui s'appliquent plus directement au commerce et à l'industrie: Les travaux publics; l'enseignement technique et professionnel; etc.

Action réciproque de la consommation et de la production. — Tendance à l'équilibre.

STATISTIQUE. — Utilité de la statistique. — Définitions. — Historique. — Méthodes. — Observations. — Sources et moyens d'informations : Mercuriales; cotes; documents administratifs-enquêtes; questionnaires. — Groupement des faits. — Moyennes. — Grands nombres. — Critique des résultats. — Représentations en tableaux. — Graphiques. — La statistique en France.

Art appliqué aux Métiers. — Les Mercredis et Samedis, à neuf heures du soir. M. N..., professeur.

Une affiche spéciale annoncera l'ouverture du cours.

Droit commercial. — Les Mercredis à neuf heures du soir. M. E. ALGLAVE, chargé de cours. Le cours ouvrira le Mercredi 9 novembre.

Les sociétés commerciales et particulièrement les grandes sociétés anonymes. — Leurs caractères juridiques. — Leur historique. — Leur rôle dans le mouvement industriel contemporain.

Économie sociale. — Les Samedis, à neuf heures du soir. M. P. BEAUREGARD, chargé de cours. Le cours ouvrira le Samedi 5 novembre.

L'ÉCONOMIE SOCIALE. — But, procédés.

LÉGISLATION DU SALAIRE ET DU CONTRAT DE TRAVAIL, — Droit commun et privilèges. — Délais de prévenance. — Rupture du contrat. — Marchandage. — *Truck system.* — Conseils de prudhommes. — Protection du salaire. — Saisie des salaires et *Homestead.* — Protection des femmes et des enfants. — Réglementation du travail. — Accidents. — Grèves, conciliation et arbitrage. — Le placement. — Syndicats professionnels, unions de syndicats. — Bourses de travail.

Le Directeur du Conservatoire national des Arts et Métiers.

A. LAUSSEDAT.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

PROCÈS-VERBAUX

Séance du 22 juillet 1898.

Présidence de *M. A. Carnot*, président.

M. E. Collignon, secrétaire, dépouille la correspondance.

M. Coret dépose un pli cacheté ayant pour titre *Description d'un perfeetionnement en horlogerie*.

M. Crémoux, 176, rue de Charonne, demande une annuité pour un *appareil empêchant les collisions en mer*.(Arts économiques.)

M. Mackenstein, 15, rue des Carmes, envoie sa communication sur le *Chromographoscope Ducos de Hauron*. (Beaux-Arts.)

M. Duboin, professeur de l'université à Clermont-Ferrand, présente un mémoire sur les *verres bleus à base d'oxyde de chrome*. (Arts chimiques.)

Correspondance imprimée. — *M. Collignon* présente au Conseil les ouvrages mentionnés à la page 906 du *Bulletin* de juillet, avec les remerciements aux donateurs, et spécialement à *M. Lindet*.

Nomination de membres de la Société. — Sont nommés membres de la Société :

M. Froté, ingénieur à Zurich, présenté par *M. G. Richard*.

M. Geoffray, directeur de la New Austral C° à Paris, présenté par *M. Dumont*.

Notice nécrologique. — *M. Appert* lit une notice nécrologique sur *M. Pollok*, membre correspondant de la Société, mort dans le naufrage de la *Bourgogne*. (*Bulletin* d'août, p. 917.)

Rapports des comités. — *M. Appert* présente, au nom du Comité des Beaux-Arts, un rapport sur le *porte-fleur de M. Paris*. (*Bulletin* d'août, p. 919.)

M. Daubrée, au nom de la *Commission des fonds*, et *M. E. Simon*, *au nom des censeurs*, présentent leurs *rapports sur l'exercice* 1897. (*Bulletin* de juillet, p. 840 et 855.)

Ces rapports sont approuvés.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Séance du 28 octobre 1898.

Présidence de *M. A. Carnot,* président.

M. E. Collignon, secrétaire, dépouille la correspondance et fait part de la mort de *M. Charles Garnier,* architecte de l'Opéra, membre de la Société.

M. Yvon Lejeal, 128, boulevard du Montparnasse, demande une annuité de brevet pour un *appareil de traction.* (Arts mécaniques.)

M. J. Auzy, à Labastide-Clairance (Basses-Pyrénées), pésente une *turbine hydraulique.* (Arts mécaniques.)

M. Jeanne, 64, rue Fontaine-Jouan, à Coutances, présente un *système de communication entre les trains en marche.* (Arts mécaniques.)

M. Rabier, 51 *bis,* rue de la Victoire, demande une annuité de brevet pour *une locomotive.* (Arts mécaniques.)

M. Zoographakos, à Marathon, présente un *calendrier perpétuel.*

M. L. Demange, 14, rue Carnot, à Commercy, demande l'aide de la Société pour l'étude d'un *appareil d'aviation.* (Arts mécaniques.)

M. J. Demorlaine, garde général des eaux et forêts, présente un appareil dit *quadrimètre* pour mesurer les carrés des arbres. (Agriculture.)

M. Coret dépose un pli fermé renfermant les descriptions d'un *Inclinomètre* donnant aux voitures l'inclinaison des routes.

M. Hélouis, à Colombes, dépose un pli cacheté relatif à un emploi industriel de l'*acide vanadique.*

M. G. Chevalier, 93, rue Vercingétorix, présente une *serrure de sûreté* pour portières de voitures de chemin de fer. (Arts mécaniques.)

M. C. Gruet, à Vaison (Vaucluse), présente un mémoire sur un ensemble de dispositifs applicables aux *générateurs et moteurs à vapeur.* (Arts mécaniques.)

M. L. Simon, 22, rue de Paris, à Troyes, présente un *tendeur dynamométrique* pour courroies et câbles de transmission. (Arts mécaniques.)

Correspondance imprimée. — *M. Collignon* présente au Conseil, avec remerciements aux donateurs, les ouvrages mentionnés à la page 1376 du *Bulletin* d'octobre.

Communications. — *M. Linder* fait connaître, au nom des délégués de la Société d'Encouragement au *Congrès International de Zurich* pour l'*Unification des filetages,* les résultats de ce Congrès. (*Bulletin* d'octobre, p. 1269.)

M. le Président félicite nos délégués, et en particulier *M. Sauvage,* du succès obtenu à ce Congrès : l'adoption du système de filetage de la Société d'Encou-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ragement par ce Congrès en étendra bientôt l'usage à toute l'Europe continentale, et montre toute l'étendue du service rendu à l'industrie par son institution.

M. Arnoux présente ses *appareils de mesures électriques.*

M. le Président remercie *M. Arnoux* de son intéressante communication, dont l'examen est renvoyé au Comité des *Arts économiques.*

Séance du 11 novembre 1898.

Présidence de *M. A. Carnot*, président.

M. le Pésident annonce la perte si regrettable que la Société vient d'éprouver en la personne de *M. J.-N. Raffard, membre du Comité des Arts mécaniques*, et donne lecture des paroles prononcées sur sa tombe par *M. Haton de La Goupillière.* (Voir en tête du présent *Bulletin.*)

Correspondance. — *M. E. Collignon*, secrétaire, dépouille la correspondance.

M. Ribière, impasse des Panoramas, 10, Paris, présente un *collier contractile pour l'arrêt des chevaux emportés.* (Agriculture.)

M. S. Arnaud, directeur de l'usine des produits chimiques de La Bate (Seine-et-Oise), présente un mémoire sur l'*application d'un nouvel émail de plomb à la poterie de terre commune.* (Arts chimiques.)

Correspondance imprimée. — *M. Collignon* présente au Conseil, avec remerciements aux auteurs, les ouvrages mentionnés à la page 1572 du présent *Bulletin.*

Nominations de membres de la Société. — Sont nommés membres de la Société :

M. Vincey, ingénieur agronome, professeur d'agriculture du département de la Seine, présenté par *MM. Tisserand* et *Bénard.*

La *maison Bapst* et *Hamet*, fabricants d'objets en caoutchouc, présentés par *MM. Livache* et *Jourdin.*

Rapports des Comités. — *M. E. Simon* lit, au nom du Comité des Arts mécaniques, un rapport sur le *métier à tisser Bastie.* (Page 1388.)

Communications. — *M. E. Farcot* présente une communication sur les *Élévateurs pneumatiques.*

M. le Président remercie *M. Farcot* de son intéressante communication, qui sera renvoyée au Comité des *Arts mécaniques.*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

LIVRES ET OUVRAGES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE

EN NOVEMBRE 1898

De l'Encyclopédie Léauté, Paris, Gauthier-Villars : **La Fonderie**, par M. Le. Verrier, et **La statique graphique des systèmes triangulés**, par M. Seyrig.

De la Bibliothèque de la Revue générale des Sciences. Paris, Carré et Naud : **Torpilles et Torpilleurs**, par M. H. Brillié. **Les Terres rares**, par M. P. Truchot.

Procédés de Forgeage dans l'Industrie, par M. C. Codron. 2e partie, 2 vol. in-8, 416 p., 50 pl. Paris, Bernard.

Traité des moteurs à Gaz et à Pétrole et des voitures automobiles, par M. A. Witz, vol. III, 1 vol. in-8, 600 p. 212 fig. Paris, Bernard.

De M. R. H. Thurston : **The Cornell University Register**, 1897-98, in-8, 385 p.

De la Smithsonian Institution : **Smithsonian Miscellaneous Collections**, vol. XI, 2 vol. in-8, 1 250 p. et **Détermination of the Ratio of specific Heats at constant Pressure and at constant volumes for Air, Oxygene, Carbone, dioxyde and Hydrogene**, par O. Lummer et E. Pringsheim.

Du ministère de l'Instruction publique : **Comptes rendus du Congrès des Sociétés savantes de Paris et des départements**, tenu à la Sorbonne en 1898, 1 vol. in-8, 264 p. Paris, Imprimerie Nationale.

De l'École nationale des Ponts et Chaussées : **Cours de Travaux maritimes**, par M. Quinette de Rochemont, 2e et 3e parties, 2 vol. autographiés.

De la librairie Dunod : **Bibliographie des Sciences et de l'Industrie n° 1.**

Une maison de Verre, par M. J. Henrivaux, brochure extraite de la *Revue des Deux Mondes.*

Catalogue of the Library of the Patent Office London, vol. 1 : Authors, 1 vol. in-4, 1007 p.

De la Petite Encyclopédie pratique du bâtiment de M. Barré. Paris, Bernard. **Peinture, vitrerie, pavages, carrelages et Serrurerie et menuiserie en fer.**

Du Ministère des travaux publics. **Études sur les méthodes et les instruments des nivellements de précision**, par C. M. Goulier, publiées par M. C. Lallemand. 1 vol. in-4, 250 p. Imprimerie Nationale (Voir le *Bulletin* d'Octobre 1898, p. 1362).

De l'École professionnelle de la chambre syndicale du papier. **Compte rendu de l'assemblée générale du 15 mai 1896.** 1 vol. in-8, 156 p. Imprimerie Chaix.

De M. Dwelshauvers Dery. **Expériences sur l'économie de la compression dans les espaces morts de la machine à vapeur.** Extrait de la *Revue universelle des mines.*

De M. Lencauchez : **Notes et observations sur l'emploi de la vapeur comme puissance motrice.** Une brochure in-8, 109 p. Extrait du *Bulletin de la Société des ingénieurs civils.*

De la Direction générale des douanes : **Tableau général du commerce et de la navigation.** Année 1897, vol. 2.

De la petite bibliothèque agricole, publiée par M. *J. Raymond.* — **Matériel et travaux de culture.** 1 broch. in-18, 150 p. Paris, Guyot.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

LITTÉRATURE

DES

PÉRIODIQUES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE DE LA SOCIÉTÉ

Du 15 Octobre au 15 Novembre 1898

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.
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).
La . . . . La Locomotion automobile.
Ln. . . . . La Nature.
Ms. . . . . Moniteur scientifique.
Mc . . . . Revue générale des matières colorantes.
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.).
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 reservés au Cnam et à ses partenaires

AGRICULTURE

Ajonc. Utilisation comme fourrage. *Ag.* 29 *Oct.*, 700.

Betterave (Nématode de la). *Ln.* 15 *Oct.*, 310.

Blés (Verse des). *Ag.* 15 *Oct.*, 627.

— Germination et talage (Henri). *Ap.* 3 *Nov.*, 643.

— (Charbon des). *Ag.* 29 *Oct.*, 692.

— Influence du poids du grain sur le rendement (Grandeau). *Ap.* 3 *Nov.*, 626.

— — des microbes du sol. *Id.* 10 *Nov.*, 661.

Cactus inerme. Valeur alimentaire (Grandeau). *Ap.* 20 *Oct.*, 555.

Durham d'Oignies. Ap. 3 *Nov.*, 635.

Engrais (Analyse des). Méthodes de la commission allemande. *Ms. Nov.*, 811.

— Emploi des engrais phosphatés. *Ag.* 5 *Nov.*, 747.

Fromages de Brie. Fabrication. *Ag.* 29 *Oct.*, 710.

Glycoserie. Nouvelle industrie agricole en Sologne. *Ag.* 29 *Oct.*, 702.

Irrigations de Kuan Hsien. *E'.* 22 *Oct.*, 403.

— dans les Hautes-Pyrénées (Sagnier). *Ag.* 12 *Nov.*, 781.

Lin (Culture du). *Ag.* 29 *Oct.*, 696, 5 *Nov.*, 741.

Lupin. Action améliorante sur les récoltes (Grandeau). *Ap.* 27 *Oct.*, 390.

Machines agricoles. Écrémeuse Fram. *E'.* 14 *Oct.*, 486.

— Défonceuse Nubar. *E.* 22 *Oct.*, 539.

— Arracheuse de pommes de terre. *Ap.* 22 *Oct.*, 601; 3, 10 *Nov.*, 631, 691. Déplanteuse Bajac. *Ln.* 29 *Oct.*, 352.

— Moissonneuses-lieuses à maïs. *Ap.* 3 *Nov.*, 641.

Noix (Huile de). *Ap.* 20 *Oct.*, 566.

— (Tourteaux de). *Ap.* 3 *Nov.*, 628.

Pommes de terre. Arrachage au butoir et à la charrue. *Ap.* 27 *Oct.*, 602.

Porte-Greffes (Les). *Ap.* 15 *Oct.*, 623.

Pulvérisation du sol (Ringelmann). *Ap.* 20 *Oct.*, 558

Statistique des récoltes pour 1897. *BMA. Oct.*, 910.

Sulla (Culture du). (Ronna). *Ap.* 27 *Oct.*, 606.

CHEMINS DE FER

Chemin de fer métropolitain de Paris, travaux préparatoires. *Gc.* 22 *Oct.*, 405.

Chemin de fer Central-London. *E'* 4-11 *Nov.*, 440, 466.

— Ligne de Courcelles au Champ-de-Mars. Tunnel de Passy. *Gc.* 29 *Oct.*, 417.

— *électriques.* Locomotive du P.-L.-M. *Rgc. Nov.*, 331 — sur l'Orléans, dans Paris. *Rgc. Nov.*, 384.

— *à crémaillères,* suisses. *Gc.* 29 *Oct.*, 422.

— *funiculaire* du Mont-Dore. *Rt.* 10 *Nov.*, 482.

— — De Glasgow. *Pm. Nov.*, 162.

Équilibrage des portières. Laycock. *E.* 11 *Nov.*, 615.

Freins Fitzgerald, *RM. Oct.*, 429.

— Wells. *Id.* 431.

Gares de Dresde. *Gc.* 12 nov., 17.

— à marchandises de la Harlem Transfer. Cº. *Ln.* 15 *Oct.*, 307.

— grandes gares anglaises (Cargill). *EM. Nov.*, 181.

Intercommunication dans les trains anglais. Rgc. Nov., 387.

Locomotives Express Thuile; *Gc.* 5 *Nov.*; Compound du North Eastern. *E'. Oct.*, 378; de l'État Prussien. *E.* 4 *Nov.*, 583.

— Essais de locomotives express Smith. *E'.* 4 *Nov.*, 449, 452.

— pour le Tonkin. *Bam. Oct.*, 981.

— à 4 cylindres Drummond. *RM. Oct.*, 428.

— au pétrole, Holden. *E'.* 28 *Oct.*, 413. Prescott. *RM. Oct.*, 425.

— Type Consolidation. *E'.* 11 *Nov.*, 475, 479.

— Valve de démarrage Murphy, *RM. Oct.*, 420.

— Bascule pour locomotives Avery. *E.* 22 *Oct.*, 521.

Signaux Lorenz. *Dp.* 5 *Nov.*, 94.

— Étude sur les embranchements (Descubes). *Rgc. Nov.*, 350.

Vitesse des trains. E'. 14 *Oct.*, 376.

— Sur le Great Western. *E'.* 4 *Nov.*, 437.

Voies (Ballastage des) (Canaud). *Bam. Oct.*, 999.

— Rails en acier Martin basique (Dormus) *ZOI,* 4-11 *Nov.*, 635, 648.

Wagons de marchandises aux États-Unis. *RM. Oct.*, 431, 432.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TRANSPORTS DIVERS

Automobiles (Les). *Ri.* 22 *Oct.*, 424. *Pm. Nov.*, 179.
— Puissance à donner au moteur. *Id.* 29 *Oct.*, 434; 5-12 *Nov.*, 456.
— Concours des poids lourds. *Gc.* 15 *Oct.*, 394. *La.* 13 *Oct.*, 642. *E'.* 28 *Oct.*, 424; 4 *Nov.*, 438.
— Bandage Compound. *La.* 13 *Oct.*, 648.
— Changement de vitesse (Haynes et Apperson). *La.* 20 *Oct.*, 662.
— Suspension Jeanteau. *La.* 27 *Oct.*, 678.
— *Électricité*. *Ri.* 15 *Oct.*, 418. Fiacres de la Compagnie des Petites Voitures. *La.* 10 *Nov.*, 712. Fiacre 16030. *La.* 3 *Nov.*, 690.
— *Pétrole*. Voiturette Knap. *La.* 20 *Oct.*, 664. Compagnie des Cycles et Automobiles. *La.* 27 *Oct.*, 676.
— *vapeur*. Camion Nègre. *La.* 3 *Nov.*, 692.
Tramways (Application de la traction mécanique aux) (Ziffer). *Gc.* 22 *Oct.*, 410.
— *électriques* à câbles aériens. Aiguille (Dawson). *E.* 22 *Oct.*, 539.
— — mixte de Berlin. *Gc.* 5 *Nov.*, 1.
— — Bastille-Charenton. *Ie.* 10 *Nov.*, 474.
— — (Emploi des compteurs d'énergie dans les voitures des) (Connette). *EE.* 22 *Oct.*, 162.
Vélocipédie. Akatènes Mac Kean, Prescott et Pagelow. *RM. Oct.*, 434.
— Pédale de l'Angular Hole. *RM. Oct.*, 434.
— Chaîne Baldwin. *RM. Oct.*, 435.
— pédalier Rochet. *Ci.* 5 *Nov.*. 518.

CHIMIE ET PHYSIQUE

Acide azotique. Décomposition par la chaleur aux températures peu élevées (Berthelot). *Acp. Nov.*, 325.
Acoustique. Vitesse du son (Froté). *CR.* 24 *Oct.*, 609.
Alcool (Lampes à), *Dp.* 12 *Nov.*, 111.
Allumettes. Usines françaises (Olliver). *Cs Oct.*, 948.
Azoture de calcium (Moissan). *CR.* 10 *Oct.*, 497.
Amidon. Méthodes de dosage (Wiley et Krug). *Ms. Nov.*, 823.
Brasserie. Castillo au Guatemala. *VDI.* 29 *Oct.*, 1213.
Brasserie. Sorbose. *Cs.* 31 *Oct.*, 936. Raffinerie. *Id.* 937. Divers. *Id.* 938, 942.
Carbures saturés linéaires, décomposition par le chlorure d'aluminium (Friedel et Gorgen). *CR.* 24 *Oct.*, 590.
— de calcium. Fabrique d'Engleton. *EE.* 29 *Oct.*, 206.
Calcium (propriétés du) (Moissan) *CR.* 24 *Oct.*, 584.
— Amalgame de (Ferée). *CR.* 24 *Oct.*, 618.
Camphre (Solubilité du) (Istrati et Zaharia). *CR.* 17 *Oct.*, 557.
Cétones à odeur de violette (Tiemann). *Scp.* 5 *Nov.*, 837.
Chaleurs spécifiques des gaz. Rapport des variations avec la température (Leduc). *CR.* 31 *Oct.*, 659.
Chaux et ciments. Divers. *Cs.* 31 *Oct.*, 225.
— Sable normal (Le). *Le Ciment. Oct.*, 151.
— Influence du sulfate de chaux sur le durcissement. *Gc.* 5 *Nov.*, 10.
Chrome (Nouvel hydrate salin de) (Baugé). *CR.* 17 *Oct.*, 551.
— Dosage colorimétrique des petites quantités. Analyse des minerais. (Hildebrand). *CN.* 4-11 *Nov.*, 227, 239.
Chlorure de sodium à hautes températures (Meldrum). *CN.* 4 *Nov.*, 225.
Combustibles. Analyse chimique et essais (Campredon). *Rt.* 25 *Oct.*, 473.
Cuivre et plomb métalliques. Action de l'eau (Meldrum). *CN.* 28 *Oct.*, 209.
Dissociation. Coefficients déterminés par la conductibilité électrique (Noyes) *Technology Quarterly. Juin*, 93.
Dissolution des solides et des liquides dans les gaz (Villard). *Rgds.* 15 *Nov.*, 824.
Essences de néroli et de petit grain. (Charabot et Pillet). *Scp.* 5 *Nov.*, 853.
Ethérion (L'). Nouveau gaz (Brush). *CN.* 21 *Oct.*, 197 (Crookes). *Id.* 221.
Fer. Action de l'eau et des dissolutions salines (Meldrum). *CN.* 21 *Oct.*, 202.
Gaz et liquides. (Propriétés chimiques des), (Young). *CN.* 21 *Oct.*, 200.
Gaz d'éclairage des fours à coke de sous-produits. *Eam.* 8, 15, *Oct.*, 429, 458.
— Compteur payant Anderson. *E.* 11 *Nov.*, 636.
— Gazogène Hislop. *E.* 22 *Oct.*, 539.
— Bec Delin. *E.* 11 *Nov.*, 636.
— gaz à l'eau. (Analyse des) (Earnshaw).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Fi. Oct., 303. Carburé (Leybold). *Cs.* 31 *Oct.*, 405.

Gaz d'éclairage. Becs incandescents. Composition des manchons. *CR.* 31 *Oct.*, 906, 911.

— *Acétylène.* Divers. *Cs.* 31 *Oct.*, 908.

— — État actuel de l'industrie. *Société d'Encouragement* de Berlin. *Oct.*, 171.

— — Gazogènes Ernst et Philips. *E.* 14 *Oct.* 507. Cousin. *Rt.* 25 *Oct.*, 477.

— — Fabrique de carbure de calcium à Engleton. *EE.* 29 *Oct.*, 206. Au Saut Sainte-Marie. *EE.* 5 *Nov.*, 246.

Huiles de graissage et oléonaphtes (Chènevrier). *Ms. Nov.*, 705.

— Presses Kœbers. *Pm. Nov.*, 170.

Hydrogène libre et acide azotique (Réaction entre). (Berthelot). *Acp. Nov.*, 324.

Industries chimiques à l'Exposition nationale Suisse 1896. (Reverdin). *Ms. Nov.*, 761.

Laboratoire. Divers. *Cs.* 31 *Oct.*, 949.

— Estimation cyanométrique des métaux (Brearley et Davis). *CN.* 14 *Oct.*, 190.

— Détermination des sulfates, sulfites et thiosulfates en présence les uns des autres (Browning et Howe). *CN.* 28 *Oct.*, 213.

— — de l'acide azotique dans l'eau. *Cs.* 31 *Oct.*, 953.

— Dosage de l'oxygène dans les mélanges gazeux; emploi de l'oxyde de chrome (Berthelot). *Acp. Nov.*, 289.

— — de l'acide phosphorique dans les superphosphates (Vignon). *ScP. Nov.*, 860.

— Pipettes-sondes. *Cs.* 31 *Oct.*, 949.

Lithium ammonium et calcium ammonium (H. Moissan). *CR.* 7 *Nov.*, 685.

Loi de Dalton. Shaw. *CN.* 14 *Oct.*, 185.

Mercure. Nouvel essai (Chism). *Eam.* 22 *Oct.*, 486.

Nickel et cobalt. Séparation par l'acide chlorhydrique. *American Journal of Sciences. Nov.*, 396.

Molybdène. Analyse iodométrique des composés du (Brearley). *CN.* 21, 28 *Oct.*, 203, 212.

Nitrate de soude. Fabrication par l'air atmosphérique. *Ap.* 20 *Oct.*, 536.

Nitration de la cellulose et de ses dérivés hydro et oxy. (Vignon). *ScP.* 5 *Nov.*, 857.

Optique. L'extrême infra-rouge (Guillaume). *Ln.* 22 *Oct.*, 332.

— Luminomètre Ominus. *CR.* 31 *Oct.*, 663.

— Polarisation rotatoire et dispersion anomale (Becquerel). *CR.* 31 *Oct.*, 647.

— Relation entre les énergies lumineuses et chimiques (Berthelot). *Acp. Nov.*, 332.

— La réflexion irrégulière (Hutchins). *American journal of Science. Nov.*, 373.

— Rotations magnésique et structurale (Wrigt et Kreider) *Id.* 416.

— *Rayons X. EE.* 15, 22 *Oct.*, 114, 117, 167.

— — *CR.* 17 *Oct.*, 546.

— — *CN.* 21 *Oct.*, 199.

Oxygène. Absorption par le pyrogallate de potasse (Berthelot). *Acp. Nov.*, 294.

Papier. Divers. *Cs.* 31 *Oct.*, 943.

— (Fabrication du). *Dp.* 22, 29 *Oct.*, 49, 66; 5, 11 *Nov.*, 85, 106.

Pétrole. Lampe à incandescence Washington. *Gc.* 15 *Oct.*, 393.

— Diverses. *Cs.* 31 *Oct.*, 911.

— Brûleurs divers. *Dp.* 22 *Oct.*, 33.

Poids atomique. (Table des). *CN.* 14 *Oct.*, 193.

Résines et vernis. Divers. *Cs.* 31 *Oct.*, 932.

Salpêtre du Chili. Dosage du perchlorate (Foerster). *Ms. Nov.*, 829.

Sécheuses. Moller et Rowlands. *E.* 22 *Oct.*, 540.

Sodium (Bioxyde de). Étude thermique (Forcand). *CR.* 8 *Oct.*, 514.

Strychnine (La). (Tafel). *Cs.* 31 *Oct.*, 945.

Sucrerie. Raffinage Langlois. *Ri.* 22 *Oct.*, 422.

— Sucre de canne. *Cs.* 31 *Oct.*, 935.

Tannerie. Divers. *Cs.* 31 *Oct.*, 933.

— Composition des cendres des matière tannantes brutes (Alsop et Yocum). *Ms. Nov.*, 831.

Tellure. Poids atomique (Wilde). *CR.* 24 *Oct.*, 613, 616.

Teinturerie. Divers. *Cs.* 31 *Oct.*, 913, 919.

— (Livres et procédés divers de) (Picquet). *MC.* 1er *Nov.*, 414.

— Le Cay. Da. *Ln.* 15 *Oct.*, 306.

— Teinture d'une oxazone. *Mc.* 1er *Nov.*, 401.

— Noir diaminogène. *Cs.* 31 *Oct.*, 922.

— Action de la lumière sur les couleurs. *CN.* 14, 21, 28, *Oct.*, 193, 205, 215.

— Nouveaux colorants phénoliques (Bernard). *Ms. Nov.*, 782.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Teinturerie. Oxydation de l'aniline. *Ms. Nov.*, 829.
— Rouge turc; rongeage par la méthode alcaline (Triapkine) *M.C.* 1er *Nov.*, 405.
— Matières colorantes et microbes. *Mc.*, 1er *Nov.* 423.
— Jaune de chrome. (Analyse du). *Cs.* 31 *Oct.* 953.
Tungstène. (Iodure de) (D facqz). *CR.*, 10 *Oct.*, 512.
— Bioxyde cristallisé (Hallopeau). *CR.* 10 *Oct.*, 512.
Verre. Fabrication continue (Linton). *EM. Nov.*, 243.
Vinaigre (Bactérie du). (Mayer). *Cs.* 31 *Oct.*, 939.

COMMERCE ET ÉCONOMIE POLITIQUE

Allemagne. Budgets depuis 1872. *SL. Oct.*, 460.
— Banques Allemandes. *Id.* 462.
Amérique (Concurrence de l'). *E.* 11 *Nov.*, 622.
Banques industrielles (Les). *E.* 22 *Oct.*, 525.
Chine. Progrès industriel (Allen). *EM. Nov.*, 162.
Câbles sous-marins (Les). *Ef.* 29 *Oct.*, 581.
Caoutchouc (Para et l'industrie du). *Ef.* 29 *Oct.*, 585.
Crédit populaire en Italie. *Ef.* 15 *Oct.*, 506.
Égypte. Développement commercial. *E.* 11 *Nov.*, 620.
Fonctionnaires et pensionnés de l'État. (Recensement des) (Turquan). *Rso.* 1er *Nov.*, 668.
— (Multiplication des) *Id.* 12 *Nov.*, 645.
Fraudes dans les marchandises (Répression des). *Ef.* 15 *Oct.*, 543.
Grèves (Les). *E.* 11 *Nov.*, 621.
— (Le droit de) et les employés de chemins de fer. *Ef.* 22 *Oct.*, 537.
Indo-Chine. Travaux publics et chemins de fer. *Ef.* 29 *Oct.*, 577.
Industrie Lyonnaise (L'). *Ef.* 5 *Nov.*, 615.
Or. Production et emploi. *Ef.* 15 *Oct.*, 501.
Propriété immobilière urbaine. Taxes futures. *Ef.* 29 *Oct.*, 573.
Salaire aux États-Unis et en Europe de 1870 à 1898. *DOL. Sept.*, 665.
Taxes futures. Écrasement de la propriété urbaine. *Ef.* 5 *Nov.*, 609.
Travail (Marché du) en Allemagne. *Ef.* 12 *Nov.*, 643.
Travail de nuit des ouvrières. *Rso.* 1er *Nov.*, 621.
Voies navigables en Allemagne. *Ef.* 29 *Oct.*, 583.
Villages à banlieue morcelée (Origine des). *Rso.* 1er *Nov.*, 645.

CONSTRUCTIONS ET TRAVAUX PUBLICS

Barrage de la Bourboule. *Rt.* 25 *Oct.*, 458.
Ciment armé. Procédés de construction américains. *Le Ciment. Oct.*, 145.
— (Tuyaux en). *Id.* 233.
— (Constructions en). *Gc.* 12 *Nov.*, 22.
Déblais (Piochage mécanique des) (Moufflet). *Bam. Oct.*, 1009.
Dômes et rotondes en fer (Théorie des) (Muller). *VDI.* 29 *Oct.*, 1205; 5 *Nov.*, 1233.
Incendies. Protection en Europe. (Sacks). *E.* 22 *Oct.*, 510.
Murs de soutènement (Calcul des). (Maconchy). *E.* 14 *Oct.*, 484.
Porosité des murs et des planchers. Ventilation naturelle. *Société d'Encouragement de Berlin, Oct.*, 368.
Ponts Morand, sur le Rhône. *E.* 4 *Nov.*, 575.
— sur l'Elbe, à Lobosits. *ZOI.* 28 *Oct.*, 617.
— militaire Pfund. *E.* 11 *Nov.*, 610.
Tunnels. Travaux à l'air comprimé. *E.* 11 *Nov*, 633.

ÉLECTRICITÉ

Accumulateurs Planté. Allure des courbes de charge rapide (Girault). *Ic.* 25 *Oct.*, 433.
Chauffage électrique. Appareils Le Roy. *EE.* 22 *Oct.*, 154.
Condensateur Bradley au stéarate de plomb. *EE.* 29 *Oct.*, 203.
Constantes diélectriques. Varations avec la température (Pellat et Sacerdote). *CR.* 17 *Oct.*, 544.
Distributions à grandes distances. *E'.* 14 *Oct.*, 368.
— à 3 fils continus. Réglage de la tension. (Proposto). *EE.* 5 *Nov.*, 221.
Dynamos continues (Guilbert). *EE.* 22 *Oct.*, 5 *Nov.*, 229.
— Calcul de l'induit (Grassi). *EE.* 12 *Nov.*, 295.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Dynamos. Porte-balais de la Comp. Électrique suisse. *E.* 11 *Nov.*, 635.
— Régulation automatique par un troisième balai. Sayers. *EE.* 22 *Oct.*, 159.
— Alternateurs (Les) (Hanappe). *EE.* 15 *Oct.*, 89, 4 *Nov.*, 591. (Compoundage des) à voltage constant (Leblanc). *CR.* 7 *Nov.*, 716.
— Moteurs à champ tournant Hanappe. *EE.* 29 *Oct.*, 186, 12 *Nov.*, 272.
— Synchroniseurs Leblanc. *EE.* 12 *Nov.*, 261.

Éclairage. *Arc.* Lampes Siemens et Halske, Duflos, Bardon, Fesquet, Worsley, Brockie, Davy, Steenaker et Cowley, Higham, Mathiesen. *EE.* 22 *Oct.*, 150; Johnson et Wunderlich. *E.* 11 *Nov.*, 635.
— en vases clos. *Ie. Nov.*, 473.

Électrochimie. Divers. *Dp.* 15, 22, 29 *Oct.*, 35, 55 74 *Ms. Nov.*, 811. Des aluns (Howe et O'Neal). *CN.* 11 *Nov.*, 236.
— Travaux de la Société Allemande *EE.* 15 *Oct.*, 105, 5 *Nov.*, 237.
— Cuivre. Épuration des électrolytes dans les usines d'Amérique. *Gc.* 29 *Oct.*, 425.
— Électro-déposition du cuivre. *E.* 22 *Oct.*, 528.
— Travail électrique des métaux (Brillié). *Rgds.* 15 *Nov.*, 808.

Indicateur de tension. Siemens et Halske. *EE.* 15 *Oct.*, 109.

Interrupteurs divers. *Sie. Août*, 371.

Jonction pour câbles. Hatton. *E.* 12 *Nov.*, 635.

Magnétisme. Propriétés magnétiques du fer. Influence de la température (Raget). *EE.* 15 *Oct.*, 110.

Mesures. Pont de Wheatstone du Post-Office. *EE.* 15 *Oct.*, 109.
— Résistances pour galvanomètres (Laws). *Technology Quarterly*, *Juin*, 116.
— Compteur horaire Richard. *Élé.* 22 *Oct.*, 267.
— Construction des bobines de galvanomètres (Fabry). *EE.* 22 *Oct.*, 133.
— Mesure de l'énergie dans une distribution à 3 et 5 fils. *Ie.* 25 *Oct.*, 449.
— Phasomètre Dobrowolski. *Élé.* 29 *Oct.*, 284.

Mesures. Voltmètres et ampèremètres Heap pour courants alternatifs. *EE.* 29 *Oct.*, 204.

Résistance. Variations produites par la traction (Cantone). *EE.* 29 *Oct.*, 210.

Stations centrales du Midland Ry (Langdon). *E.* 28 *Oct.*, 566.
— Sarajevo. *ZOI.* 21 *Oct.*, 601.
— Mechanicville. *EE.* 20 *Oct.*, 194.
— Évolution des (Scott). *EM. Nov.*, 255.

Télégraphie hertzienne. *Élé.* 15 *Oct.*, 257, entre la tour Eiffel et le Panthéon (Ducretet). *CR.* 7 *Nov.*, 713.
— Protection des lignes contre les forts courants. *EE.* 12 *Nov.*, 293.
— sous-marine. Disparition des câbles (Combanaire). *Élé.* 15-22 *Oct.*, 251, 270. Câble du Pacifique. *E.* 22 *Oct.*, 537. Grappins de la Société des téléphones. *E.* 22 *Oct.*, 539. Divers. *Id.* 4-12 *Nov.*, 571, 603.

Téléphonie. Commutateur multiple Dubrenet. *Élé.* 5-12 *Nov.*, 297, 317.

Transformateurs (diagrammes de). *Technology Quarterly. Juin*, 104.

Transmissions électriques dans les ateliers (Siemens). *E.* 14 *Oct.*, 500. — triphasées aux ateliers de la Bristol wagon C°. *E.* 11 *Nov.*, 631.

Transmetteur. Smith-Elphistone. *EE.* 12 *Nov.*, 264.

HYDRAULIQUE

Aqueduc de la Basic C°. Idaho. *Eam.* 15 *Oct.*, 453.

Barrage en acier d'Ash Fork. Gc. 22 *Oct.*, 408.

Canalisation (Calcul des) (Cazin). *Fi. Oct.*, 280.

Eaux de Plymouth. E'. 21 *Oct.*, 389.

Moteur marin Fletcher. *EE.* 5 *Nov.*, 244.

Pompes à incendie (Matériel des) (VDI). 29 *Oct.*, 1216.
— centrifuges Masse. *RM. Oct.*, 375.
— Worthington et Snow. *Id.* 418.
— Klein. *Id.* 435.
— Régulateur Dean. *RM. Oct.*, 435.
— Pulsomètre Brook. *RM. Oct.*, 435.

Purification des eaux potables (Cottrell). *E.* 14 *Oct.*, 494, 11 *Nov.*, 608.

Réservoir d'eau de Charonne. *Ac. Nov.*, 218.

Roue Pelton de 9 mètres à Grass Valey. *Eam.* 15 *Oct.*, 461.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Turbines. Régulateurs divers. *Sie. Août*, 342.
— Chutes de Saint-Anthony (Mississipi). *Gc.* 12 *Nov.*, 24.

MARINE, NAVIGATION

Bossoir Samson. *RM. Oct.*, 441.
Constructions navales. Théorie de la propulsion (Mansel). *E'.* 14 *Oct.*, 363.
— Résistance au mouvement des solides dans un liquide. *Rmc. Sept.*, 567.
— Emploi de l'acier (Riley). *EM. Nov.*, 175.
Danube allemand. Jonction avec le Main, l'Elbe et l'Oder. *Rgds.* 15-30 *Oct.*, 749, 769.
Gare d'eau d'Ivry. *Rt.* 25 *Oct.*, 469.
— *Gouvernail électrique* Sec. *EE.* 12 *Nov.*, 262.
Hélices multiples sur un même arbre. *Rmc. Sept.*, 522.
— Drake. E. *Nov.*, 595.
— Strickland. *RM. Oct.*, 443.
Lancements (Erreurs dans les). *E'.* 21 *Oct.*, 287.
Machines marines auxiliaires. Régularisation de la vitesse (Bayle). *Rmc. Sept.*, 472.
— Machines à roues américaines. *E'.* 28 *Oct.*, 409, 4 *Nov.*, 435.
— Distillateur Weir. *RM. Oct.*, 443.
— du cuirassé *Charles-Martel. E'.* 28 *Oct.*, 521. Du croiseur *Diadem. E'.* 11 *Nov.*, 478.
Marine de guerre française. Manœuvres de 1898. *E'.* 22 *Oct.*, 514. Cuirassé le *Bouvet. E'.* 5 *Nov.*, 442.
— anglaise. Croiseurs *Diadem. E'.* 28 *Oct.*, 415. *Pactolus*, *Hyacinthe*, *Id.*, 417.
— japonaise. Cuirassé *Shikishima. E'.* 4 *Nov.*, 456.
— Uniformité des navires de guerre. *Rmc., Sept.*, 534.
— Blindage Brow-Krupp de 300 millimètres. *E'.* 22 *Oct.*, 402; 4-11 *Nov.*, 438, 470.
— Contre-torpilleurs américains. *E'.* 21 *Oct.*, 291.
— Tubes lance-torpilles sous-marins d'Elswick. *Rmc. Sept.*, 553.
Marine marchande (Avenir de la). *E.* 14 *Oct.*, 493.
Paquebot Kaiser Wilhelm. Gc. 15 *Oct.*, 385.
Pêches maritimes diverses. *Rmc. Sept.*, 609.
Phare en fonte pour la Norvège. *E'.* 28 *Oct.*, 426.
— de France (Les) (Boyer). *EM. Nov.*, 227.
Sauvetage du *Milwaukee. E'.* 21 *Oct.*, 394.
Renflouage des navires par désagrégation du fond. *Ln.* 12 *Nov.*, 379.

MÉCANIQUE GÉNÉRALE

Air comprimé. Compresseurs Koster. *Rc.* 29 *Oct.*, 434. Dutton. *RM. Oct.*, 444.
— Bouteilles. Barbier. *RM. Oct.*, 444.
Balance automatique Richards. *RM. Oct.*, 410. *EE. Nov.*, 269.
Bocard à vapeur Cole. *RM. Oct.*, 415.
Chaudières tubulaires Dean et Main. *E.* 22 *Oct.*, 533.
— *à tubes d'eau.* (Combustion dans les) (Weir). *Es. Oct.*, 12.
— — Cowan, Sampson, Moore, Munford. *RM. Oct.*, 423.
— Alimentateur Wagonner. *Rc.* 12 *Nov.*, 453.
— Grille mécanique Ransome et Rapier. *E'.* 14 *Déc.*, 382.
— — à pétrole et goudron Shurer. *E.* 28 *Oct.*, 549.
— purgeurs Stubbs. *RM. Oct.*, 424. — Lamplough. *E.* 12 *Nov.*, 627.
— Retours d'eau Lumpp. *Ri.* 15 *Oct.*, 416. Hammelrath. *Ri.* 22 *Oct.*, 425.
— Prises de vapeur Canady et Kachren. *RM. Oct.*, 424.
— Transmission de la chaleur par les tôles (Halliday), *Es. Oct.* 28.
— Injecteur Gamble. *RM. Oct.*, 424.
Drague fouilleuse Baker. *RM. Oct.*, 436.
Dynamomètres Flather. *RM. Oct.*, 444.
— Wetler. *EE.* 12 *Nov.*, 291.
Embrayages. Divers. *Dp. Oct.*, 64. 5 *Nov.*, 83. Elliott. Panhard et Levassor. *RM. Oct.*, 443.
Engrenages moulés. (Horner). *E'.* 22 *Oct.*, 509.
— tracé des dents (Hermann). *Dp.* 15 à 22 *Oct.*, 28 50.
Essoreuse Laidlaw. *RM. Oct.*, 444.
Frein électromagnétique Hélios. *EE.* 29 *Oct.*, 203.
Graissage des organes des machines (Maglin). *RM. Oct.*, 397.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Levage. Déchargeur Campbell. *RM. Oct.*, 436.
— Derrick Hutchinson et Newton. *RM. Oct.*, 436.
— Dragues du Mississipi (Wels). *VDI.* 22 *Oct.*, 1178. Baker. *RM. Oct.*, 436.
— Grappin Lancaster. *RM. Oct.*, 437.
— Grue Rondet pour le bardage des blocs. *Ri.* 22 *Oct.*, 423.
— Échelles de pompiers. *VDI.* 29 *Oct.*, 1216.
— Transporteurs Cowley. *RM. Oct.*, 413.

Machines-outils. Ateliers de Lincoln. *E.* 11 *Nov.*, 613. Fraiseuse aléseuse Droop et Rein. *VDI.* 22 *Oct.*, 1177.
— *Billes.* Laminoir Von Pitler. Polisseuse et trieuse White. *RM. Oct.*, 437-438
— Outils en acier profilé Beardshaw. *Ln.* 15 *Oct.*, 309.
— *Perceuses* Schiefs. *VDI.* 5 *Nov.*, 1243. Richards. *Ru. Oct.*, 439. Cleaves pour balanciers de montre. *Id.* 439. A câbles capitaine. *VDI*, 12 *Nov.*, 1262.
— Tour à revolver Herbert. *Ri.* 15 *Oct.*, 413.
— Jauge micrométrique Pratt Whitney. *E.* 4 *Nov.*, 595.
— *Machines* à mouler les caractères d'imprimerie. *E'.* 14 *Oct.*, 370.
— — A enrouler les ressorts. *RM. Oct.*, 440.
— — A faire les chaînes Smith. *Dp.* 16 *Oct.*; 25. Breul Schull. *Id.* 22 *Oct.*, 45.
— Meules. Montage de sûreté. *E'.* 28 *Oct.*, 423.
— Riveuse électrique. *Gc.* 22 *Oct.*, 412.
— Couvre-scies Taylor. *E.* 28 *Oct.*, 569.
— *Machines à scier les pierres.* Wincqz. *Ri.* 5 *Nov.*, 445.

Moteurs à vapeur. Divers. *Dp.* 15 *Oct.*, 215, 5, 12 *Nov.*, 81, 102.
— (Économie des installations de) (Cooper), *EM. Nov.*, 197.
— Lecomte et Fontaine. *RM. Oct.*, 446.
— Compound Inglis. *E.* 14 *Oct.*, 483.
— Rice et Sargent. *E.* 22 *Oct.*, 534.
— Compression dans l'espace mort (Dwelshauvers). *Ru. Oct.*, 67; *RM. Oct.*, 405.
— *Condenseurs* Murrey, Nesbit et Clowes. *RM. Oct.*, 447.

Moteurs à vapeur. *Distributions.* Diverses. *Dp.* 22 *Oct.*, 41.
— — par soupapes. (Fonctionnement des) (Trinks). *VDI.* 15 *Oct.*, 1163.
— — Frickard, Klein, Sheffield et Twinbarrow. *RM. Oct.*, 445.
— Régulateur Robinson-Audens. *E'. Nov.*, 445.
— Rotatifs Kzysat, Westinghouse, Marx, Hult, Arbel. *Dp.* 29 *Oct.* 60.
— Stuffing box. Hargreaves. *RM. Oct.*, 446,
— *Turbine* Vojacek. *Dp.* 5 *Nov.* 82.
— *à air chaud et à vapeur.* Thornton. *RM. Oct.* 450. Pilcher. *RM. Oct.*, 447.
— **à gaz.** Griffin. *Rc.* 5 *Nov.*, 442. Roots. *RM. Oct.*, 447. Simpson, Priestmann et Richardson. Hamilton. *Id.* 449.
— — Gazogène Riché. *EE.* 12 *Nov.*, 295.
— *à pétrole.* Diesel. *Fi. Oct.*, 241. *E'.* 4 *Nov.*, 435.
— — Bouton, Bryant. *RM. Oct.*, 450.
— — Locomobile Tangye. *E.* 14 *Oct.*. 479.

Pompes à Incendies. Exposition de Charlottenbourg. *VDI.* 12 *Nov.*, 1218.
Paliers sphériques Thompson. *E.* 14 *Oct.*, 499.
Régulateur Maugras. *RM. Oct.*, 444.

Résistance des matériaux. Dynamomètre de torsion Coker. *E.* 14 *Oct.*, 503.
— Essais des matériaux pour matériel de chemin de fer. *E'.* 14-28 *Oct.*, 364, 414. Au Midland. *Ry. E.* 11 *Nov.*, 629.
— Sur certains aciers spéciaux (Abraham). *AM., Sept.*, 225.

Serrure électrique Carleton. *EE.* 12 *Nov.* 266,
Vis sans fin. Résistance des transmissions à (Stribeck). *VDI.* 15 *Oct.*, 1157.
Ventilateurs. Essais à l'aide d'un guichet à l'air libre (Hanappe). *Ru Oct.*, 23.
Valve équilibrée. Campbell et Railton. *Ru. Oct.*, 444.
Vanne. Lindle et Carter. *RM. Oct.*, 444.

MÉTALLURGIE

Alliages d'or. Structure microscopique. (Andrews.) *E.* 28 *Oct.*, 619.
— (Surfusion des). R. Austen. *N. Oct.*, 619.
— Laitons. Influence de l'antimoine sur la résistance au laminage (Sperry). *Ms. Nov.* 805.

Aluminium. (Soudure de l'). *EE.* 22 *Oct.* 17.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Argent. Usines de la Sonora. Mexique (Armas). *Fi. Oct.*, 293.
— Minerais réfractaires. Chloruration et lixiviation. *E'.* 28 *Oct.*, 429.
— Traitement des galènes argentifères contenant du zinc. (Steinhart.) *Ms. Nov.*, 794.
Briquettes de minerais. (Machine à faire les). *Eam.* 8 *Oct.*, 431.
Coke de sous-produit (Production du gaz par le). *Eam.* 15 *Oct.*, 458.
— Principes de la chimie du (Simmersbach). *Ru. Oct.*, 78.
Fer et acier. (Progrès de l'industrie). *SuE.* 1er *Nov.*, 979.
— Sigification des points critiques (Osmond). *The Metallographist. Oct.*, 270.
— *Aciers*. Constitution microscopique. (Sauvern). *Technology Quarterly. Juin.*, 78.
— Tensions dans l'acier trempé. (Thalner). *SnE.* 15 *Oct.*, 935.
— — au molybdène et au tungstène. (Résistance des). *Eam.* 8 *Oct.*, 430.
— — Coulée des lingots. (Arnold.) *E.* 28 *Oct.*, 569.
— Machine soufflante de Krombach. *VDI.* 15 *Oct.*, 1153. *SnE.* 15 *Oct.*, 929.
— Forges de Hoford. *E'.* 14 *Oct.*, 365.
— Étameuse Thomas. *E.* 22*G ct*,, 539.
Fer et acier. Laminoirs trio (Bechen), *SuE.* 15 *Oct.*, 934.
Nickel. Fonte et raffinage. (Ulke.) *EM. Nov.*, 215.
— Procédé Mond. *E.* 11 *Nov.*, 615.
Or. Chloruration à Colorado City. *Eam.* 8 *Oct.*, 425.
— Électrodéposition au Transvaal. *Elé.* 22 *Oct.*, 268; 5 *Nov.*, 304.
— Cyanuration des minerais. (Christy.) *Ms. Nov.*, 802.
Plomb. Minerais de sulfure et de zinc; traitement (Renton). *Eam.* 22 *Oct.*, 488.

MINES

Argiles du Missouri. *Eam.* 8 *Oct.*, 426.
Épuisement. Pompe hydraulique. Easton Anderson. *E'.* 21 *Oct.*, 399.
Fer. Mines de Suède (Nordenstrom). *E.* 14 *Oct.*, 502.
Houilles du Tonkin. Emploi sur les locomotives (Solomiac). *Bans. Oct.*, 931.
— Grisou et lampes à incandescence (Curiot et Meunier). *CR.* 22 *Sept.*, 559.
Manganèse du Brésil. *Ru. Oct.*, 47.
Or. Nouvelle-Zélande. *Gc.* 22 *Oct.*, 401.
— En Sibérie. *Dp.* 12 *Nov.*, 101.
Salines. Fabrication des briquettes de sel en Autriche. *ZoI.* 28 *Oct.*, 617.

Le Gérant : Gustave Richard.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

97e ANNÉE. Cinquième Série, Tome III. DÉCEMBRE 1898.

BULLETIN
DE
LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT
POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

ARTS MÉCANIQUES

RAPPORT fait par **M. Ernest Polonceau**, au nom du *Comité des Arts mécaniques* sur l'exposé présenté par **M. Arthur Nouvelle** : *Le fusil de chasse, son origine, ses transformations, sa situation actuelle.*

M. Arthur Nouvelle, dans son exposé, résume les diverses phases par lesquelles le fusil de chasse a passé depuis 1350, époque à laquelle il était composé d'un lourd canon auquel un servant mettait le feu : c'est *la première phase.*

En 1393, *le deuxième phase* nous amène au fusil de chasse, où le coup de feu était commandé par la pression du doigt ; un ressort ramenait en arrière la mèche, dès que la pression du doigt avait cessé. Ces armes furent employées jusqu'en 1530.

La troisième phase comporte l'emploi du silex, c'est le fusil à rouet que nous connaissons.

La quatrième phase nous amène au fusil à silex par percussion sur batterie ; ce fusil était généralement en usage jusqu'au commencement du siècle.

La cinquième phase commence en 1808, où l'arquebuserie française arrive à déterminer l'inflammation au moyen de poudre fulminante.

La sixième phase nous amène aux fusils se chargeant par la culasse ; de 1808 à 1833, un nombre considérable de brevets furent pris.

La septième phase comprend tous les fusils à percussion centrale ; c'est

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

vers 1833 que l'éminent armurier Postel créa le fusil à percussion centrale, qui ne put être adopté en France qu'en 1867, rapporté par l'armurerie anglaise.

Enfin *la huitième phase* comprend les armes à chiens intérieurs; nées en France de 1829 à 1840, et qui nous revinrent d'Angleterre en 1880.

Le fusil français de M. A. Nouvelle fut breveté en 1887; jusqu'en 1895, des brevets de perfectionnement furent successivement pris par suite des améliorations introduites dans le premier fusil.

M. A. Nouvelle a publié une série d'ouvrages ou notices sur l'arquebuserie et le fusil Nouvelle. Il y décrit les systèmes Anson et Duley, qui sont ceux généralement adoptés par les armuriers. M. Nouvelle préconise le canon en acier fondu, auquel il trouve l'avantage de ne pas braser à chaque tonnerre les tenons qui doivent servir à son fonctionnement sur la culée.

M. Nouvelle a cherché, dans son mécanisme, à supprimer les organes multiples que l'on rencontre encore dans toutes les armes en usage.

Chaque arme, quelle qu'elle soit, possède en effet :

1° Un mécanisme de percussion gauche;

2° Un mécanisme de percussion droite;

3° Un mécanisme de déclenchement appelé détente, placé en dessous;

4° Un mécanisme d'enrayage placé en dessus.

Ces mécanismes constituent autant de mobiles séparés, que la monture assemble et, d'après M. Nouvelle, le manque d'harmonie de leurs points de contact est souvent la cause de nombreux accidents et d'ennuis divers.

Dans le fusil Nouvelle, tous les mécanismes particuliers sont supprimés et remplacés par un seul, qui groupe en lui-même d'une manière classique les quatre fonctions ci-dessus indiquées, plus une cinquième, que l'on appelle l'interception.

On entend par intercepteurs des organes placés sur le passage des marteaux percutants que seule la commande régulière des détentes fait fonctionner.

Il s'ensuit que, s'il survient une rupture soit au cran de l'arme, soit au bec de gâchette qui s'y enclenche soit par toute autre cause, le choc inopiné du marteau sur le percuteur ne détermine plus un départ accidentel, puisque, dans ce cas, le chien ou marteau rencontre, dans son mouvement de chute, un bloc intercepteur contre lequel il se bute jusqu'à désarmement. Ces intercepteurs sont évidemment une bonne chose en principe, mais ce n'est qu'une longue pratique qui viendra en prouver les avantages et les inconvénients.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

M. A. Nouvelle s'élève avec grande raison sur la tendance de ne trouver bien que ce qui se fait à l'étranger et prouve, par des faits malheureusement vrais, que, souvent, ce n'est que lorsque les inventions françaises ont reçu le baptême de l'étranger qu'elles ont du succès en France ; c'est déplorable pour notre industrie, c'est même décourageant : cette tendance fait échouer les meilleures idées, arrête toute tentative de progrès.

Il combat le canon *Damas* et est partisan du canon en acier fondu; l'un et l'autre ont leurs avantages; le canon en acier fondu résiste mieux, mais le canon *Damas* bien fait a une résistance largement suffisante pour les poudres que l'on emploie, avec l'avantage, en cas d'explosion, d'avoir des conséquences moins graves; le canon *Damas* se crève en partie, le canon en *acier fondu* se crève presque tout du long; enfin, les partisans des canons en acier fondu mettent en avant qu'il n'y a pas d'éclats, que le poids du canon avant et après l'explosion est le même.

Quant aux inventions propres de M. A. Nouvelle, à ses perfectionnements, nous le félicitons d'avoir cherché à simplifier l'organisation du fusil, ce qui est très certainement une bonne chose, mais nous ne pouvons proposer un avis ferme attendu que ce n'est que par un long usage et un grand nombre d'années que l'on pourra être certain des avantages préconisés par M. A. Nouvelle.

Il y a un point sur lequel je ne suis pas d'accord avec M. A. Nouvelle, c'est sur la décadence de la vente de l'arquebuserie française.

D'après les relevés ci-joints du ministère des Finances, les exportations des armes à feu ont beaucoup augmenté en 1897, et les importations ont diminué.

Cependant, il y a un fait certain, c'est que, dans un certain monde, soit par manque de patriotisme, soit par snobisme, il est convenu que le fusil anglais est supérieur, et bien des personnes reviennent d'Angleterre avec un fusil anglais avec lequel elles tuent plus de gibier et s'écrient : c'est parce que j'ai un fusil anglais.

Le fusil anglais n'est pas meilleur que le fusil français, bien au contraire, il lui est fréquemment inférieur, et cependant il tue plus de gibier. L'explication est bien simple : autrefois, le chasseur étudiait le fusil qu'il lui fallait dans tous les détails, il était en communion d'idées avec son armurier.

Les nouveaux chasseurs français sont tout autres, ils ne veulent pas se donner le temps de choisir un fusil ou le donner à l'armurier français; mais il en est tout autrement lorsqu'ils vont à Londres; l'armurier anglais

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

n'accepte pas de livrer un fusil purement et simplement, il ne veut livrer que des fusils convenant parfaitement bien à son client.

Lorsque le client se présente, il l'emmène à son tir pour déterminer avec le fusil d'essai la couche qui lui convient le mieux.

Le fusil d'essai, dit fusil *Jones*, qu'emploient du reste certains armuriers français, a une crosse articulée de manière à pouvoir faire varier à volonté, la *longueur*, la *pente* et l'*avantage* de la crosse.

Pour déterminer approximativement la couche convenable pour le tireur, l'armurier lui remet le fusil d'essai et, après l'avoir placé à 4 ou 5 mètres, lui dit de mettre le fusil promptement en joue en le visant à l'œil droit et il modifie la pente, la longueur, l'avantage jusqu'à ce que le fusil tombe tout naturellement en joue sur l'œil de l'armurier.

Cela fait, il conduit le client devant une cible de 4 mètres sur 8 mètres, sur laquelle sont peintes six silhouettes d'oiseaux qui peuvent être masquées ou démasqués par des écrans à rabattement.

On fait alors tirer le client d'une quinzaine de mètres sur ces silhouettes en les démasquant à l'improviste, et après observations des écarts de tir, l'armurier modifie le réglage de la crosse, jusqu'à ce que les écarts paraissent réduits au minimum. Il relève alors la longueur, la pente, l'avantage et les emploie pour la construction du fusil commandé.

L'amateur reçoit un fusil avec lequel il tue plus qu'avec son fusil français et, de là, en conclut qu'il est supérieur.

C'est donc, d'après nous, le point capital auquel les armuriers français doivent tenir le plus, soigner le choix du fusil de manière qu'il soit absolument le fusil avec lequel l'amateur tue; alors il le trouvera toujours supérieur.

M. A. Nouvelle s'est, en outre, préoccupé avec grande raison de se rendre exactement compte du tir des armes portatives; dans ce but, il nous décrit un chevalet de tir pendule à chariot, de son système, qui permet, sans détériorer en rien les armes essayées, de déterminer l'intensité du recul et l'angle de mire correspondant à chaque distance atteinte.

En joignant à cet appareil la cible correspondante, pour mesurer la vitesse, on tient l'outillage nécessaire à l'étude pratique de toute arme.

L'ensemble des travaux que la Société Nouvelle et C^ie^ a réalisés dans l'industrie de l'arquebuserie, ses inventions, ont valu à cette Société un Grand Prix à l'Exposition de Bruxelles de 1897.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Importation et exportation des armes de guerre et de commerce de 1877 à 1897.

ANNÉES.	IMPORTATIONS					ANNÉES.	EXPORTATIONS				
	ARMES DE GUERRE			ARMES DE COMMERCE			ARMES DE GUERRE			ARMES DE COMMERCE	
	blanches.	à feu		blanches.	à feu.		blanches.	à feu		blanches.	à feu.
		portatives.	d'affût.					portatives.	d'affût.		
	kil.	kil.	kil.	kil.	kil		kil.	kil.	kil.	kil.	kil.
1877	34	8 231	353	9 370	124 253	1877	2 915	898 974	3 221	8 884	54 964
1878	94	2 028	2 122	11 457	137 492	1878	66 048	825 024	96 017	2 948	53 966
1879	101 697	1 707	»	11 908	152 406	1879	88 256	918 442	196 455	6 677	36 433
1880	995	67 742	2 934	14 439	150 448	1880	284 337	941 370	422 897	7 008	41 472
1881	291	28 702	»	15 305	157 193	1881	45 478	807 456	92 691	2 466	54 565
1882	61	550	»	16 333	138 177	1882	201	104 847	78 088	1 910	38 477
1883	1 256	429	8 306	23 381	133 573	1883	30 340	765 495	83 172	2 291	60 589
1884	21	365	1 192	26 387	122 768	1884	42 096	299 709	103 565	9 825	53 945
1885	9	210	159	27 927	104 168	1885	25 200	342 745	263 285	6 149	47 084
1886	203	78	80	23 213	88 962	1886	976	59 499	160 952	12 107	56 542
1887	»	246	2 312	33 590	57 947	1887	»	5 819	286 008	13 851	61 263
1888	»	6	3 461	32 679	47 699	1888	»	80 673	176 995	9 922	48 225
1889	»	558	6 120	23 452	52 574	1889	»	21 519	59 092	11 621	74 786
1890	»	1 079	1 860	33 973	65 986	1890	»	115 562	339 896	12 191	54 796
1891	»	593	11 642	30 981	68 024	1891	»	15 602	212 884	6 084	74 855
1892	»	503	53	27 122	56 731	1892	»	61 606	355 264	16 895	65 460
1893	»	1 119	4 342	26 181	49 713	1893	»	859 603	474 324	4 744	41 190
1894	»	828	20	25 872	45 452	1894	»	1 691 194	149 117	10 373	59 413
1895	»	1 380	258	22 737	51 559	1895	»	414 149	125 796	22 274	46 179
1896	»	1 530	86	21 399	49 351	1896	»	145 063	71 573	21 182	63 368
1897	»	645	702	26 514	35 721	1897	»	1 721 559	355 179	55 474	119 386

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Nous avons donc l'honneur de vous proposer de remercier M. A. Nouvelle de sa très intéressante communication, de le féliciter des inventions et perfectionnements que la Société Nouvelle et Cie a introduits dans l'arquebuserie, et nous vous demandons, en outre, l'impression du présent rapport dans le *Bulletin*.

Signé : E. Polonceau, *rapporteur*.

Lu et approuvé en séance, le 9 décembre 1898.

Rapport présenté par **M. Imbs**, au nom du *Comité des Arts mécaniques* sur les *Tendeurs dynamométriques des courroies* de **M. L. Simon.**

Malgré l'intervention des commandes par dynamos, les courroies restent le moyen le plus habituellement employé pour actionner les diverses machines d'un atelier. On emploie depuis assez longtemps, pour pouvoir coudre ou fermer une courroie sur ses poulies, surtout quand, étant large, elle serait difficile à monter après couture, des outils maintenant cette courroie sous tension. Ces tendeurs consistent, le plus souvent, en deux brides ou mordaches parallèles tenant la courroie un peu à l'arrière de chacun des bouts. Une ou deux vis de rappel réunissent les deux mordaches. En serrant les vis ou leurs écrous, on rapproche les bouts jusqu'à tension jugée convenable pour la courroie, et on fait la jonction entre les deux mordaches, qu'on enlève ensuite.

M. L. Simon a perfectionné ces tendeurs en leur permettant d'indiquer en kilogrammes la tension à laquelle on amène la courroie ou la corde à fermer. A cet effet, comme le montre par exemple la figure 1, la mordache inférieure B s'appuyant sur les écrous des deux vis de rappel, celles-ci sont fixées à leur sommet à une traverse C, qui porte deux tiges *e e*, sur lesquelles sont enfilés les deux bouts de la mordache supérieure A, chacun de ces bouts s'appuyant sous un ressort à boudin enfilé sur la tige, et buttant sous la tête de la tige. Une échelle graduée et un index fixé à la mordache A permettent de lire la pression exercée sur les deux ressorts et, par conséquent, la tension, uniforme, que possédera la courroie en tous ses points, si, pendant cette opération, la courroie était montée sur la poulie folle de la machine.

Ces tendeurs, ainsi modifiés par M. L. Simon, peuvent rendre des services plus complets que la simple commodité de manœuvre que fournissaient les tendeurs précédemment employés. Pour le montrer, il suffit de rappeler

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sommairement les conditions théoriques de fonctionnement d'une courroie.

Connaissant le travail qu'absorbe une machine, le rayon r de ses poulies et leur nombre de tours par seconde, on connaît l'effort tangentiel net θ que la courroie doit fournir pour traîner la machine. La tension t du brin de retour, nécessaire pour assurer l'adhérence sur la poulie, est égale à θ divisé par l'exponentielle e de Néper portée à une puissance $\frac{fl}{r}$, r étant le rayon de la poulie,

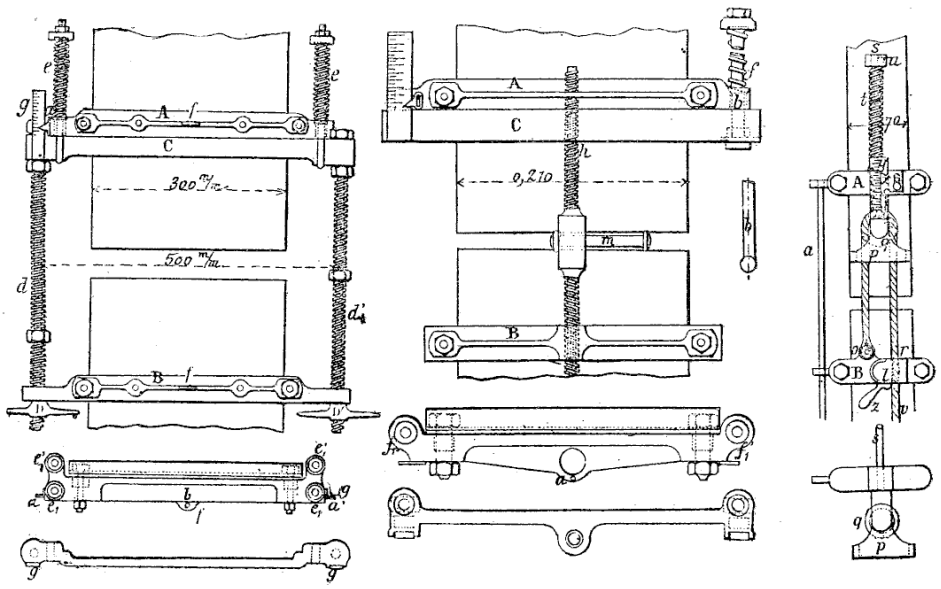


Fig. 1. — Tendeur dynamométrique *L. Simon*. Ensemble et détail du vernier.

l la longueur du contact de la courroie, et f le coefficient de frottement ($e =$ environ 2,72). $\frac{l}{r}$ n'est autre chose que l'arc embrassé et, à son sujet, il faut considérer soit la poulie de la machine, soit celle de la transmission, en choisissant la moins embrassée. Connaissant la tension t_r nécessaire pour le brin de retour, la tension effective T_c que prendra le brin conducteur en travail sera égale à $t_r + \theta$, et enfin la tension uniforme que devra avoir la courroie au repos sur poulie folle sera égale à $1/2\,(T_c + t_r)$, $= t_r\,1/2\,\theta$. Les expériences faites par le général Morin ont fait adopter des valeurs bien connues pour le coefficient de frottement f, par exemple 0,28 et 0,38 pour courroies en état ordinaire et en état humide sur poulies en fonte polie. En outre, pour éviter le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

calcul logarithmique du diviseur $e^{\left(\frac{f}{r}\right)}$ le général Morin a donné ses valeurs par dixièmes de circonférence embrassée pour diverses valeurs de f à prendre selon les cas. Ainsi, pour f valant 0,28 (courroie en état ordinaire sur poulie en fonte), et pour la demi-circonférence, ce diviseur vaut 2,41. Les valeurs de ce diviseur, données par le général Morin pour les cas les plus habituels, sont reproduites dans la plupart des aide-mémoire. On ne s'en sert guère que pour calculer, d'après T_0 (tension effective du brin condenseur), la section convenable pour la courroie, et par suite, la largeur convenable pour les poulies, mais non pour le montage même de la courroie. Le montage des courroies dans un atelier est, le plus souvent, abandonné aux soins d'un manœuvre, et fait avec fort peu d'attention. Les courroies s'allongent peu à peu, pour ne pas y retoucher trop souvent, on leur donne généralement un grand excès de tension. Quand les ouvriers sont payés à la pièce, ils se figurent volontiers que leur machine marchera d'autant plus vite que la courroie sera plus tendue, et cet excès de tension donné aux courroies prend souvent des proportions ridicules. Il en résulte une fatigue bien compréhensible sur les axes, et une dépense en frottements, en force motrice et en usure qu'il serait avantageux d'éviter.

Il est bien évident que les tendeurs-indicateurs de M. L. Simon peuvent permettre de ne pas s'écarter des limites raisonnables, et de monter les courroies sous une tension voulue $(t_r + 1/2\,\theta)$, largement calculée d'ailleurs, et non à l'aveugle, comme cela a lieu presque toujours.

Le Comité des Arts mécaniques propose à la Société de remercier M. Simon pour sa communication, et d'insérer au *Bulletin* le présent rapport, avec les dessins qui s'y réfèrent.

Signé : Jos. Imbs, *rapporteur*.

Lu et approuvé en séance, le 9 décembre 1898.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS ÉCONOMIQUES

Rapport de **M. Henri Rouart**, au nom du *Comité des Arts économiques*, sur un ventilateur brise-vent, présenté par *M. le commandant* **Perrinon**.

M. le commandant Perrinon a soumis à l'examen de notre Société un appareil qu'il appelle *Ventilateur brise-vent* destiné, entre autres applications, à améliorer le tirage des cheminées.

Cet appareil se compose, comme l'indique le croquis ci-contre, d'une

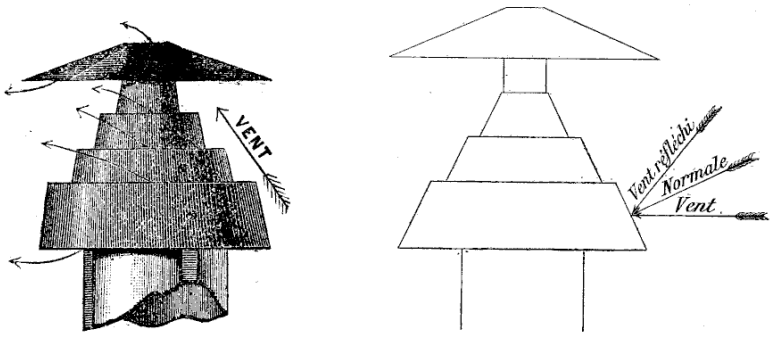


Fig. 1.

série de troncs de cône disposés l'un au-dessus de l'autre à l'embouchure du tuyau d'échappement des gaz; il se complète par un chapeau couronnant le tout.

Le vent, en arrivant contre les surfaces des troncs de cône, est naturellement réfléchi. Sa direction se trouve brisée, et, au lieu de s'opposer par sa vitesse à la sortie des gaz émanés de la cheminée, il peut, dans une certaine mesure, transformer l'appareil en éjecteur et provoquer un appel.

Cette mesure est difficile à apprécier. Mais des applications de cet appareil ont été faites par des architectes qui donnent des certificats satisfaisants, il y a donc lieu de croire qu'on pourra l'employer utilement au tirage des

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

cheminées, et, par suite, aux ventilations naturelles faites par des tuyaux dans lesquels les gaz expulsés sont animés de petites vitesses.

Cet appareil très simple peut être construit en tôle, en poterie; il est peu coûteux, d'un fonctionnement constant puisqu'il ne contient aucun mécanisme; il pourra donc être utilement employé. En conséquence le Comité des Arts économiques propose de remercier M. le commandant Perrinon de sa communication et d'insérer le présent rapport au *Bulletin*.

Signé : Henri Rouart, *rapporteur*.

Lu et approuvé en séance, le 9 décembre 1898.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS CHIMIQUES

RAPPORT présenté, au nom du *Comité des Arts chimiques*, par **M. Ach. Livache**, sur une note de **MM. Bapst** et **Hamet** intitulée : *Modifications apportées à la vulcanisation au soufre.*

MM. Bapst et Hamet ont présenté à la Société d'Encouragement une note relative à des modifications qu'ils ont apportées dans la vulcanisation au soufre du caoutchouc.

On sait que le caoutchouc naturel se soude sur lui-même, il se ramollit entre 30 et 50°, perd son élasticité au-dessous de 10° et devient rigide et dur à 0°. Aussi, lorsqu'on veut le manufacturer, doit-on lui faire subir l'opération de la vulcanisation qui a pour but de rendre permanente, entre — 20° et + 180°, l'élasticité naturelle du caoutchouc, tout en lui permettant de résister sans altération à des températures qui, auparavant, le rendaient poisseux, de ne plus durcir par le froid, de ne plus se souder avec lui-même. Cette modification des propriétés est due à la combinaison chimique d'une petite quantité de soufre qui ne dépasse pas 1 à 2 p. 100.

Nous rappellerons rapidement que la vulcanisation s'exécute soit au moyen du procédé Hancock, dans lequel les objets en caoutchouc naturel sont plongés, pendant un temps variable, dans du soufre maintenu à la température de 115° à 120°; soit au moyen du procédé Goodyear, consistant à chauffer entre 130 et 150° le caoutchouc auquel on a préalablement incorporé 10 à 20 p. 100 de soufre; soit, enfin, en appliquant sur les objets confectionnés une dissolution de sulfure de carbone contenant un quarantième de chlorure ou de bromure de soufre, ou, encore, en chauffant en vase clos les objets plongés dans une dissolution de polysulfure de potassium.

Ce sont les deux premiers procédés qui sont appliqués dans l'usine de MM. Bapst et Hamet, et qui ont été l'objet de perfectionnements.

Dans le procédé Hancock, que MM. Bapst et Hamet emploient pour obtenir de la feuille anglaise, on plonge la feuille de caoutchouc dans un bain de soufre fondu pendant le temps nécessaire pour qu'elle absorbe une

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

quantité variable de soufre, de 5 à 15 p. 100; de ce soufre ainsi absorbé, il n'y a que 1 à 2 p. 100 entrant en combinaison et produisant la vulcanisation, le surplus étant simplement à l'état de mélange et pouvant être enlevé au moyen de solutions alcalines.

Dans le procédé Goodyear, qui est employé par MM. Bapst et Hamet pour la fabrication des jouets creux en caoutchouc, ballons, poupées, etc., on commence par incorporer au caoutchouc naturel 12 à 20 p. 100 de fleur de soufre, et l'objet, grossièrement façonné avec ce mélange, est mis à l'intérieur d'un moule en fonte qu'on porte à la température de 130 à 145°. Sous l'influence de la chaleur, une certaine quantité d'air, qu'on a eu le soin de réserver à l'intérieur de l'objet ébauché, se dilate et vient comprimer la substance contre les parois du moule dont elle épouse tous les contours et dont elle conserve la forme après refroidissement, lorsqu'une partie du soufre mélangé se sera combiné au caoutchouc naturel et lui aura donné les propriétés d'élasticité et de résistance propres au caoutchouc vulcanisé.

Comme l'air qui se dilate à l'intérieur de l'objet ne doit pas subir de contre-pression, on ne peut suivre la méthode appliquée aux objets pleins, dont le chauffage s'exécute en autoclave ou en étuve; d'autre part, la surface extérieure des moules généralement sphérique, ou l'épaisseur très variable des diverses parties de ces moules, ne permettent pas de les chauffer en les comprimant simplement entre deux plateaux métalliques traversés par un courant de vapeur, car toutes les parties du moule ne se trouvant pas en contact avec ces plateaux, ou ne s'y trouvant pas dans des conditions identiques, ne seraient pas chauffées également. On a donc été conduit à plonger ces moules dans un liquide porté à la température de 130 à 150°, et l'expérience a montré que les meilleurs résultats étaient obtenus en employant un bain de soufre fondu.

C'est à la présence de ces bains de soufre en fusion, nécessaires pour l'application des deux procédés que nous venons d'exposer, que sont dus les dangers et les inconvénients sérieux des ateliers dans lesquels on pratique la vulcanisation du caoutchouc. Le chauffage se faisant à feu nu, il se produit un dégagement important d'acide sulfureux; de plus, si le feu est trop fortement poussé, des vapeurs de soufre se répandent dans l'atelier et vont se condenser sur les cloisons et les plafonds, augmentant ainsi leur combustibilité; enfin, comme, en vue de ne pas laisser le bain de soufre se solidifier pendant la nuit, on couvre simplement le feu, il arrive que celui-ci peut se ranimer; si la température s'élève trop, le soufre atteindra la tem-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pérature de sa distillation et les vapeurs de soufre iront s'enflammer au contact du foyer.

De nombreuses tentatives ont été faites en vue de substituer au soufre des substances ne présentant pas ces inconvénients. Nous citerons, en particulier, les huiles grasses, mais elles pénétraient à l'intérieur des moules, dont les joints ne sont jamais hermétiques, et altéraient le caoutchouc; nous citerons également l'emploi d'une dissolution de chlorure de calcium suffisamment concentrée pour atteindre une température de 150 à 160°, mais cette dissolution ne tardait pas à attaquer les moules et la chaudière.

Conservant le bain de soufre, c'est au mode de chauffage et au départ des vapeurs de soufre que MM. Bapst et Hamet ont apporté les modifications qui font l'objet de leur note.

Sur les conseils de M. Jourdin, alors inspecteur des établissements classés, MM. Bapst et Hamet ont d'abord remplacé le chauffage à feu nu par le chauffage à la vapeur. A cet effet, la chaudière en fonte contenant le soufre est entourée d'une double enveloppe dans laquelle est introduite de la vapeur à 3 ou 4 atmosphères, suivant la nature des pièces à vulcaniser, ce qui correspond à une température variant de 135 à 145°. A l'extérieur, un revêtement isolant, formé d'un mélange de silicate de potasse, de craie et d'amiante, diminue dans de notables proportions la perte de chaleur. La vulcanisation est complète en un temps qui ne dépasse pas une heure et demie.

Grâce à cette modification, on peut maintenir une température très régulière pendant un temps déterminé, ce qui est de la plus grande importance pour une bonne vulcanisation du caoutchouc; en effet, la température ou la durée du chauffage sont-elles trop faibles, le caoutchouc, imparfaitement vulcanisé, conserve en partie les propriétés du caoutchouc naturel, et il faut le soumettre à un nouveau chauffage difficile à mener à bien; sont-elles, au contraire, trop fortes, le caoutchouc trop vulcanisé se rapproche du caoutchouc durci et est à peu près inutilisable.

Un autre avantage est la suppression de tout danger d'incendie, car on n'a plus à craindre l'inflammation des vapeurs de soufre, principalement pendant la nuit, tout en conservant l'avantage de ne pas laisser le soufre se solidifier grâce à la circulation bien calculée d'une faible quantité de vapeur dans la double enveloppe.

Enfin, les chaudières ne se brûlent plus aux points où s'accumulent les crasses provenant de l'attaque des moules.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Néanmoins, quelque bien conduite que soit l'opération, on ne peut éviter complètement un certain dégagement d'acide sulfureux et de vapeur de soufre. MM. Bapst et Hamet ont alors surmonté les bains de soufre de couvercles munis de contrepoids, qu'une disposition ingénieuse permet de soulever sans arrêter le tirage d'un tuyau de départ. Au début d'une opération, les moules, placés dans un panier métallique, sont plongés rapidement dans le bain, le couvercle est rabattu et tout dégagement doit se faire par la cheminée. Enfin, en vue d'éviter que la vapeur de soufre n'incommode le voisinage, on a déposé, avant l'orifice de sortie de la cheminée, une chambre dans laquelle sont tendues des toiles disposées en chicane. Cette disposition n'est pas superflue, car elle permet de récupérer annuellement une quantité importante de fleur de soufre.

Lorsque l'on juge la vulcanisation terminée, le couvercle est relevé et le panier métallique, contenant les moules, est plongé dans un bac alimenté d'eau froide, d'une manière continue et par la partie inférieure; dans ces conditions, le refroidissement est très rapide, sans dégagement de produits incommodants.

Une des dix chaudières que renferme l'atelier, sert exclusivement à la production de feuille anglaise par trempage à la main; comme l'ouvrier doit avoir constamment le libre accès du bain de soufre, le couvercle, maintenu à la hauteur voulue, a reçu une forme de hotte qui capte suffisamment la vapeur de soufre ou les gaz.

Enfin, MM. Bapst et Hamet, confiants dans la bonne marche de leurs appareils, ont pratiqué, à la base de chaque tuyau de départ, de petites ouvertures qui ont pour objet de faire un appel de l'air de l'atelier, afin d'en assurer la ventilation. Nous devons reconnaître que cette disposition, qui serait sans doute très efficace dans le cas où le tirage serait activé par un éjecteur, ne nous a pas semblé donner un résultat bien net, d'autant plus que les ouvertures s'obstruent, au moins partiellement, par suite de la condensation de la fleur de soufre contre la paroi intérieure.

En résumé, MM. Bapst et Hamet ont apporté une amélioration très importante, grâce à cette substitution du chauffage à la vapeur au chauffage à feu nu. Une telle substitution semble toute naturelle, et cependant, à notre connaissance, elle n'avait pas encore été faite d'une manière pratique et suivie; le principal obstacle, particulièrement pour les petites fabriques, semble avoir été la nécessité de produire, pendant toute la nuit, la vapeur destinée à maintenir le soufre à l'état liquide.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

En dehors des conditions de travail bien déterminées, produisant une

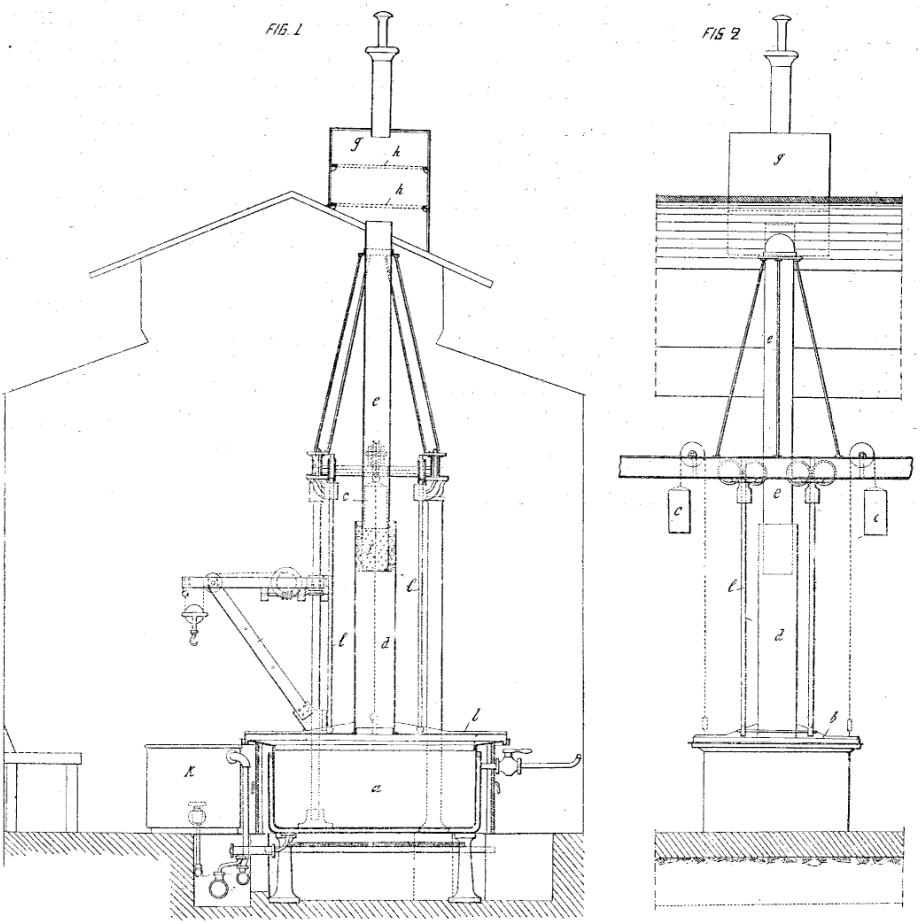


Fig. 1 et 2. — Appareils de vulcanisation *Bapst et Hamet*.

L'appareil se compose, en principe, d'une cuve *a* à double fond, chauffée à la vapeur et d'une capacité calculée de telle sorte que le soufre soit toujours liquide, quel que soit le poids des moules de fonte que l'on y plonge pour vulcaniser. Cette cuve *a* est fermée par un couvercle *b* équilibré par des contrepoids *c*, pouvant se manœuvrer avec la plus grande mobilité. Les cuves à soufre *a*, en quantités variables, ne restent découvertes que le temps strictement nécessaire pour enfourner et défourner les moules contenant les pièces à vulcaniser. Les couvercles *b* convenablement guidés par des tiges *l* portent chacun une cheminée d'appel *d* pour condenser les vapeurs de soufre pendant la vulcanisation. Lorsque le couvercle *b* est fermé, la cheminée *d* découvre un tube *e* lanterné de trous *f* à sa partie inférieure par lesquels sont aspirées les vapeurs de soufre se trouvant à la partie supérieure de l'atelier, pour être condensées dans une chambre à poussière *g* où le soufre est arrêté par des toiles *h* tendues à l'intérieur. Une grue *i* sert à la manœuvre des moules et une cuve à eau *k* est disposée à proximité de chaque cuve à soufre. Par ce qui précède, on comprend que la circulation de vapeur s'effectuant entre les parois du double fond de la cuve à soufre, tout danger d'incendie est écarté et toute émanation de vapeur de soufre à l'intérieur du bâtiment se trouve évitée par la fermeture hermétique du couvercle de la cuve, qui se trouve en communication par la cheminée d'appel avec l'atmosphère extérieure.

vulcanisation régulière, l'emploi de la vapeur réalise, paraît-il, une économie de 50 à 60 p. 100 due principalement à la durée plus longue des chaudières.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

De plus, il a l'avantage de supprimer le danger d'incendie, tout en rendant le travail plus facile pour les ouvriers, et l'atelier moins incommode pour le voisinage. La régularité du chauffage produit, en effet, une diminution notable de la quantité des produits dégagés, acide sulfureux ou vapeur de soufre ; dans ces conditions, les appareils de condensation assez compliqués, qui ont été quelquefois appliqués avec succès dans des ateliers similaires, peuvent être remplacés par la disposition plus économique indiquée précédemment; celle-ci, du reste, pourrait facilement être rendue plus efficace dans le cas où le besoin s'en ferait sentir.

En présence des résultats obtenus tant au point de vue de la fabrication qu'à celui de l'amélioration des conditions du travail, le Comité des Arts chimiques vous propose de remercier MM. Bapst et Hamet d'avoir soumis à l'examen de la Société d'Encouragement les modifications qu'ils ont apportées à la vulcanisation au soufre, et vous demande d'ordonner l'insertion du présent rapport au *Bulletin*.

Signé : A. Livache, *rapporteur.*

Lu et approuvé en séance, le 9 décembre 1898.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS CHIMIQUES

Sur les résinates et oléates métalliques employés comme siccatifs (*Revue des travaux les plus récents*), par **M. Ach. Livache**, *membre du Conseil.*

On trouve dans le commerce de nombreux siccatifs destinés à activer la siccativité de l'huile de lin. Ceux de ces siccatifs qui donnent les résultats les plus remarquables, et qui doivent tout spécialement attirer l'attention des industriels, sont les résinates et oléates métalliques, et, en particulier, les résinates de plomb et de manganèse. Dans les trois dernières années, MM. Amsel, Bottler Lippert, Weger, etc. en ont fait une étude approfondie, et nous nous proposons, dans cette note, de donner un résumé de leurs travaux.

Jusqu'ici, on préparait des *siccatifs concentrés*, constitués par le produit obtenu en chauffant à 250-260° C, jusqu'à consistance d'emplâtre, de l'huile de lin avec une quantité de litharge, de minium, d'acétate de manganèse, de borate de manganèse, etc., supérieure à 10 p. 100 et pouvant atteindre jusqu'à 70 p. 100 du poids de l'huile. Ajoutés ensuite à l'huile de lin, ils activaient notablement sa siccativité.

Comme la composition de ces siccatifs était mal définie et très variable, on les a traités par l'essence de térébenthine, de manière à séparer par la filtration tout ce qui était insoluble, et à n'ajouter à l'huile de lin qu'un produit liquide qui n'en troublait pas la limpidité; on préparait ainsi des *siccatifs liquides*, de composition encore mal définie.

C'est seulement dans ces dernières années qu'on a substitué à ces produits complexes des résinates et quelquefois aussi des oléates métalliques, de composition beaucoup mieux définie, et dont l'emploi industriel a donné des résultats de première importance.

Préparation des résinates métalliques

Les résinates métalliques sont préparés généralement au moyen de colophane, mais quelquefois aussi au moyen des copals blanc et rouge d'Angola ou du copal jaune de Benguela.

La résine, colophane ou copal, est traitée, après avoir été finement pulvérisée, par une solution alcaline (carbonate de soude ou potasse caustique); les résinates métalliques sont ensuite précipités au moyen de dissolutions d'acétate de plomb, de sulfate de manganèse ou de sulfate de zinc ; les précipités, très soi-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

gneusement lavés, sont séchés entre 30 et 40°, et à cette température, ils retiennent 6 p. 100 d'eau environ, mais si la dessiccation a une durée insuffisante, ils contiennent quelquefois 20 à 30 p. 100 d'eau.

Lorsqu'on prépare le résinate de manganèse, on doit éviter autant que possible de l'exposer trop longtemps à l'air, car il s'oxyde rapidement et sa couleur passe du blanc jaunâtre au brun foncé.

Quelquefois on se contente de fondre la résine avec les oxydes de plomb ou de manganèse, dans des conditions appropriées, mais ce mode de préparation donne des produits inférieurs à ceux obtenus par saponification et précipitation; cependant on a l'avantage d'avoir un produit ne renfermant pas d'eau.

La colophane, qui est employée plus généralement que les copals, convient d'autant mieux qu'elle est plus translucide, ce qui s'obtient en la maintenant en fusion jusqu'à ce que, suivant Wiener, l'acide abiétique cristallisé, contenu dans la résine, se soit transformé en son anhydride amorphe.

M. H. Amsel a donné les principaux indices de plusieurs sortes de colophane (*Zeitsch. für angew. Chemie*, 1896, p. 429, et *Moniteur Quesneville*, 1897, p. 290).

		Indice d'acide.	Indice de saponification.	Indice d'éther.
D'après Amsel.	Colophane jaune vieille	167	175	8
	— — fraîche	162	169	7
	— blanche	172	179	7
D'après Schmid et Erben	Colophane	146,5	168,2	21,7
D'après R. Williams.	Colophane raffinée	179,2	187,4	8,2
	— —	177,8	195,7	18,1
	— ordinaire	169,4	176,4	7,0
	— —	166,6	190	23,4

COMPOSITION DES RÉSINATES DE PLOMB ET DE MANGANÈSE

Suivant Maly (*Liebigs Annal.*, t. 129, p. 121), la colophane contient 80 p. 100 d'acide abiétique et 20 p. 100 d'acide sylvique.

Lorsqu'on prépare les résinates de plomb ou de manganèse, on obtient les abiétates et les sylvates correspondants, ayant pour formules :

Abiétate de plomb	$PbC^{44}H^{62}O^{5}$
Abiétate de manganèse	$MnC^{44}H^{62}O^{5}$
Sylvate de plomb	$PbC^{40}H^{58}O^{4}$
Sylvate de manganèse	$MnC^{40}H^{58}O^{4}$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Résinate de plomb. — Il est facile, d'après les données précédentes, de déterminer sa composition.

En effet :

80 parties d'anhydride abiétique forment 106,8 parties d'abiétate de plomb.

Et

20 parties d'acide sylvique forment. . . . 31,7 parties de sylvate de plomb.

Il en résulte que la colophane fournira un mélange de :

77,1 p. 100 d'abiétate de plomb.
22,9 p. 100 de sylvate de plomb.

Ce qui donne pour la composition centésimale du résinate de plomb :

Pb = 24,96 p. 100 C = 59,99 H = 7,1 O = 8,84

Résinate de manganèse. — On détermine de même sa composition :

80 parties d'anhydride abiétique forment 88,68 parties d'abiétate de manganèse.
20 parties d'acide sylvique forment. . . 21,75 parties de sylvate de manganèse.

La colophane fournit donc un mélange de :

80,3 p. 100 d'abiétate de manganèse.
19,7 p. 100 de sylvate de manganèse.

Ce qui donne pour la composition centésimale du résinate de manganèse :

Mn = 7,74 p. 100 C = 72,87 H = 8,60 O = 10,78

Ces deux résinates sont les plus fréquemment employés, mais nous devons encore signaler les résinates composés de manganèse et de plomb, et l'oléate et le linoléate de manganèse, qui ont été également l'objet de recherches intéressantes. Mais ces derniers sont très difficiles à sécher, retenant souvent de l'eau en gouttelettes isolées, ce qui leur enlève beaucoup de valeur au point de vue pratique.

ADDITION DES SICCATIFS SOLIDES, A BASE DE RÉSINATES MÉTALLIQUES, A L'HUILE DE LIN

Les siccatifs à base de résinates métalliques ont été étudiés très complètement par M. Max Bottler (*Dingler's polyt. Journal*, 1898, p. 70). La préparation consistait à ajouter, par petites quantités successives, une partie de résinate sec et pulvérisé à quatre parties d'huile de lin chauffée seulement à 150° C. On agite avec soin, et on maintient le mélange pendant quelque temps à cette température de 150°; on dilue ensuite avec de l'huile de lin, jusqu'à ce qu'on ait obtenu la teneur voulue en métal.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Quand on emploie des résinates à base de copal, il faut les pulvériser très finement et les ajouter à l'huile portée à une température plus élevée, variant de 165 à 180°, suivant le résinate; le mélange doit être également maintenu plus longtemps à cette température.

Les principaux résultats obtenus furent les suivants :

RÉSINATE MIS EN EXPÉRIENCE.	QUANTITÉ DE RÉSINATE ajoutée à l'huile de lin.	ASPECT de la DISSOLUTION.	DURÉE DE LA DESSICCATION A 18 — 20° C.		ASPECT DU PRODUIT SEC.
			SUR BOIS.	SUR VERRE.	
1° Résinate de manganèse (obtenu avec la colophane).	2 p. 100 à 150°	Limpide brun rouge clair.	20 heures.	24 heures.	Enduit brillant, transparent.
2° Résinate de plomb (de la colophane).	Id.	Limpide jaune brun clair.	24 —	30 —	Enduit brillant, transparent.
3° Résinate de zinc (de la colophane).	Id.	Jaune brun.	28 —	32 —	Couche brillante, transparente, faiblement colorée en jaune.
4° Résinate de manganèse (du copal blanc d'Angola).	2 p. 100 à 180° (Il reste un faible résidu).	Jaune, devient limpide par le repos.	18h (sec). 22h (dur).	» 24h (dur).	Couche transparente et bien adhérente.
5° Résinate de plomb (du copal blanc d'Angola).	2 p. 100 à 165°	Jaune, devient limpide par le repos.	Un peu plus longue que le n° 4.		Surface plus brillante que le n° 4.
6° Résinate de manganèse (du copal jaune de Benguela).	2 p. 100 à 180°	Jaune clair, très limpide après 2 jours de repos.	. » »	22h (sec). 30h (bien dur).	Pellicule brillante, transparente et adhérente.
7° Résinate de plomb (du copal jaune de Benguela).	2 p. 100 à 180° (Très léger résidu.)	Jaune foncé, très limpide après 2 jours de repos.	Exige pour sécher 3 heures de plus que le n° 6.		Comme le n° 6, mais plus de brillant.
8° Résinate de plomb (du copal rouge d'Angola).	2 p. 100 à 165° (La dissolution exige des traitements répétés.)	Jaune, convenablement limpide après 2 jours de repos.	16h (sec). 22h (dur).	» 24h (dur).	Très belle surface, brillante et bien adhérente.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Il y a lieu de faire remarquer que certains résinates se dissolvent mieux dans l'huile de lin quand ils sont préparés depuis un certain temps; c'est le cas, en particulier, pour le résinate de plomb obtenu avec le copal blanc d'Angola.

Dans toutes les expériences, on a employé de l'huile de lin pressée à chaud, qui, étendue sur du bois, était sèche après soixante-douze heures; en prenant de l'huile de lin pressée à froid, on a constaté que les dissolutions obtenues étaient plus claires, mais le produit sec ne présentait pas de différence sensible, au point de vue du brillant, de l'adhérence et de la siccativité.

Lorsqu'on emploie un mélange par parties égales d'huile de lin et d'huile d'œillette, la siccativité du produit est notablement inférieure à celle des préparations faites avec de l'huile de lin seule, cependant on a des pellicules plus claires et plus brillantes.

La siccativité des dissolutions est plus rapide lorsqu'elles ont été laissées un certain temps à la température ordinaire (un mois par exemple), que lorsqu'elles ont été préparées récemment.

Enfin, en abaissant la teneur en résinate de 2 p. 100 à 1,5 p. 100, M. Bottler a obtenu des résultats identiques.

PROPORTION DE SICCATIF A AJOUTER A L'HUILE DE LIN

Cette question de la teneur en siccatif a été étudiée par M. Weger. (*Zeits. für angew. Chemie*, 1897, p, 560). On croit ordinairement qu'il y a une limite bien définie à la proportion dans laquelle le plomb ou le manganèse peuvent être avantageusement introduits dans l'huile de lin ; au-dessus d'une certaine teneur, le pouvoir siccatif du vernis se trouverait diminué.

M. Weger n'a pas pu donner une preuve certaine de cette rétrogradation ; si, d'une part, la rapidité de l'absorption d'oxygène augmente à mesure que croît la quantité de manganèse ou de plomb dissoute, d'autre part, il a constaté que, dans la pratique, le maximum à introduire afin d'avoir de bons résultats est de 0,25 p. 100 de manganèse pour le résinate de manganèse, et de 0,5 p. 100 de plomb et 0,1 p. 100 de manganèse pour un résinate mixte de plomb et de manganèse.

Avec les linoléates, M. Weger a trouvé qu'il était certainement inutile d'ajouter plus de 0,2 p. 100 de manganèse, il pense même que 0,1 p. 100 serait préférable.

M. Weger avait même conseillé (*Zeits. für angew. Chemie*, 1898, p. 531-536) d'employer des doses beaucoup plus faibles.

Il est facile de dresser un tableau des quantités maxima et minima des divers siccatifs qu'on doit ajouter à l'huile pour avoir des teneurs déterminées en métal, car M. Weger a déterminé la teneur en métal des principaux siccatifs

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

M. Weger considère que l'indice de saponification, pour les espèces ordinaires de colophane, est d'environ 170 ; pour l'huile de lin, il est d'environ 190, et pour l'acide linoléique. c'est-à-dire pour le mélange des acides de l'huile de lin, il est d'environ 198. D'après ces nombres, 100 parties de résine se combineraient avec 8,3 ou 5,5 parties de manganèse, suivant qu'il s'agit d'un sel manganeux ou manganique, ou avec 31,4 parties de plomb, ce qui donne un pourcentage de 7,7, 5,3 et 24 p. 100.

Cependant, d'après le mode de préparation, les siccatifs commerciaux de bonne qualité peuvent contenir des sels de manganèse à différents états d'oxydation, ou des sels mixtes de manganèse et de plomb. D'après de nombreuses analyses effectuées sur ces produits, on peut admettre les chiffres suivants :

Le résinate de manganèse fondu contient rarement plus de 3,2 p. 100 de manganèse soluble, tandis que le résinate manganeux précipité en contient 6, ou, au maximum, 7 p. 100 ;

Le linoléate de manganèse fondu contient généralement 9 à 9,5 p. 100 de manganèse, et quelquefois 11 p. 100, probablement par suite d'une décomposition partielle ou de la formation d'un sel basique ; le linoléate de manganèse précipité n'est pas un article commercial ;

Les savons mixtes paraissent avoir leur maximum d'effet pour une proportion du plomb au manganèse de 5 à 1 ; les meilleurs échantillons montrent 8 à 9 p. 100 de plomb soluble, et 1,5 à 2 p. 100 de manganèse soluble.

Des chiffres qui précèdent, on peut dresser le tableau suivant :

Métal à introduire.	Quantité de métal nécessaire dans 100 parties d'huile. maximum.	minimum.	Quantité de sel correspondant à la quantité de métal à introduire dans 100 parties d'huile.	maximum	minimum.
Manganèse.	0,25	0,1 à 0,07	Résinate de manganèse précipité. . . .	4	1 à 1,5
			Résinate de manganèse fondu.	8	2 à 3
Manganèse et Plomb.	0,5	0,16	Résinate mixte de plomb et manganèse.	5	2 à 3
	0,1	0,04			
Manganèse..	0,25	0,09	Linoléate de manganèse.	2,5	1

Quand la rapidité de la dessiccation n'est pas la principale considération, on doit prendre, semble-t-il, les proportions minima de siccatif, car l'expérience montre que la résistance et la stabilité de la pellicule formée sont en raison inverse de la teneur en siccatif, l'huile de lin pure donnant, en somme, la pellicule la plus stable.

Une autre raison, qui doit être prise en considération est, d'après M. W. Lippert, que la présence d'un excès de siccatif produit le ramollissement ultérieur de la pellicule ; plus la dessiccation est rapide en présence d'un siccatif énergique, même dissous dans l'essence de térébenthine, plus on a de chances de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

voir se produire rapidement un ramollissement, une sorte de liquéfaction. Ce phénomène serait dû, d'après Mulder, au fait qu'il se forme un linoléate dont l'oxydation produit la formation d'un sel dur et cassant constitué par un acide qui, à l'état libre, est visqueux. On peut concevoir que si la teneur en siccatif est exagérée, il se forme une quantité importante de linoléate, et qu'une exposition prolongée à l'air peut amener sa décomposition partielle et la mise en liberté de cet acide visqueux qui entraîne le ramollissement de la pellicule.

Enfin, M. Weger a également fait des essais pour savoir s'il y a une différence, dans la pratique, entre l'action des résinates et celle des linoléates pour une même teneur de plomb ou de manganèse. Parmi les résultats obtenus, il en est quelques-uns qui semblent être légèrement en faveur des linoléates, mais il n'y a cependant rien de bien probant.

D'autres expériences montrent qu'il est sans importance, au point de vue de la siccativité, de dissoudre le siccatif dans l'huile de lin à la température ordinaire ou en chauffant le mélange à des températures comprises entre 150° et 260°; on a donc avantage à faire la dissolution en évitant de colorer l'huile.

INFLUENCE DE L'ADDITION DU RÉSINATE DE MANGANÈSE SUR LA RAPIDITÉ D'ABSORPTION DE L'OXYGÈNE

La transformation de l'huile de lin en pellicule sèche étant due à une absorption d'oxygène, et cette absorption étant activée par l'addition des résinates métalliques, M. W. Lippert a étudié à ce point de vue spécial l'influence du résinate de manganèse préparé au moyen de la colophane. (*Zeitsc. für angew. Chemie,* 1898, p. 431.)

Le résinate de manganèse fut préparé au laboratoire en précipitant une solution faiblement alcaline par l'acétate de manganèse; le précipité fut dissous dans l'éther, et en fut séparé par distillation; afin d'éliminer toute trace d'éther, on est obligé de chauffer plusieurs heures à 100°, ce qui cause une certaine oxydation du résinate. On obtient ainsi un produit jaune, friable, d'apparence résineuse, et contenant environ 4 p. 100 de manganèse.

Des essais furent également faits avec un échantillon *commercial,* garanti *pur,* de résinate de manganèse précipité. Ce produit fut dissous dans l'éther, précipité par l'alcool, lavé plusieurs fois à l'alcool, et séché dans le vide; on obtient ainsi une poudre de couleur chocolat, contenant 8,5 p. 100 de manganèse.

Les deux échantillons servirent à préparer des huiles manganésées à différentes teneurs, en chauffant le résinate et l'huile de lin à 150° pendant un quart d'heure. On obtint des dissolutions très limpides, sans dépôt, après un repos prolongé, et d'autant plus colorées que la teneur en résinate était plus forte; cependant, avec le résinate commercial, on ne put avoir des dissolutions com-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

plètes dès qu'on atteignait 10 p. 100, même en chauffant à 200°. Dans ces conditions, la couleur du liquide devenait plus foncée, et il se formait une substance floconneuse qui adhérait aux parois de la capsule, tandis que la capacité absorbante pour l'oxygène restait la même.

Les résultats furent les suivants :

	Teneur en métal p. 100.	Absorption d'oxygène p. 100. Après 12 h.	Après 36 h.	Après 40 h.	Après 55 h.
Échantillon préparé au laboratoire.. .	0,02	2,10	15,97	»	17,00
	0,06	4,89	15,48	15,69	»
	0,15	6,60	15,45	»	»
	0,20	6,46	14,02	»	»
		Après 6 h.	Après 21 h.	Après 42 h.	
Échantillon commercial.	0,007	0,76	5,51	16,16	
	0,04	5,59	11,83	»	

De ces expériences, il résulte que la vitesse d'oxydation au début est d'autant plus rapide que la proportion de résinate de manganèse est plus forte, mais aussi que la quantité totale d'oxygène absorbé est d'autant plus forte que la proportion de résinate est plus faible. Pratiquement, la teneur de 0,15 p. 100 de manganèse semble donner les meilleurs résultats.

M. Lippert a comparé ces résultats avec ceux que donne une huile de lin lithargirée à la manière ordinaire ; l'huile était préparée en chauffant des quantités variables de litharge à une température de 220-230°, et on observait l'oxydation à l'air :

Teneur en oxyde de plomb p. 100.	Absorption d'oxygène p. 100. Après 23 h.	Après 39 h.
0,34	8,5	11,1
1,10	13,5	13,9
2,50	12,7	»
6,80	12,3	»

Tous ces échantillons étaient également durs au toucher quand ils avaient atteint leur poids maximum, mais cependant, après quatre semaines, ils commençaient à se ramollir, particulièrement quand la teneur en siccatif s'élevait. Des additions de litharge supérieures à 2,5 p. 100 n'eurent pas d'influence sensible sur le pouvoir absorbant qui était plus faible qu'avec le résinate de manganèse.

SICCATIFS LIQUIDES

Les siccatifs à base de manganèse ou de plomb obtenus soit avec la colophane, soit avec les acides linoléique, oléique, stéarique, ont le grand avantage d'être parfaitement solubles dans l'huile de lin ou l'essence de térébenthine,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

et cela à une température comparativement bien inférieure à celle exigée par les siccatifs ordinairement employés, tels que la litharge, le minium, les oxydes et le borate de manganèse. Pour cette raison, quand ils sont dissous dans l'essence de térébenthine, ils présentent le grand avantage de pouvoir être ajoutés à froid ou à une température peu élevée à l'huile de lin; il en résulte que le produit obtenu est plus clair, ce qui permet d'obtenir des produits supérieurs dans la préparation des couleurs et des vernis gras.

La préparation de ces siccatifs liquides se fait en dissolvant plus particulièrement soit le résinate ou le linoléate de manganèse fondus, soit le linoléate mixte de plomb et de manganèse dans l'essence de térébenthine, dans la proportion de 1 à 2 parties, ou de 2 à 3 parties. (Weger, *Zeitsc. für angew. Chemie*, 1897.)

M. Amsel a étudié ces siccatifs liquides (*Zeits. für angew. Chemie*, 1897, p. 303-344, et *Moniteur Quesneville*, 1896, p, 673). Il les préparait en chauffant au bain-marie, pendant plusieurs heures, dans un ballon muni d'un réfrigérant ascendant, 2 parties de siccatif solide avec 3 parties d'essence de térébenthine. Après refroidissement, on décantait le liquide clair, qui constituait le siccatif liquide; ce siccatif liquide était donc une solution concentrée de résinates ou d'oléates métalliques dans l'essence de térébenthine.

M. Amsel a ainsi déterminé sur les siccatifs solides purs ou commerciaux la quantité d'essence de térébenthine nécessaire pour la préparation des siccatifs liquides; il donne, en outre, dans le tableau suivant, la quantite d'oxyde métallique contenue dans chaque siccatif liquide. On peut donc déduire facilement pour chaque échantillon la quantité de siccatif liquide à employer pour introduire dans l'huile de lin la quantité de métal nécessaire, destinée à activer la siccativité. Enfin, M. Amsel donne l'indice d'acide de la partie non volatile (acides gras ou résine),

Siccatif solide.	Essence de térébenthine. p. 100.	Oxydes métalliques. p. 100.	Indice d'acide de la portion non volatile.
1. Oléate de manganèse.	61,1	4	45
2. Extrait de manganèse.	59,6	3	86
3. Siccatif mangano-plombique. .	66,1	5,8	83
4. Siccatif manganique.	58	6,4	61
5. Oléate de manganèse.	65,3	2,9	27
6. Résinate de manganèse. . . .	70	3,5	53
7. Résinate de plomb.	65	7,6	26
8. Résinate de manganèse. . . .	60,2	4,4	100
9. Résinate de plomb.	71	5,6	93
10. Manganate d'acides gras. . . .	90	1,12	2
11. Siccatif pour vernis.	69	2,9	115
12. Extrait de manganèse.	59,7	3,02	50
13. Siccatif clair.	58,8	2 (dont 1,2 de chaux).	100

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ce tableau montre combien les siccatifs liquides peuvent donner de mécomptes, si l'industriel n'y dose pas la quantité de métal contenue, et s'il ne tient pas compte soit des excédents de résine qui peuvent y être contenus, soit des métaux étrangers, tels que la chaux, qui ne peuvent donner que de mauvais résultats.

M. Max Bottler (*Dinglers polytech. Journal*, 1898, p. 70) a étudié les produits obtenus avec les siccatifs liquides ajoutés directement à l'huile de lin à 90°.

RÉSINATES MIS EN EXPÉRIENCE.	ASPECT DE LA DISSOLUTION.		DURÉE DE LA DESSICCATION A 18 — 20°.		ASPECT DU PRODUIT SÉCHÉ.
	DANS L'ESSENCE de térébenthine.	APRÈS ADDITION d'huile à 90°.	SUR BOIS.	SUR VERRE.	
Résinate de manganèse (avec la colophane).	Dissolution incomplète, d'un brun clair.	Dissolution limpide, d'un jaune brun clair.	20 heures.	24 heures.	Couche brillante et transparente.
Résinate de plomb (avec la colophane).	Dissolution incomplète.	Dissolution limpide, d'un jaune clair.	20 —	24 —	Couche brillante et transparente.
Résinate de plomb (copal blanc d'Angola).	Dissolution incomplète.	Particulièrement limpide, de couleur jaune clair.	20 h (sec). 24 h (dur).	24 h (sec). 30 h (dur).	Belle surface d'un brillant particulier.
Résinate de manganèse (copal blanc d'Angola).	Dissolution incomplète, faiblement colorée en jaune brun.	Colorée en jaune, devient claire et limpide après 24 h.	Plus rapide de 2 h. que le précédent.		Belle surface d'un brillant particulier.
Résinate de plomb (copal jaune de Benguela).	Dissolution incomplète après traitements réitérés.	Limpide, jaune clair, après repos de 48 h.	Comme le résinate de plomb préparé avec le copal blanc d'Angola.		Pellicule brillante et adhérente.
Résinate de manganèse (copal jaune de Benguela).	Dissolution presque complète, d'un brun clair.	Limpide, d'un jaune brun, après repos de 48 heures.	Plus rapide de 2 h. que le précédent.		Belle surface brillante, pellicule bien adhérente.
Résinate de plomb (copal rouge d'Angola).	Dissolution partielle.	Jaune, limpide après repos de 48 heures.	Comme le résinate de plomb au copal blanc d'Angola.		Particulièrement brillant et adhérent.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Il préparait des dissolutions de résinates métalliques obtenus avec la colophane ou différents copals, dans l'essence de térébenthine rectifiée (densité = 0,86, point d'ébullition = 160°); il chauffait à 100° pour les résinates obtenus avec la colophane, et à 100°-120° pour les résinates obtenus avec les copals. La dissolution obtenue était ensuite ajoutée, dans la proportion de 15 à 20 p. 100, à de l'huile de lin ou d'œillette.

ESSAI DES SICCATIFS

Qu'il s'agisse de siccatifs solides ou liquides, il est de première importance, d'une part, de connaître leur composition exacte, et, d'autre part, de déterminer d'une façon précise la rapidité d'absorption d'oxygène, ainsi que la quantité d'oxygène absorbé par l'huile à laquelle on les ajoute.

Siccatifs solides.

Solubilité. — La première condition que doit remplir un siccatif solide est de se dissoudre dans l'huile de lin ; à cet effet, il doit contenir son métal chimiquement combiné avec l'acide organique, constituant, par conséquent, un savon et non pas un oxyde en suspension partielle.

M. Weger (*Zeits. für angew. Chemie*, 1896, p. 531-536) a montré que la solubilité des savons ainsi formés, dans l'éther ou le chloroforme, est égale à la solubilité dans l'huile de lin, de sorte que tout ce qui est insoluble dans l'un de ces deux solvants sera insoluble dans l'huile de lin chaude. Cette remarque est très importante au point de vue pratique.

Composition. — L'expérience montre que, seuls, les composés de plomb et de manganèse ont des propriétés siccatives réelles ; au contraire, les sels de zinc, de cuivre, de baryum, de calcium ou de fer n'ont aucune valeur pratique. Il y a donc lieu de déterminer avec soin les divers oxydes qui entrent dans un siccatif.

La présence d'huile non combinée est également préjudiciable, car plus grandes sont les proportions de plomb ou de manganèse à l'état de sel soluble, meilleur sera l'échantillon, puisqu'il sera possible d'en ajouter une moins grande quantité pour produire le même effet utile.

Enfin la présence d'une quantité trop élevée de résine non combinée donne des siccatifs de qualité très inférieure, communiquant souvent de la viscosité.

Analyse des siccatifs solides.

M. Amsel (*Zeits. für angew. Chemie* 1897, et *Moniteur scientifique*, 1897, p. 670) a donné une méthode d'analyse des siccatifs solides. A cet effet, il a

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

combiné les observations de M. Weger sur la solubilité des résinates dans le chloroforme, l'alcool, etc., en vue de se rendre compte de la quantité de métal qui n'est pas à l'état de combinaison soluble, et des observations, qui lui sont propres, permettant de reconnaître la présence d'huile non combinée ou de résine en excès.

L'analyse comprend les déterminations suivantes :

1° *Solubilité dans le chloroforme et l'alcool.* — La solubilité varie avec la quantité de dissolvant employé ; M. Amsel prend 1 à 2 grammes de substance et 20^{cc} de dissolvant par chaque gramme de substance.

2° *Matière minérale combinée et non combinée.* — On détermine d'abord la quantité totale de matière minérale, et ensuite la matière minérale dans la portion insoluble dans le chloroforme, ce qui permet de distinguer la matière minérale combinée de la matière minérale non combinée.

A cet effet, après incinération directe de la matière organique, qui ne donne pas de pertes, le plomb et le manganèse peuvent être dosés, le second étant dosé volumétriquement. S'il y a du calcium, on commence par séparer le plomb, puis on dose quantitativement le calcium et le manganèse à l'état de carbonates ; le manganèse étant dosé volumétriquement, on a le calcium par différence.

Le total du plomb et du manganèse ayant été trouvé, on détermine la partie insoluble après traitement par l'éther ou le chloroforme, et on y fait le dosage du plomb et du manganèse inactifs au point de vue de la siccativité. On peut avoir une vérification des chiffres trouvés en dosant le manganèse et le plomb actifs dans une partie de l'extrait.

Au lieu de l'incinération directe, on peut traiter une quantité déterminée du siccatif, ou du résidu après traitement par le dissolvant, par de l'acide azotique fumant et de l'acide sulfurique concentré qui détruisent la résine ; dans la liqueur acide, on dosera les métaux. Dans le cas du résinate de plomb, on pourra employer l'acide azotique fumant seul, et on dosera le plomb dissous par titrage avec le bichromate de potasse en liqueur acétique.

3° *Recherche de la résine libre.* — M. Weger propose de se servir des chiffres trouvés pour le plomb et le manganèse en vue d'en déduire directement la quantité de résinate, d'après la composition que nous avons donnée au début de cet article. Si, par exemple, on a affaire à un résinate mixte de plomb et de manganèse fondu, contenant 9,90 p. 100 de plomb actif et 1,43 p. 100 de manganèse actif, c'est-à-dire entrant en dissolution, on pourra dire, en l'absence d'autres métaux, que l'échantillon était composé de $9{,}9 \times \frac{100}{24} = 41$ p. 100 de résinate de plomb, et de $1{,}43 \times \frac{100}{5{,}3} = 27$ p. 100 de résinate de manganèse, ce

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

qui constitue 68 p. 100 de résinate actif ; il en résulte que la proportion de résine libre (colophane) peut s'élever à 30 ou 35 p. 100. On pourra avoir une vérification au moyen des indices de saponification et d'acide ; M. Amsel a, en effet, vérifié que l'indice d'acide, qui, pour l'huile de lin pure, est toujours au-dessous de 3, varie au contraire, pour la colophane, entre 162 et 172.

M. Amsel avait indiqué, pour déceler la présence de la résine dans les huiles siccatives, une réaction qu'il appelle *essai à l'eau* et qui consiste à diluer avec de l'eau la solution alcoolique du savon obtenu lors de la détermination de l'indice de saponification ; s'il y a des résinates ou des oléates, l'addition d'eau produit un trouble. Mais, d'après M. Lippert, il arrive fréquemment que les solutions aqueuses de savons d'huile de lin pure montrent une faible opalescence, et, au contraire, que des solutions contenant quelquefois un grand excès de résine restent claires pendant un temps très long ; en outre, certaines variétés de colophane, qui donnent des solutions troubles, perdent cette propriété après une fusion prolongée. Ultérieurement, M. Lippert a indiqué (*Zeits. für angew. Chemie*, 1897, p. 655) qu'il avait trouvé que la solution aqueuse d'un savon d'huile de lin est, et restera absolument claire, même en présence d'une large proportion de plomb (5 à 6 p. 100), que le plomb ait été ajouté à l'état d'oxyde ou de résinate, mais que le manganèse, sous l'une ou l'autre forme et en très faible quantité (à partir de 0,5 p. 100), cause une opalescence nette, qui apparaît, sinon immédiatement, au moins après quelques minutes de repos et dont l'intensité est proportionnelle à la quantité de manganèse primitivement introduite. Ce trouble est dû à la précipitation de l'hydrate de manganèse, et il ne se produit pas, dans le cas du plomb, simplement parce que l'hydrate de plomb est soluble dans l'excès d'alcali caustique qui est toujours présent après la saponification.

En somme, l'*essai à l'eau* n'est pas probant pour déceler la résine, et M. Lippert a trouvé que de l'huile de lin additionnée de 2,5 p. 100 de siccatif et 50 p. 100 de résine pouvait donner un essai à l'eau clair.

4° *Indice d'acide.* — La détermination de l'indice d'acide est faite en liqueur alcoolique ou chloroformique, mais, dans ce dernier cas, les chiffres obtenus sont trop faibles.

La détermination de l'indice d'acide peut être importante pour savoir si on est en présence *d'un oléate ou d'un résinate ;* en effet, tandis que les siccatifs à base de résinates métalliques donnent des indices d'acide élevés, et exigent, pour 2 grammes de substance, plusieurs centimètres cubes de potasse caustique demi-normale jusqu'à coloration rouge persistante de la phénolphtaléine, les siccatifs à base d'oléates donnent aussitôt une coloration rouge qui ne disparaît qu'au bout d'un certain temps. Cette différence tient à ce que la potasse ne décompose que lentement l'oléate de manganèse ou de plomb, tandis que, dans les résí-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

nates, les oxydes combinés à l'acide abiétique sont instantanément mis en liberté.

Un autre caractère distinctif des résinates et des oléates métalliques est le suivant : traités par un acide étendu (de l'acide sulfurique modérément étendu pour les siccatifs au manganèse, ou de l'acide chlorhydrique pour les siccatifs au plomb), on constate que les résinates restent durs, tandis que les oléates sont visqueux et huileux.

Dans le cas où l'on se trouve en présence d'un mélange de résinate et d'oléate métallique, on le décompose par un acide, et on dissout, dans 25 à 30 centimètres cubes d'alcool absolu, 2 à 3 grammes du mélange des acides de la résine et des acides gras ; la solution placée dans un petit ballon est traitée par du gaz chlorhydrique sec, de manière à transformer les acides gras en éthers éthyliques, tandis que les acides de la résine restent inaltérés. Lorsque les éthers éthyliques se sont séparés, ce qui exige environ trois quarts d'heure, on abandonne le ballon au repos pendant une demi-heure ; on sépare les éthers éthyliques et on ajoute à la partie restante 100 à 125 centimètres cubes d'éther de pétrole qui dissout les acides de la résine. Les liquides, contenant, d'une part les éthers éthyliques, et d'autre part les acides de la résine sont lavés à l'eau et agités avec $0^{gr},5$ d'alcali caustique dissous dans 5 centimètres cubes d'alcool et 50 centimètres cubes d'eau jusqu'à ce que la saponification soit complète ; après traitement par l'acide chlorhydrique, on recueille sur des filtres tarés, d'une part les acides gras, et d'autre part les acides de la résine.

5° *Indice de saponification.* — On le détermine directement, comme à l'ordinaire, ou sur la portion qui a servi à la détermination de l'indice d'acide.

6° *Dosage de l'humidité.* — Il faut chauffer avec précaution à 90°-95°, car, d'après M. Amsel, dans le cas des oléates, la déshydratation provoque une décomposition plus ou moins grande.

M. Weger estime que la détermination de l'humidité n'est utile que pour distinguer entre les résinates fondus ou précipités, ce qui ne peut pas toujours être fait avec certitude au moyen du microscope.

M. Amsel a appliqué la méthode d'analyse que nous venons d'exposer à onze échantillons de siccatifs, il a obtenu les résultats consignés dans le tableau de la page 1611.

Des chiffres de ce tableau, M. Amsel tire les conclusions suivantes :

Les échantillons 1, 6 et 7 sont les seuls qu'on puisse considérer comme purs, c'est-à-dire comme étant pratiquement exempts de résine non combinée ;

L'échantillon 10 montre que quelques composés métalliques de certains acides gras ne sont pas solubles dans le chloroforme, car la portion dissoute ne renfermait pas de matière minérale. Ce produit était probablement un stéaropalmitate de manganèse, mais il était insoluble dans le chloroforme, et par

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

	CHLOROFORME.	ALCOOL.	ACÉTONE	MATIÈRES MINÉRALES			INDICE D'ACIDE dans		INDICE de SAPONIFICATION.	EAU p. 100.
				MÉTAUX totaux.	INSOLUBLE dans le CHLOROFORME	MÉTAUX isolés.	ALCOOL	CHLOROFORME		
		p. 100	p. 100	p. 100	p. 100	p. 100				
1. Oléate de manganèse I. . .	Compl^{t} soluble.	40,8	»	7,6	0	Mn. . . 6,03 Ca. . . 1,6	40	131	175	6,7
2. Extraits de manganèse . . .	Pr. compl^{t} sol.	50	»	5,6	0	Mn. . . 3,9 Ca. . . 1,7	97	108	160	4,9
3. Siccatif mangano-plombique.	Id.	40,5	54	12,2	0	Pb. . . 10,2 Mn. . . 1,3 Ca. . . 0,9	65	97	147	6
4. Siccatif plombique	Id.	48,6	»	14,3	0	Pb. . . 12,8 Mn. . . 0,9 Ca. . . 0,5	65	97	146	»
5. Oléate de manganèse F. . .	Id.	35,4	34	5,4	0	Mg. . . traces Mn. . . 3,6 Ca. . . 1,8	16	80	168	3,7
6. Résinate de manganèse. . .	Compl^{t} soluble.	33	23	5,36	0	Mn. . . 5,36	68	101	121	33,3
7. Résinate de plomb.	Id.	36,5	28,6	18,6	0	Pb. . . 18,6	22	21	116	20,4
8. Résinate de manganèse. . .	Pr. compl^{t} sol.	»	»	5,8	0	Mn. . . 5,4 Ca. . . 0,4	106	119	140	1,4
9. Résinate de plomb	Compl^{t} soluble.	»	»	17,4	0	Pb. . . 17,6	74	94	139	2,3
10. Manganate d'acides gras . .	15 p. 100	»	11,15	7,35	7,3	Mn. . . 7,35	15	50	159	1,2
11. Siccatif pour vernis.	Compl^{t} soluble.	78,5	70,6	7,5	0	Pb. . . 5,6 Mn. . . 1,9 Ca. . . traces Mg . . .	132	197	147	0,2

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

suite, d'après les expériences de M. Weger, dans l'huile de lin ; ce produit n'aurait donc aucune valeur industrielle ;

Enfin l'échantillon 11 est composé pour la plus grande partie de résine non combinée ;

Les autres échantillons sont constitués par des résinates et des oléates métalliques à peu près purs, qui donneraient, dans la pratique, des résultats satisfaisants.

Siccatifs liquides.

L'essai d'un siccatif liquide comprend la détermination : 1° du dissolvant, 2° de la matière minérale, 3° de l'indice d'acide.

1° *Détermination du dissolvant.* — Ce dissolvant est généralement de l'*essence de térébenthine ;* on pèse une certaine quantité du siccatif et on le met à 150°-160° daus une petite capsule plate. La perte de poids représente la teneur en essence de térébenthine.

On peut également distiller 25 grammes du siccatif liquide, dans une fiole de 400 centimètres cubes, après addition de 100 centimètres cubes d'eau et de quelques grenailles d'étain destinées à empêcher les soubresauts. On recueille 90 à 95 centimètres cubes de liquide et on mesure l'essence de térébenthine qui se sépare du mélange.

Souvent on additionne les siccatifs liquides d'*huile minérale* ou d'*huile de résine*. M. Amsel avait proposé de reconnaître leur présence en faisant l'*essai à l'eau* qu'il avait déjà indiqué pour déceler la résine dans les siccatifs solides. M. Lippert a montré que ce procédé ne permet de mettre en évidence l'huile de résine avec certitude que quand elle dépasse 15 p. 100, et même, en présence de 20 p. 100 d'huile de résine blonde ou foncée, la solution aqueuse du savon, qui est d'abord laiteuse, devient claire après cinq minutes, pour se troubler ensuite de nouveau en quelques heures. L'huile minérale ne cause également un trouble bien net que lorsque sa proportion est d'environ 30 p. 100.

M. Amsel a indiqué aussi d'agiter l'échantillon du siccatif liquide avec de l'oxyde de zinc ; si la masse s'épaissit, en prenant une consistance caséeuse en 24 heures, c'est qu'il y a de l'huile de résine, tandis que l'huile minérale ne produit pas cet effet. La même méthode permet également de reconnaître la présence de 10 p. 100 d'huile de coton.

La meilleure marche à suivre est la suivante due à M. G. Halphen : La matière est complètement saponifiée, pour le cas où il y aurait de l'huile ou de la résine non combinée, et le savon est traité par l'acide sulfurique, afin de séparer les acides gras ou résiniques qui entraînent la partie insaponifiable. Ces acides gras ou résiniques sont traités par une solution alcoolique de soude, jus-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

qu'à ce que le papier de tournesol bleuisse, et ce traitement doit s'exécuter en agitant bien, de manière à faire un grumeau ; on sèche et on reprend le résidu par la benzine ou le sulfure de carbone, opération qui, dans ces conditions, s'effectue beaucoup mieux que sur la solution aqueuse de savon qui s'évapore mal. Après évaporation du solvant, on a la partie insaponifiable, comprenant l'huile minérale ou l'huile de résine.

Le liquide ainsi obtenu, après, s'il y a lieu, séparation de l'essence de térébenthine par distillation, est traité par l'acétone qui dissout l'huile de résine presque en toutes proportions, tandis que l'huile minérale y est complétement insoluble si elle est de provenance américaine, ou faiblement soluble si elle est de provenance russe.

M. Finkener a également proposé l'emploi d'un mélange de 10 volumes d'alcool d'une densité de 0,818 et de 1 volume de chloroforme ; à 23° C. 10 volumes de ce mélange dissolvent 1 volume d'huile de résine, tandis que l'huile minérale reste indissoute. On peut opérer à la température ordinaire, mais il faut alors employer 20 volumes du mélange au lieu de 10.

2° *Détermination de la matière minérale.* — On suit la marche indiquée pour l'essai des siccatifs solides.

3° *Indice d'acide.* — Il est déterminé par titrage du siccatif liquide additionné d'alcool avec de la potasse alcoolique. On fera, relativement à la présence des résinates ou des oléates, la même observation que celle indiquée en parlant des siccatifs solides.

L'analyse de 13 échantillons de siccatifs liquides a donné à M. Amsel les résultats suivants :

	Essence de térébenthine.	Oxydes métalliques.	Indice d'acide dans la portion non volatile.
1. Siccatif préparé avec l'oléate de manganèse.	61,1	4	45
2. Extraits de manganèse.	59,6	3	86
3. Siccatif mangano-plombique. .	66,1	5,8	83
4. Siccatif manganique.	58	6,4	61
5. Oléate de manganèse F. . . .	65,3	2,9	27
6. Résinate de manganèse. . . .	70	3,5	53
7. Résinate de plomb.	65	7,6	26
8. Résinate de manganèse. . . .	60,2	4,4	100
9. Résinate de plomb.	71	5,6	93
10. Manganate d'acides gras. . . .	90	1,12	2
11. Siccatif pour vernis.	69	2,9	115
12. Extraits de manganèse.	59,7	3,02	50
13. Siccatif clair.	58,8	2 (dont 1,2 de chaux).	100

On voit que les échantillons 6, 9, 10, 11 renferment de grandes quantités d'essence de térébenthine ; il a été impossible de préparer des solutions plus concentrées.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L'échantillon 10 est particulièrement peu soluble, et, bien que l'essence chaude s'empare d'environ 20 p. 100 de son poids du siccatif sec, une grande portion se dépose par refroidissement.

L'échantillon 13 contenait en majeure partie du résinate de chaux et très peu de résinate de plomb ; ce siccatif n'a presque aucune valeur. L'huile de lin, additionnée de ce siccatif, sèche assez rapidement mais reste visqueuse et n'est pas complètement dure même après trois jours.

DÉTERMINATION DE LA VALEUR SICCATIVE D'UN SICCATIF

La meilleure détermination de la valeur siccative consiste à ajouter une quantité déterminée d'un siccatif à de l'huile de lin, de manière à avoir des proportions connues de résinate ou d'oléate dans le produit, et à étendre le produit ainsi obtenu sur des plaques de bois ou de verre. On note le temps nécessaire pour qu'il se forme une pellicule, ainsi que celui nécessaire pour que cette pellicule, d'abord sèche, soit devenue bien dure. L'adhérence, la transparence et le brillant de la pellicule sont des éléments importants à noter.

On a proposé également de doser la quantité d'oxygène absorbée et la rapidité de cette absorption, en exposant à l'air une couche mince de liquide (huile et siccatif solide) disposée dans de petits plateaux de verre ; d'après M. Weger, les indications fournies seront d'autant meilleures que la couche exposée sera plus mince (environ $0^{gr},0012$ pour couvrir une surface d'un centimètre carré).

Mais une détermination exacte présente de très grandes difficultés. M. Weger a montré que deux observateurs travaillant sur un même échantillon, dans des conditions atmosphériques ou autres apparemment semblables, peuvent trouver des différences d'environ 25 p. 100 sur le temps nécessaire pour une oxydation déterminée. C'est qu'en effet la siccativité est affectée par des modifications dans la température, l'humidité, l'agitation de l'air et surtout par le degré de lumière auquel sont exposés les plateaux de verre portant les couches minces de liquide. Des variations d'une demi-heure à une heure peuvent souvent être constatées entre deux essais d'un même échantillon aux différents moments de la journée ; de même, l'absorption peut varier de 50 p. 100 pour des essais faits pendant le jour ou la nuit. Tandis qu'un échantillon séchait en 2 heures, s'il était exposé directement aux rayons du soleil, il exigeait 5 ou même 8 heures, s'il n'était placé qu'à la lumière diffuse.

Il y a, en outre, une cause d'erreur notable, lorsque l'on recherche en quel temps exact un échantillon atteint son poids maximum, puisque le gain initial en oxygène est toujours suivi d'une perte de poids.

Pour ces raisons, et d'autres de même ordre, M. Weger conclut qu'il est impossible d'exprimer d'une manière absolue la valeur d'un siccatif particulier

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ou la rapidité de dessiccation, et il est indispensable de n'étudier ces produits que simultanément et en juxtaposition absolue avec des échantillons de teneur et de valeur parfaitement connues. De plus, le mieux sera de mettre en train une expérience, le soir, quand l'action de la lumière est éliminée et de peser la pellicule formée le matin, de bonne heure ; on met alors en train une seconde expérience, le matin, ce qui permet de faire des pesées rapprochées et de saisir souvent le moment où l'échantillon a pris son maximum d'oxygène.

M. Lippert (*Zeits. für angew. Chemie*, 1898, p. 431) a recherché l'influence de la résine et de l'huile de résine sur cette absorption d'oxygène ; de nombreuses expériences lui ont montré que, dans tous les produits ayant une valeur industrielle, l'absorption varie surtout entre 12 et 16 p. 100, et que les produits donnant des absorptions plus faibles sont généralement falsifiés.

C'est ce que montre le tableau suivant :

Produits additionnés de :	Augmentation maximum du poids pour 3 séries d'essais dans des conditions d'expérience très différentes. I	II	III
5 p. 100 d'huile de résine. . . .	10,09 p. 100	11,14 p. 100	7,31 p. 100
15 — —	8,63 —	10,09 —	11,35 —
25 — —	7,46 —	10,13 —	11,23 —
5 p. 100 de colophane.	7,86 —	7,01 —	11,73 —
15 — —	7.08 —	7,20 —	10,21 —
25 — —	9,53 —	10,07 —	11,07 —

Lorsque l'échantillon contient de la colophane ordinaire, les pellicules essayées avec le doigt montrent une adhérence au doigt notable même pour de très faibles teneurs, mais si la colophane a été d'abord neutralisée avec de la chaux, il peut en entrer jusqu'à 5 p. 100 sans que l'adhérence soit sensible. Dans ce cas, le vernis doit être également examiné au point de vue de sa teneur en chaux.

En résumé, les falsifications seront indiquées par l'adhérence au doigt de la pellicule, la viscosité plus ou moins grande qu'elle pourra présenter et l'absorption trop faible d'oxygène ; le manque de siccatif sera indiqué par une diminution sensible de la rapidité de la dessiccation ; enfin, il sera bon de laisser les pellicules exposées à l'air pendant au moins un mois, afin de voir si elles tiennent bien ou, au contraire, si elles se ramollissent.

COMPARAISON DE LA SICCATIVITÉ DONNÉE SOIT PAR LES RÉSINATES ET OLÉATES MÉTALLIQUES, SOIT PAR LES SICCATIFS ORDINAIRES

M. Max Bottler (*Dingler's polytech. Journal*, 1898, p. 70) a comparé, au point de vue de la siccativité, de l'huile de lin traitée soit par les résinates et oléates métalliques, soit par les siccatifs ordinairement employés. A cet effet, il

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

étendait le liquide sur du bois ou sur du verre, et notait quand la pellicule était sèche, puis devenait dure.

Le tableau suivant donne les résultats obtenus :

	Sur bois		Sur verre	
Siccatif employé.	sec.	dur.	sec.	dur.
Borate de manganèse.	24 heures.	48 heures.	» heures.	» heures.
Oxyde de plomb.	36 —	72 —	» —	» —
Borate de manganèse (double cuisson). .	» —	» —	» —	30 —
Résinate de manganèse (de la colophane).	20 —	» —	» —	24 —
Résinate de plomb (de la colophane). . .	30 —	40 —	24 —	30 —

Il résulte, de ces chiffres et de ceux obtenus d'expériences semblables par M. Amsel sur des produits préparés par lui ou sur des produits commerciaux, que la siccativité donnée par les résinates et les oléates métalliques est un peu supérieure à celle obtenue par les procédés habituels. De plus, outre que la préparation est beaucoup plus simple et que les produits obtenus sont moins colorés, la pellicule qui en provient ne le cède en rien à celle obtenue avec les anciennes pratique au point de vue du brillant, de la transparence et de l'adhérence.

On s'explique ainsi l'extension que prend l'emploi de ces résinates et oléates métalliques pour la fabrication des vernis gras, de certaines peintures laquées ou vernissées, etc.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ÉLECTRICITÉ

NOTE SUR LE TRANSPORT ÉLECTRIQUE DE LA FORCE MOTRICE A DOMICILE DANS LA RÉGION DE SAINT-ÉTIENNE, PAR **M. Édouard Simon.**

Dans un important mémoire présenté à la « Société des ingénieurs civils de France » en octobre 1897, MM. G. Dumont et Baignères ont exposé les différents systèmes de transport de l'énergie par le courant électrique et montré la valeur relative de ces systèmes au point de vue des rendements ; après des renseignements inédits sur le développement des transports de force en Suisse et dans notre pays, les auteurs ont signalé les heureuses conséquences économiques et sociales des applications multiples de l'électricité aux travaux manufacturiers (1).

L'industrie rubanière doit particulièrement profiter de l'adoption des moteurs électriques. Sans revenir sur les données techniques fournies par le mémoire précité, il nous paraît opportun d'insister sur ce fait que dans la région de Saint-Étienne, contrairement au résultat presque toujours immédiat des grands progrès modernes, l'usage de l'électricité contribue au bien-être général sans provoquer même transitoirement, des souffrances individuelles, des crises locales, des déplacements collectifs.

La fabrique compte environ 30 000 métiers à tisser le ruban, dont 15 000 à Saint-Étienne et le reste dans un rayon de 40 kilomètres. Ces métiers sont exceptionnellement groupés dans de grandes usines; le plus souvent ils appartiennent à de petits patrons, à des chefs d'atelier dits *passementiers*, qui possèdent deux ou trois métiers et travaillent à façon pour le compte des fabricants. Ceux-ci fournissent les matières premières (soie et coton) c'est-à-dire le *chargement*, et paient le façonnier au mètre tissé.

Jusqu'aux dernières années, le métier à ruban était généralement mû à bras ; il était toujours actionné de la sorte dans les petits ateliers, le patron conduisant lui-même un de ses métiers, confiant les autres à des ouvriers de son choix, hommes ou femmes, suivant la charge. Cette organisation, comparable à celle des ateliers lyonnais de la Croix-Rousse, permettait au père de famille de conserver ses enfants près de lui, de développer en eux des qualités traditionnelles de goût et d'habileté. Toutefois, comme à Lyon, la production des articles de luxe, forcément limitée, pouvait seule, dans ces conditions, soutenir la concurrence étrangère; les articles courants étaient fabriqués plus économiquement par nos rivaux. Une évolution s'imposait donc et la disparition des petits ateliers semblait inévitable, lorsque l'électricité est venue fournir la meilleure solution.

(1) *Bulletin de la Société des Ingénieurs civils de France*, 1897, t. II, p. 434, 437, 535. Transport et distribution de l'énergie électrique par MM. G. Dumont et G. Baignères.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Depuis longtemps déjà cette question était à l'étude. Parmi les lauréats de la Société d'Encouragement, on doit citer MM. Chaize frères, de Saint-Étienne, qui, dès 1889, avaient exposé à Paris, dans la galerie des Machines, un ingénieux irégulateur de commande électrique pour métiers à tisser (1). Les mêmes nventeurs ont contribué à la vulgarisation du transport électrique de la force motrice, en installant au centre de Saint-Étienne, à côté du magasin de vente de leurs produits (accessoires pour tissage), une salle de démonstration où fonctionnaient des métiers mus électriquement. L'achat de fournitures était pour les ouvriers l'occasion de se familiariser avec cette installation et d'en apprécier l'opportunité.

C'est de 1891 que date la fondation de la Compagnie Électrique de la Loire, destinée principalement à transmettre la commande automatique aux métiers à ruban, qui sont disséminés, on l'a dit, tant aux environs que dans les faubourgs de Saint-Étienne. La carte ci-contre montre l'étendue du réseau actuel.

Une première usine fut installée à 15 kilomètres de Saint-Étienne, à Saint-Victor-sur-Loire, avec trois turbines de 300 chevaux et une réserve de deux machines à vapeur, également de 300 chevaux chacune, en cas d'insuffisance de force hydraulique. Quelques mois après, une petite société, fondée dans le même but à Pont-de-Lignon (Haute-Loire), à 40 kilomètres de Saint-Étienne, fusionna avec la Compagnie Électrique de la Loire. Le réseau suburbain devint alors à peu près ce qu'il est aujourd'hui : il dessert vingt-quatre communes; la ligne de transport d'énergie électrique présente un développement de 110 kilomètres et transmet des courants alternatifs triphasés à 5 200 volts. Les postes de transformateurs, au nombre de 30, ramènent la tension de transport à la tension de distribution, qui est de 190 volts pour la force motrice et 110 volts pour la lumière.

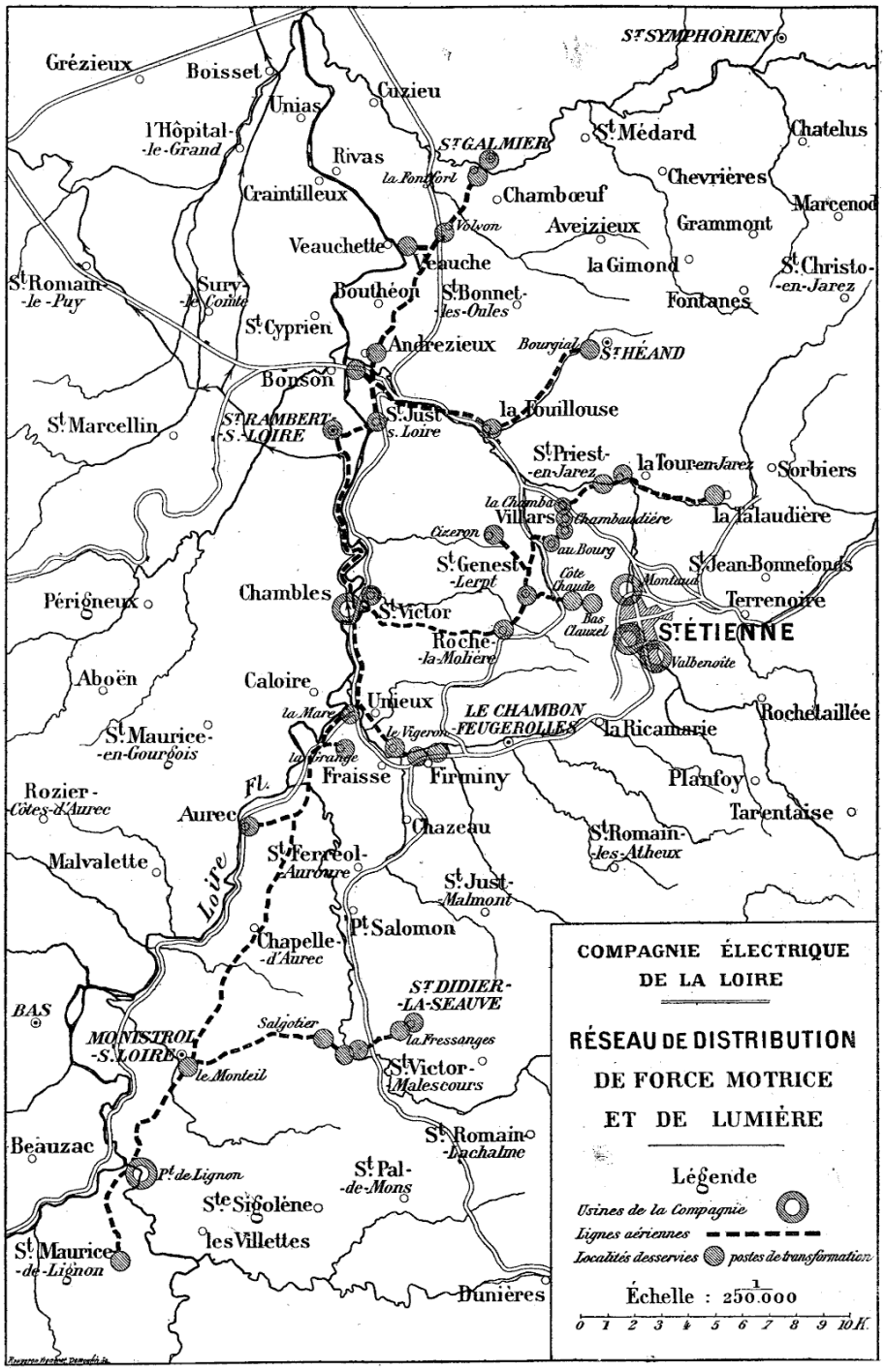
A Saint-Étienne, afin d'éviter les dangers des canalisations aériennes à tension élevée, trois usines à vapeur, créées dans trois quartiers différents, distribuent l'énergie électrique directement à 190 volts.

Les installations actuelles de la Compagnie Électrique de la Loire comprennent donc cinq usines génératrices :

Saint-Victor-sur-Loire. Usine hydraulique (Réserve à vapeur 600 chevaux).	900	chevaux.
Pont-de-Lignon, usine hydraulique.	400	—
Saint-Étienne. Quartier de Valbenoîte.	600	—
Saint-Étienne. — Tardy.	100	—
Saint-Étienne. Montaud.	200	—
ENSEMBLE.	2200	chevaux.

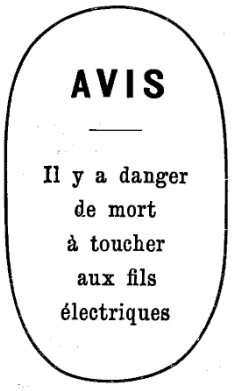
(1) *Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale*, 1890, janvier, p. 19. Rapport par M. Édouard Simon, sur un système *d'interrupteur automatique* appliqué aux *transmissions électro-motrices* par MM. Chaize frères.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ces usines actionnent environ 2 500 métiers à tisser le ruban et alimentent 8 000 lampes; de plus, 100 chevaux environ sont utilisés dans de petits ateliers d'armuriers, de mécaniciens, de menuisiers, etc.



Les chiffres ci-dessus, que nous devons à l'obligeance de l'un des ingénieurs attachés à la Compagnie de la Loire, M. Chorlier, suggèrent plusieurs questions et motivent quelques explications.

Tout d'abord comment sont mis en garde les habitants des localités traversées par des canalisations électriques à haut voltage contre le danger de prendre contact avec les fils conducteurs, soit que ces fils nus se trouvent accidentellement brisés, soit pour toute autre cause?

Un premier moyen préventif consiste dans la fixation sur chaque poteau-support d'une plaque métallique, dont le fac-similé ci-contre.

De nombreuses affiches répètent le même avis et rappellent que, dans chaque commune, un agent spécial est chargé de prendre les mesures nécessitées par toute avarie.

Un exemplaire de ces affiches est reproduit ci-après :

COMPAGNIE ELECTRIQUE DE LA LOIRE

AVIS URGENT

La Compagnie électrique de la Loire a l'honneur de prévenir les habitants de la commune qu'il y a **DANGER DE MORT** de toucher les fils de haute tension placés en dehors des bourgs, soit en plein champ, soit sur le bord des routes et chemins.

Tout habitant qui s'apercevrait de la rupture d'un fil est instamment prié d'en aviser aussitôt l'Agent local de la Compagnie, et devra se garder d'y toucher, sous peine des plus graves accidents.

Saint-Etienne — Imprimerie du *STEPHANOIS* rue Paris, 17

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Malgré ces recommandations, l'inexpérience a malheureusement occasionné quelques accidents de personnes au début des installations; aujourd'hui les populations, devenues prudentes, surveillent volontiers les canalisations établies à travers champs. S'il survient une rupture, les passants ne se bornent pas à aviser la Compagnie; l'un d'eux reste en permanence pour empêcher les personnes inexpérimentées, les enfants, d'approcher des fils brisés, jusqu'à ce que les agents de la Compagnie aient pu se rendre sur place.

Enfin de grandes affiches administratives, extraites de la circulaire de M. le Ministre des Travaux publics, en date du 19 août 1895, signées du maire et placardées dans chaque commune, indiquent les secours à donner aux *personnes foudroyées* par suite d'un contact accidentel avec des conducteurs électriques. Ce document est également reproduit plus bas :

ÉCLAIRAGE ET TRANSMISSION DE FORCE PAR L'ÉLECTRICITÉ

Extrait de la circulaire de M. le Ministre des Travaux publics, en date du 19 août 1895.

SECOURS A DONNER AUX PERSONNES FOUDROYÉES

PAR SUITE D'UN CONTACT ACCIDENTEL AVEC DES CONDUCTEURS ÉLECTRIQUES A COURANTS ALTERNATIFS OU REDRESSÉS.

ARTICLE PREMIER. — Toute personne foudroyée par suite d'un contact accidentel avec des conducteurs électriques devra toujours, *même dans le cas où elle présenterait les apparences de la mort*, recevoir avec la plus grande rapidité les soins indiqués ci-après :

PREMIER CAS. — *Tout contact a cessé entre le corps de la victime et les conducteurs électriques.*

ART. 2. — On appliquera immédiatement le traitement suivant :

Instruction sur les premiers soins à donner aux foudroyés, victimes des accidents électriques, rédigée par l'Académie de Médecine.

On transportera d'abord la victime dans un local aéré où on ne conservera qu'un petit nombre d'aides, trois ou quatre, toutes les autres personnes étant écartées. On desserrera les vêtements et on s'efforcera, *le plus rapidement possible*, de rétablir la respiration et la circulation. Pour rétablir la respiration, on peut avoir recours principalement aux deux moyens suivants : la traction rythmée de la langue et la respiration artificielle.

1° *Méthode de la traction rythmée de la langue.* — Ouvrir la bouche de la victime, et si les dents sont serrées, les écarter en forçant avec les doigts ou avec un corps résistant quelconque : morceau de bois, manche de couteau, dos de cuiller ou de fourchette, extrémité d'une canne, etc. Saisir solidement la partie antérieure de la langue entre le pouce et l'index de la main droite, nus ou revêtus d'un linge quelconque, d'un mouchoir de poche par exemple (pour empêcher le glissement), et exercer sur elle de fortes tractions répétées, successives, cadencées ou rythmées, suivies de relâchements, en imitant les mouvements rythmés de la respiration elle-même au nombre d'au moins vingt par minute. Les tractions linguales doivent être pratiquées sans retard et avec persistance durant une demi-heure, une heure et plus.

2° *Méthode de la respiration artificielle.* — Coucher la victime sur le dos, les épaules légèrement soulevées, la bouche ouverte, la langue bien dégagée. Saisir les bras à la hauteur des coudes, les appuyer assez fortement sur les parois de la poitrine, puis les écarter et les porter au-dessus de la tête, en décrivant un arc de cercle, les ramener ensuite à leur position primitive, en pressant sur les parois de la poitrine, Répéter ces mouvements environ vingt fois par minute, en continuant jusqu'au rétablissement de la respiration naturelle. Il conviendra de commencer toujours par la méthode de la traction de la langue, en appliquant en même temps, s'il est possible, la méthode de la respiration artificielle. D'autre part, il conviendra concurremment de chercher à ramener la circulation en frictionnant la surface du corps, en flagellant le tronc avec les mains ou avec des serviettes mouillées, en jetant de temps en temps de l'eau froide sur la figure, en faisant respirer de l'ammoniaque ou du vinaigre.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Mesures d'ordre technique.

DEUXIÈME CAS. — *La victime est encore en contact avec les conducteurs électriques.*

ART. 3. — Avant d'appliquer le traitement indiqué par l'Académie de Médecine, le sauveteur doit chercher à séparer le plus rapidement possible la victime des fils électriques, en évitant d'une manière absolue de toucher soit les fils soit la victime *avec les mains nues*. L'accident peut se produire avec l'une des circonstances suivante : A. *Un fil est tombé sur le sol et touche la victime;* B. *la victime est suspendue.* Selon l'une ou l'autre de ces circonstances, on opèrera comme il est dit ci-après :

A. — UN FIL EST TOMBÉ SUR LE SOL ET TOUCHE LA VICTIME

Ecartement des fils. — Si le sauveteur peut, sans avoir à toucher la victime, écarter le fil à l'aide d'un bâton, d'une canne ou d'un outil quelconque *muni d'un manche en bois* (note *a*), il le fera en ayant soin : 1° de ne toucher le fil qu'avec le bâton, la canne ou l'outil *muni d'un manche en bois* (a); 2° de faire en sorte que le fil, dans cette manœuvre, ne vienne pas toucher le visage ou d'autres parties nues du corps de la victime. Si le sauveteur ne dispose pas immédiatement d'un bâton, d'une canne ou d'un outil muni d'un manche en bois (*a*), il devra, avant tout, commencer par se recouvrir les deux mains (*b*), soit de gants épais (*c*), soit d'étoffes sèches (*d*) d'une épaisseur suffisante (*b-d*). Cela fait, il écartera le fil. Après avoir délivré la victime, on s'empressera de débarrasser des fils la voie publique, afin d éviter de nouveaux accidents.

Coupure du fil. — Si le sauveteur ne peut écarter le fil, il devra le couper à l'aide d'un outil tranchant à manche non *métallique*, comme une hache à manche de bois sec. Il fera successivement deux coupures en deux points situés de part et d'autre de la victime. Il n'est pas nécessaire de couper le fil près de la victime ; il est préférable de le couper près des poteaux de suspension, de façon que les parties restant adhérentes à ces poteaux ne touchent pas le sol ou ne le touchent que sur la plus petite longueur possible. Pendant que l'on coupe le fil, il faut veiller à ce qu'il ne rebondisse pas et n'aille toucher ni la victime ni le sauveteur. On pourra dans ce but maintenir le fil sous le pied par l'intermédiaire de matières isolantes, telles que bois sec, planches, fagots, bottes de paille, vêtements secs, cordes sèches, etc.

Dégagement de la victime. — Si on ne peut effectuer les coupures des fils électriques dans les conditions qui viennent d'être indiquées, si le sauveteur est obligé de toucher la victime et s'il y a crispation des membres de la victime, des doigts par exemple, l'opérateur, avant de rien faire, devra commencer par se recouvrir les deux mains soit de gants (note *c*), soit d'étoffes sèches d'une épaisseur suffisante (notes *b* et *d*). Puis il ouvrira de force la ou les mains de la victime, en écartant les doigts les uns après les autres. Pendant cette opération : 1° avoir soin que le fil ne revienne pas toucher le visage ou d'autres parties nues du corps de la victime ; 2° toucher autant que possible la victime par des parties qui ne soient pas en état de moiteur, telles que les aisselles, les pieds, etc.

B. — LA VICTIME EST SUSPENDUE

Prévoir sa chute et prendre à cet effet les précautions convenables.

A l'aide d'une échelle ou de tout autre moyen, on tâchera de s'élever jusqu'à la victime et de la délivrer en coupant le fil. Le seul instrument convenable dans ce cas pour couper le fil est une cisaille ; mais comme le manche est généralement métallique, il faudra, avant d'employer cet outil, ou bien se couvrir les mains, comme il est expliqué à l'article 3, ou bien entourer le manche de l'instrument d'une épaisseur suffisante d'étoffes sèches (note *d*). Quand on aura atteint la victime, on la suspendra par des cordes ou on l'accrochera par ses vêtements et on la descendra, en évitant qu'elle soit mise de nouveau en contact avec les fils. Si on ne dispose d'aucun moyen pour arriver à la victime, ou si, disposant d'une échelle, on ne possède pas un instrument convenable pour couper le fil et opérer comme il vient d'être expliqué, on devra *prévenir l'usine le plus vite possible.*

(Note *a*). — Le bois est conseillé parce qu'il est mauvais conducteur de l'électricité et intervient comme corps isolant. Il doit être bien sec et le bâton doit avoir une longueur de 1 mètre au moins. Si le manche en bois renferme une tige centrale métallique, il est nécessaire que cette tige soit complètement enveloppée de bois et *n'apparaisse sur aucun point.*

(*b*). — Il suffira souvent de retirer sa veste, son paletot, etc., et de les mettre sens devant derrière, les mains restant à l'intérieur des manches, qui devront être tamponnées pour former une forte épaisseur entre la peau et le contact à faire. Si on a une blouse, on se l'enroulera autour de la main droite et, autour de la main gauche, on enroulera un mouchoir, un gilet, etc.

(*c*). — Gants en laine compacte, de préférence genre moufle ; au besoin plusieurs paires de gants.

(*d*). — *Renseignements sur la valeur isolante des étoffes et des vêtements.* — *Etoffes.* Les étoffes à employer doivent être bien sèches ; les plus convenables sont celles en laine ; la flanelle et les couvertures en laine sont particulièrement convenables. Les étoffes en fil et en coton sont moins convenables, surtout en raison de leur faible épaisseur. avec une épaisseur minimum de 10 millimètres on a toute garantie,même avec les étoffes les moins convenables.— *Vêtements.* Par analogie avec ce qui vient d'être dit, il faut prendre les draps en laine compacte de préférence, et dans le cas d'emploi de blouses en coton ou en toile, s'arranger pour avoir largement l'épaisseur minimum indiquée.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

AVIS IMPORTANT

ART. 4. — Dans aucun cas, le sauveteur ne doit toucher un fil sans s'être recouvert les deux mains soit de gants épais (note *c*), soit d'étoffes sèches d'une épaisseur suffisante (notes *b* et *d*). Si des rails sont placés sur la voie publique, il doit éviter de les toucher même avec ses chaussures. Même les deux mains étant recouvertes conformément aux prescriptions, le sauveteur *ne doit, dans aucun cas, toucher simultanément deux fils différents* et *il doit s'abstenir de toute manœuvre qui mettrait la victime en contact avec deux fils différents*. Les personnes étrangères au service, à moins d'être très exercées au maniement des fils et appareils électriques et d'en connaître parfaitement toutes les causes de danger, ne doivent, en aucun cas, *chercher à établir un court-circuit*. Cette opération ne peut être faite utilement et sans danger que par des personnes compétentes. En se conformant exactement aux précautions indiquées ci-dessus, le sauveteur ne court aucun risque, quand bien même il ressentirait accidentellement quelques secousses.

Le Ministre des Travaux publics,
Signé : DUPUY-DUTEMPS.

POUR COPIE CONFORME,
Le Maire de

Bien que le nombre des lampes (8 000) soit relativement élevé, les passementiers de la campagne sont seuls autorisés à s'éclairer électriquement. Dans Saint-Étienne, la Compagnie du Gaz se retranche derrière les clauses de son contrat pour interdire à la Compagnie électrique de fournir l'éclairage aux métiers qu'elle actionne. L'anomalie est d'autant plus regrettable que le gaz ne peut être utilisé par les passementiers. Les produits de la combustion détermineraient, en effet, l'altération de certaines couleurs, et de tous les éclairages artificiels, la lumière électrique seule donne la possibilité de distinguer sûrement les nuances comme en plein jour.

Dans un autre ordre d'idées, il peut paraître surprenant que le nombre des métiers mus électriquement par la Compagnie de la Loire ne dépasse pas encore le chiffre de 2 500. On doit tenir compte des études, des tâtonnements des premières années, puis des hésitations résultant, chez les passementiers, de la crainte d'une instabilité de tarifs dans le prix de vente de la force motrice. Cette préoccupation, les inconvénients possibles d'une concession exclusive ont déterminé la municipalité stéphanoise à autoriser le concessionnaire des tramways électriques à adjoindre à son industrie, la vente du courant à domicile.

Les effets de cette mesure ne se sont point fait attendre : dès la fin du dernier été, 260 passementiers avaient souscrit à la nouvelle entreprise autant de polices représentant l'abonnement de 650 métiers environ et un total de 137 chevaux. On évalue à 1/4 de cheval la force moyenne absorbée par un métier à tisser le ruban, ainsi qu'il résulte des polices d'abonnement, dont les conditions générales sont les suivantes :

TRANSPORT DE FORCE MOTRICE, POLICE D'ABONNEMENT (MÉTIERS A RUBANS)

Conditions générales.

ARTICLE PREMIER. — Le présent contrat est subordonné de part et d'autre à l'obtention des autorisations administratives nécessaires.

ART. 2. — L'installation intérieure sera faite aux frais de l'abonné, mais sous le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

contrôle du Constructeur ou de la Compagnie, qui aura toujours la faculté de vérifier et de faire modifier toute installation qui lui paraîtrait défectueuse.

Dans le cas où le moteur serait fourni par l'abonné, le Constructeur ou la Compagnie pourra le refuser, s'il ne lui paraît pas remplir les conditions de marche et de rendement voulues.

Le transport et la mise en place des moteurs fournis par le Constructeur se feront sans frais pour l'abonné.

Il paiera seulement un droit de location de 1 franc par métier et par mois.

ART. 3. — Le tarif à forfait pour les métiers à rubans est fixé à 10 *francs par mois et par métier*, pour les fabriques de deux métiers au moins, à la condition que le moteur nécessaire à une fabrique de deux métiers ne soit pas d'une force supérieure à un 1/2 cheval, à 3/4 de cheval pour une fabrique de trois métiers, etc.

Toute augmentation de force nécessaire pour faire marcher les métiers donnera lieu à une augmentation de prix proportionnelle, par fraction indivisible de 1/4 de cheval.

Les prix ci-dessus ne pourront être augmentés, même au cas de renouvellement du présent contrat.

ART. 4. — Moyennant avis préalable donné la veille, avant midi, par l'abonné, et ensuite du passage d'un préposé spécial, il sera tenu compte de tout chômage forcé dépassant quarante-huit heures, par privation de chargement ou impossibilité matérielle et constatée de mise en œuvre.

Le jour étant considéré de vingt-quatre heures et le mois de trente jours, l'abonnement sera dégrevé proportionnellement du montant des journées entières chômées.

ART. 5. — La force sera mise à la disposition des abonnés, sans interruption, de **6 heures du matin à midi et de 1 h. 1/2 à 7 h. 1/2 du soir**, dimanches et fêtes légales exceptés.

ART. 6. — L'abonné pourra faire actionner, **sans surprime,** un rouet à canettes par fabrique, à la condition que ce rouet ne marchera jamais séparément du métier.

ART. 7. — Les abonnements seront payables mensuellement.

A défaut de paiement dans les cinq jours qui suivront la présentation de la quittance, ou en cas de fraude constatée, le Constructeur ou la Compagnie pourra arrêter la fourniture de la force motrice, sans préjudice des poursuites de droit.

ART. 8. — Tout arrêt accidentel, même d'une seule journée, provenant du fait de la Compagnie, fera l'objet d'une réduction proportionnelle sur le montant de l'abonnement.

ART. 9. — Aucune réclamation ne sera admise pour des faits qui n'auraient pas été signalés immédiatement à la Compagnie.

ART. 10. — **Il ne sera pas fait d'autres genres d'abonnements pour l'industrie du tissage.**

ART. 11. — La police sera résiliable en cas de décès de l'abonné.

Elle le sera également au cas de cessation de l'industrie, après avis préalable donné un mois d'avance.

Elle pourra être modifiée par avenant au cas de diminution ou augmentation du nombre des métiers.

ART. 12. — Les droits de timbre et d'enregistrement sont à la charge de l'abonné.

ART. 13. — Pour l'exécution des présentes, les parties contractantes font élection de domicile à Saint-Étienne.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les abonnements sont souscrits pour quatre ans, mais, conformément à l'article 11 des conditions générales, la police est résiliable en cas de décès ou de cessation d'industrie.

En vertu de l'article 2, l'abonné a le libre choix du moteur, pouvu que l'appareil remplisse « les conditions de marche et de rendement voulues ». Aussi trouve-t-on à Saint-Étienne de petits moteurs électriques d'Œrlikon, de Fives-Lille, de la Société Alsacienne, de Fabius Henrion, etc., indifféremment actionnés par les transporteurs d'énergie électrique.

Enfin le tarif très modéré de 10 francs par mois et par métier tient compte des chômages forcés dépassant quarante-huit heures (art. 4). Des fiches imprimées (dont modèle reproduit plus loin) sont mises à la disposition de l'abonné, pour qu'il informe l'entreprise toutes les fois qu'une impossibilité justifiée l'empêche d'utiliser la force à laquelle il a droit. L'agent du contrôle se rend chez l'abonné, *plombe* la courroie du métier arrêté et porte la date sur la fiche d'avis.

Une contre-fiche, également signée de l'abonné et du contrôleur, indique la date du jour où le métier est remis en marche.

MÉTIER N° .....

PLOMBÉ

le .....

L'Agent,

Transport de Force Motrice

M .....

Adresse : .....

informe que le ..... *métier* ..... *N°* .....

ser ..... *arrêté le* .....

SAINT-ÉTIENNE, le .....

Reçu par l'Agent de l'entreprise, le .....

REMIS EN MARCHE

le .....

L'Agent,

Transport de Force Motrice

M .....

Adresse : .....

informe que le ..... *métier* ..... *N°* .....

ser ..... *remis en marche le* .....

SAINT-ÉTIENNE, le .....

Reçu par l'Agent de l'entreprise, le .....

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Grâce à cette organisation minutieusement étudiée en vue des besoins et les habitudes de l'industrie locale, le double réseau à triples conducteurs s'étend et se ramifie sur tous les quartiers excentriques où habitent les passementiers. Dans certains endroits, les conducteurs métalliques supportés sur les deux côtés des rues et des chemins, accrochés aux multiples étages des maisons ouvrières, s'entre-croisent comme de gigantesques toiles d'araignée et donnent à l'ensemble un caractère inattendu, un aspect vraiment étrange, qui, évidemment incompatibles avec l'architecture régulière des rues centrales d'une grande ville, ne choquent pas le regard dans ces faubourgs un peu tristes, à constructions hautes et à façades nues.

D'autres centres de production, où la main-d'œuvre est également familiale, où de petits ateliers, disséminés dans la campagne, luttent péniblement aussi contre la concurrence étrangère, trouveraient, semble-t-il, à Saint-Étienne, des indications précieuses, des exemples à suivre. Tel est le motif qui nous a engagé à présenter, avec autant de détails, les particularités de l'industrie rubanière, à signaler les difficultés auxquelles se heurtait son morcellement, et à montrer comment l'électricité, avec sa souplesse merveilleuse, a résolu le problème sans apporter aucun trouble dans une des plus anciennes et des plus belles industries du pays.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ÉLECTRICITÉ

LA TÉLÉGRAPHIE HERTZIENNE SANS FIL, PAR **M. E. Ducretet** (1).

HISTORIQUE. — Les appareils que je vais décrire permettent de réaliser un phénomène qui paraîtrait bien mystérieux si l'explication n'en était donnée.

Un télégraphiste, installé à son manipulateur, envoie, par touches longues ou brèves, une dépêche qu'enregistre, sans l'aide d'aucun fil conducteur, *dit fil de ligne*, le poste récepteur placé à une certaine distance : plusieurs kilomètres ont été ainsi franchis.

Bien plus, la dépêche ainsi envoyée dans l'espace semble tomber du ciel, et elle est enregistrée sans la présence du télégraphiste. Seul, de lui-même, l'enregistreur fait dérouler son papier dès qu'une onde électrique arrive, et il s'arrête encore de lui-même dès que ces ondes cessent de se présenter.

Le récepteur enregistreur (fig. 1 et 10) que j'ai réalisé est *automatique*, et les émissions par longues et par brèves, qu'il enregistre, constituent les signaux du code Morse que nous connaissons tous. Plus loin, cet appareil sera plus longuement décrit.

Il me faut donner quelques explications sur ces *ondes électriques* qui, lancées d'un endroit, peuvent ainsi franchir l'espace et venir actionner un appareil disposé pour les recevoir et manifester leur présence.

On sait que les oscillations électriques rapides, découvertes et étudiées par *Henri Hertz*, en 1887, donnent lieu à des actions inductrices d'une intensité remarquable, dont la propagation peut être constatée à une certaine distance par l'étincelle obtenue dans un circuit conducteur discontinu. Les expériences de Hertz démontrent l'analogie qui existe entre les ondes électriques et les ondes lumineuses, confirmant ainsi la théorie exposée par *Maxwell* en 1865.

L'appareil de Hertz comprend, dans son ensemble : l'*oscillateur* et le *résonateur*. Un *inducteur* actionne l'oscillateur.

L'inducteur généralement employé est une puissante bobine d'induction, ou transformateur, produisant des décharges périodiques que l'on fait jaillir entre deux sphères métalliques mises en communication avec des surfaces conductrices formant *capacité électrique :* c'est l'*oscillateur de Hertz*. Les étincelles qui jaillissent entre les sphères sont alors d'un blanc éblouissant, produisant un bruit sec. Si on examine l'étincelle dans un miroir tournant, on voit que l'étin-

(1) Communication faite en séance le 8 juillet 1898.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

celle blanche ne se produit que dans le premier instant de la décharge et ne dure qu'un temps très court. Dans ces conditions cette *décharge est oscillante*, elle s'effectue à travers l'étincelle explosive. A chaque étincelle ainsi provoquée correspond une suite d'*oscillations électriques* dont la durée est déterminée par les dimensions des conducteurs qui en sont le siège et qui forment capacité électrique, ainsi qu'il vient d'être dit.

La période d'oscillation varie avec la capacité et la self-induction du circuit;

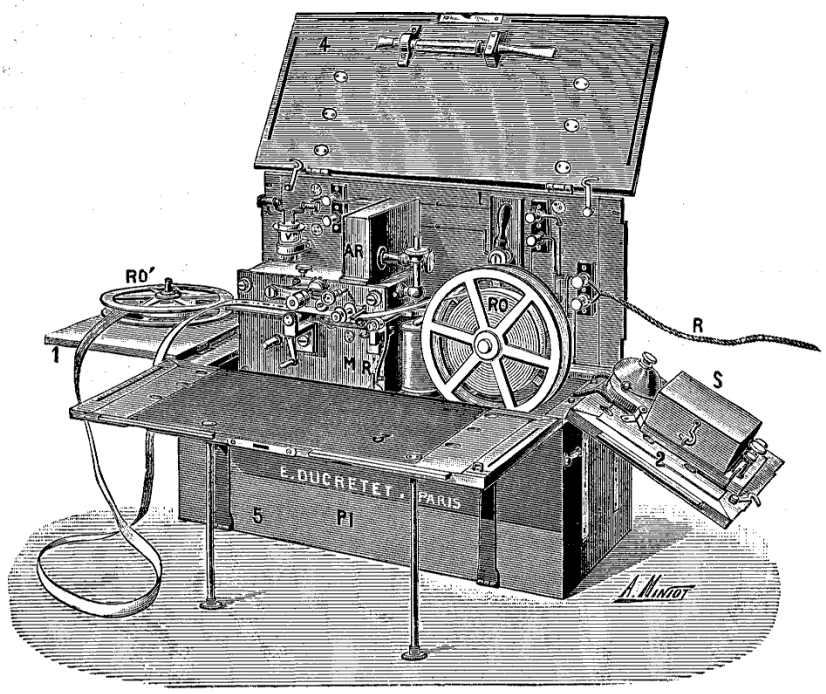


Fig. 1. — Récepteur *Morse* portatif automatique.

en diminuant l'une et l'autre, on obtient des périodes très courtes, que M. le professeur *Bose*, de Calcutta, estime à 50 000 millions par seconde avec des sphères de 6 millimètres de diamètre; mais cette rapidité n'est pas comparable à celle des vibrations lumineuses, dont le nombre est estimé à environ 500 trillions dans le même temps.

Cette étincelle oscillante peut jaillir dans l'air ou dans les gaz. *MM. Ed. Sarasin* et *L. de la Rive*, dans leurs expériences, ont montré que les effets étaient plus durables et plus énergiques en faisant éclater l'étincelle de décharge dans un liquide isolant.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

M. N. Tesla, en 1893, pour les transmissions à grande distance sans fil, recommandait de mettre une des sphères de l'oscillateur électrique en communication avec *la terre* et l'autre avec un corps isolé de grande surface. La terre joue certainement le rôle de capacité électrique, de même que les conducteurs isolés, rectilignes ou enroulés en solénoïde ainsi qu'ils sont utilisés pour les appareils de haute fréquence (*MM. Tesla, Oudin*). Les conducteurs isolés, enroulés en solénoïde, étant munis d'un curseur mobile, il est ainsi possible de faire varier la self-induction du système.

Dans les expériences de Hertz, l'action inductrice de ces décharges ne pouvait être observée qu'à une très faible distance, par l'étincelle jaillissant dans l'intervalle très court du conducteur métallique, discontinu, recourbé en forme de

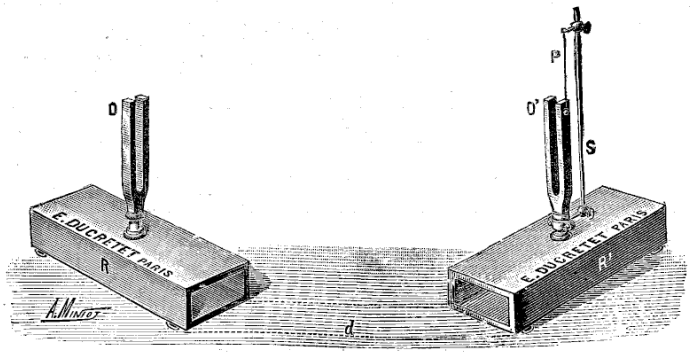


Fig. 2.

cercle ou de rectangle, qui constitue le *résonateur de Hertz;* cette étincelle secondaire est à succession rapide et elle peut jaillir dans des tubes à vide (*MM. Egoroff, Zehnder, Righi*).

H. Hertz démontra qu'il existait un rapport entre les dimensions des conducteurs primaire et secondaire pour lequel leur action réciproque était maximum, produisant ainsi par leur accord un phénomène analogue aux *phénomènes de résonance* observés en acoustique (fig. 2).

Je ne décrirai pas les expériences de Hertz, montrant que les ondes électriques traversent les milieux isolants; qu'il est possible de les faire réfléchir, réfracter, interférer, diffracter et de leur imprimer la polarisation rectiligne, elliptique et circulaire. Celles de leur *propagation à distance*, seules, vont me permettre d'aborder la description de la *télégraphie hertzienne sans fil*, réalisée, en 1895, par un savant russe, M. le professeur *A. Popoff;* puis, dans les mêmes conditions, en 1896, par *M. Marconi;* l'un et l'autre utilisant le tube à limaille de notre compatriote, M. le professeur *Branly*, qui constitue l'organe indispensable de cette application des ondes électriques.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ce tube à limaille, qui est un révélateur extrêmement sensible, même à grande distance, de courants induits, remplace, par suite, les résonateurs de Hertz connus. M. le professeur *Lodge*, en Angleterre, et *MM. Le Royer* et *van Berchem*, à Genève, en font avantageusement usage, depuis 1893, pour déceler la présence des ondes électriques produites à une assez grande distance du tube à limaille de M. Branly.

C'est en 1890 que M. Branly a mis en évidence l'action des radiations électriques sur les limailles métalliques, libres ou agglomérées dans un isolant, comprises entre deux conducteurs formant un circuit dans lequel se trouvent une pile et un galvanomètre. Ces limailles, primitivement isolantes ou d'une résistance électrique très élevée, deviennent conductrices lorsqu'elles sont frappées par l'onde électrique; et, en outre, leur conductibilité disparaît par un choc pour réapparaître quand une nouvelle onde vient les frapper.

Le galvanomètre placé dans le circuit du tube à limaille dévie très fortement dès qu'une étincelle éclate à distance : le choc sur le tube ramène la résistance initiale et le galvanomètre à zéro. Il est possible, nous le verrons, de produire automatiquement le choc sur le tube sensible. Cette expérience est fondamentale. L'étincelle produite par une machine de Holtz ou de Wimshurst donne les mêmes résultats.

M. Branly a donné le nom de *radioconducteurs* à ses tubes à limaille : ce nom rappelle que leur conductibilité s'établit sous l'influence du rayonnement électrique qui émane d'une étincelle produite par une source électrique quelconque. La sensibilité de ce révélateur et très grande, et elle se manifeste à distance, même à travers les cloisons et les murs.

M. Branly démontre encore l'extrême sensibilité du radioconducteur en le mettant, en un point quelconque de son circuit, en communication avec un long fil fin de métal. En approchant de ce conducteur une faible source d'électricité produite par une plaque d'ébonite électrisée ou par la plus faible décharge électrique, le tube à limaille devient instantanément conducteur.

Le radioconducteur mis à l'intérieur d'une boîte en métal *hermétiquement fermée* n'est plus influencé par les ondes électriques, même à faible distance. Il est facile de s'en rendre compte en enfermant dans cette boîte : le radioconducteur, les piles et le galvanomètre ou relais actionnant une sonnerie également mise à l'intérieur de la boîte. La moindre fissure dans la fermeture laisse pénétrer les ondes électriques et la sonnerie se fait entendre.

M. Popoff, dans son mémoire de 1895, rappelle ces intéressantes expériences susceptibles d'applications (*C. R. Académie des Sciences des 4 et 18 juillet 1898*, notes de M. Branly).

Si nous transformons le galvanomètre en *relais* venant alors fermer un circuit local, ou si nous le remplaçons par un relais télégraphiqne très sensible (fig. 3),

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

nous pourrons produire en circuit local des actions énergiques dont le point de départ est l'onde électrique, transmise dans l'espace sans fils conducteurs par un milieu intermédiaire, l'*éther*, qui propage les vibrations électriques émises par le transmetteur à étincelles comme il propage les vibrations lumineuses. Dans les deux cas, le mode de propagation de ces vibrations peut se concevoir comme celui des ondes sonores dans l'air (fig. 2).

Nous avons ainsi tous les éléments nécessaires à la réalisation de la *télégraphie hertzienne sans fil :* il suffit que le relais sensible commande l'électro-aimant d'une sonnerie F dont le marteau frappe sur le tube à limaille B*r* (fig. 9); chaque onde reçue est ainsi immédiatement suivie d'un choc ramenant le radioconducteur, automatiquement, à sa résistance initiale. Ce frappeur automatique a été employé par *M. Lodge*, puis par *M. Popoff* qui l'a perfectionné.

Le courant local ainsi commandé par le relais R (fig. 9), en même temps qu'il actionne le frappeur automatique F, peut, à volonté, actionner l'électro-aimant d'un récepteur enregistreur. Les signaux reçus pourront donc être *perçus au son*; ils seront enregistrés dans le second cas.

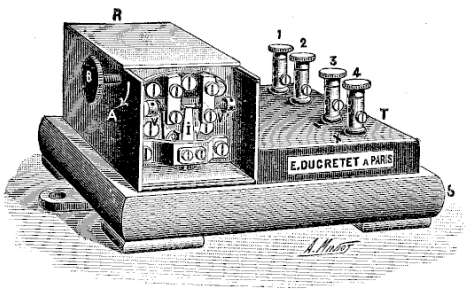


Fig. 3. — Relais polarisé.

Des émissions d'ondes électriques intermittentes, produites à distance par longues et par brèves (qui constituent les signaux conventionnels à transmettre), lancées dans l'espace, viendront agir sur le tube à limaille, ainsi qu'il vient d'être dit.

Dans la pratique, il suffira d'approprier la puissance du transmetteur à étincelles à la distance à franchir.

L'appareil décrit et réalisé, en 1895, par M. le professeur *A. Popoff* comprenait ces organes; il en fit usage pour enregistrer les ondes électriques produites par les perturbations atmosphériques, en indiquant que son appareil pouvait servir à la transmission des signaux à distance.

Dès 1895, *M. Popoff*, dans ses publications et dans ses présentations aux Sociétés savantes russes, avait montré que son appareil pouvait être pratiquement employé par la Marine pour la transmission et la réception des signaux, à grande distance.

Pour augmenter la sensibilité de son appareil, ainsi que *M. Tesla* l'avait fait pour l'oscillateur électrique, *M. Popoff* relie à la terre une des électrodes du radioconducteur Branly; l'autre électrode est mise en communication avec un fil métallique isolé, fixé à l'extrémité d'un mât vertical. — Ces conducteurs

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

constituent de véritables capacités électriques, et ils n'ont aucun lien avec les électro-aimants des appareils récepteurs, comme dans la télégraphie électrique ordinaire où la terre sert de *fil de retour* au courant de la ligne.

Le conducteur métallique isolé, amené à l'appareil récepteur, est un véritable *collecteur* des ondes électriques lancées dans l'espace; celui du transmetteur jouant le rôle de *radiateur*. Pour les postes doubles, le conducteur isolé remplit alternativement les deux fonctions : *radiateur* et *collecteur*. Leur longueur varie suivant la distance à franchir et elle doit être accordée : à cet effet, une bobine de self-induction, bien isolée, ou un résonateur à haute fréquence de *M. le Dr Oudin* (*notice spéciale*), tous deux à réglage, ajoutés au transmetteur, donnent de bons résultats.

MM. Popoff et *Slaby*, et, plus récemment, en France, M. le lieutenant de vaisseau *Tissot*, ont pu se rendre compte qu'il n'était pas indispensable que les fils isolés *radiateur* et *collecteur* fussent verticaux. Ils peuvent être tendus horizontalement à une certaine distance du sol et bien isolés sur leurs supports; ils doivent être parallèles entre eux, et leur longueur dépend de la distance à franchir. Dans certaines dispositions topographiques des lieux où ces postes doivent être placés, l'horizontalité de ces conducteurs est avantageuse et les décharges atmosphériques ont moins d'influence sur eux.

La figure 11 montre un mât avec fil rectiligne isolé.

Nous connaissons maintenant tous les organes dont se compose le système télégraphique hertzien sans fil; il se résume ainsi :

Les ondes électriques émises à distance par un oscillateur à étincelles servant de *transmetteur* arrivent au tube à limaille du récepteur; ce radioconducteur devient conducteur : il commande, par suite, le relais télégraphique et ferme le circuit du courant local qui actionne le *frappeur électrique* pour ramener immédiatement le tube à limaille à sa résistance électrique primitive, et ouvrir le circuit du courant local jusqu'à ce qu'une nouvelle onde électrique vienne impressionner le radioconducteur. En même temps qu'il actionne le frappeur, le courant local peut mettre en action l'électro-aimant d'un récepteur-enregistreur.

Les intermittences, brèves ou longues, des émissions d'ondes électriques, constituent les signaux transmis et reçus.

Appareils de E. Ducretet. — Je vais décrire maintenant les appareils que j'ai créés; quelques perfectionnements d'une certaine importance pratique les caractérisent.

Comme tout appareil télégraphique, l'ensemble comprend encore un *transmetteur* et un *récepteur*.

Le transmetteur a pour organe principal une bobine d'induction de Ruhmkorff, puissante si elle doit agir à distance. Le modèle que j'ai créé (fig. 4 et 8) est

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

réellement transportable et solide. La bobine est entièrement renfermée dans une boîte fermée remplie de notre mélange isolant. Le condensateur est fixé dans le socle. Les étincelles sont chaudes et nourries.

Dans le circuit inducteur *à gros fil*, se trouve soit un interrupteur de Neef à démarrage immédiat, soit un interrupteur à moteur à marche continue, suivant celui de la figure 5, soit encore un interrupteur indépendant, avec cames et contacts plongés dans un liquide isolant.

L'*interrupteur indépendant* à moteur de la figure 5 est à marche continue; il convient aux fortes bobines, et son fonctionnement ne laisse rien à désirer comme régula rité et vitesse (*C. R. Acad. d. Sc.*, 14 juin 1897).

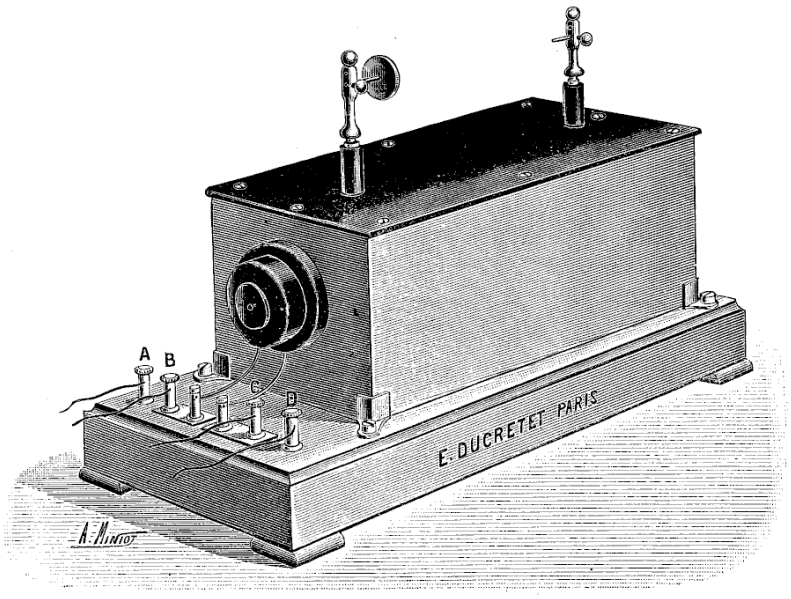


Fig. 4. — Bobine d'induction.

Un *manipulateur à main* spécial (fig. 6) produit les émissions intermittentes, longues ou brèves, dans le circuit inducteur de la bobine d'induction. Le courant est généralement fourni par une batterie d'accumulateurs ou par une dynamo. C'est cette énergie électrique d'une certaine intensité, mais d'une force électromotrice de quelques volts seulement, qui sera transformée dans le circuit voisin à *fil fin et long*, bien isolé du circuit inducteur, en une force électromotrice considérable dépassant 200 000 volts pour une bobine donnant 26 centimètres de longueur d'étincelle. Cette très haute tension permet d'obtenir des étincelles à distance qui jaillissent entre les sphères de l'*oscillateur transmetteur* (fig. 7 et 8) et produisent les ondes électriques lancées dans l'espace.

Il est utile de faire remarquer que cette transformation de l'énergie élec-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

trique à haut potentiel, que donne cette bobine d'induction, est produite avec une énergie électrique primaire ne dépassant pas 70 watts, soit environ 1/10 de cheval-vapeur. Dans certains cas, il est utile de mettre *à la terre* une des extrémités du fil inducteur en même temps qu'une des extrémités du fil induit. C'est ainsi que, depuis longtemps, sont disposées et employées nos bobines d'induction destinées aux moteurs à gaz, la masse du moteur étant à la terre et en communication directe avec l'inducteur et l'induit, comme il vient d'être dit.

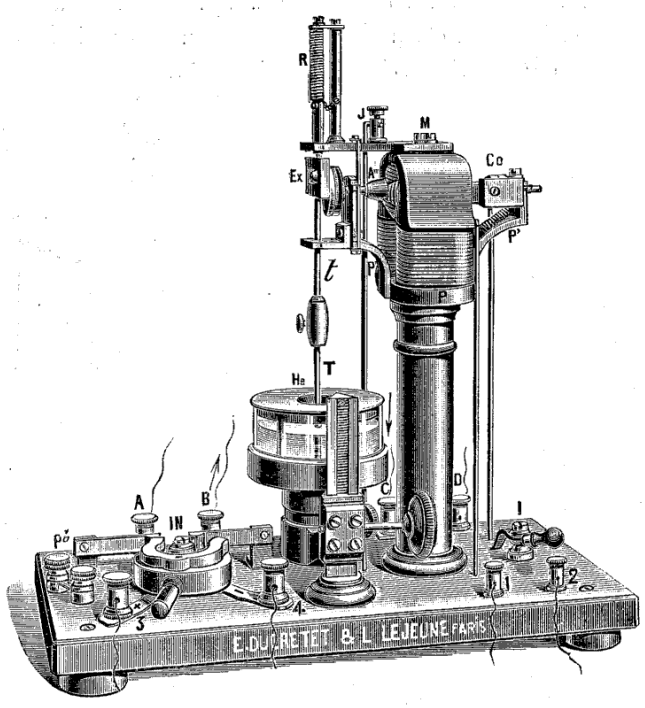


Fig. 5. — Interrupteur à moteur indépendant.

L'*oscillateur* peut être construit suivant les données de *M. le professeur Righi;* mon modèle (fig. 7) permet d'obtenir diverses combinaisons d'étincelles et de faire varier leur longueur. La cuve R reçoit le liquide isolant et le viseur O permet d'observer l'étincelle qui jaillit à l'intérieur entre les sphères A B.

La figure 8 montre l'ensemble du *transmetteur* qui vient d'être décrit. Il comprend :

Bo — Bobine d'induction (fig. 4);

I — Interrupteur à moteur, indépendant (fig. 5);

M — Manipulateur à main (fig. 6);

O — Oscillateur à étincelles. Il diffère complètement de celui de la figure 7.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le système est à deux ou à trois sphères, suivant celui employé par *MM. Lodge* et *Bose*. Les colonnes isolantes extrêmes reçoivent les *sphères de décharge*, à écartement variable à volonté. Une colonne centrale supporte la sphère intermédiaire, elle est fixe. Les parties de ces sphères où jaillissent les étincelles sont rendues inoxydables.

Une boîte spéciale en bois dur, avec couvercle, recouvre le tout; des chicanes intérieures masquent les étincelles. Cet ensemble, ne touchant en aucun point aux tiges des sphères, ne nuit pas aux décharges des fortes bobines de Ruhmkorff. Cet oscillateur fonctionne sans liquide isolant. Les fils *i i'*, du

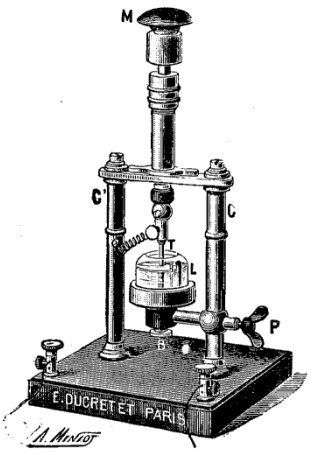


Fig. 6. — Manipulateur à main.

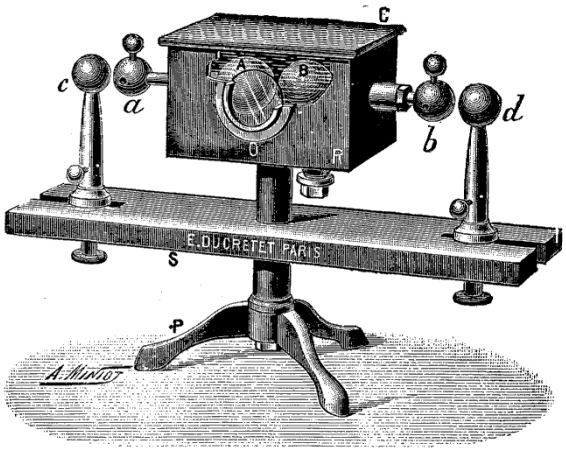


Fig. 7 — Oscillateur transmetteur.

circuit induit de la bobine d'induction, arrivent aux sphères de décharge de l'oscillateur. La mise *à la terre* est figurée en T. La mise en communication avec le fil *radiateur* du mât (fig. 11) se voit en P.

Le *récepteur* représenté (fig. 9) est le *modèle portatif* de Ducretet (*C. R. de l'Acad. d. Sc.*, 7 novembre 1898); il dérive de celui de Popoff;

B*r* est le radioconducteur Branly, de mon modèle à réglage, avec tube en ivoire. La limaille est insérée entre deux conducteurs métalliques à pression variable. L'action de l'air extérieur sur la limaille est évitée, ainsi que son renouvellement. Par les bornes T et L, les électrodes de ce tube à limaille sont mises en communication l'une avec *la terre*, l'autre avec le fil conducteur *collecteur*, qui forme, avec le fil *radiateur*, la ligne hertzienne dans l'espace;

F — Frappeur automatique disposé comme l'a fait M. Popoff. Il possède des pièces de réglage *r;*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

R — Relais polarisé très sensible (fig. 3); il ferme le circuit du tube à limaille B*r* et met en action le courant local, ainsi qu'il a été dit, pour actionner le frappeur et l'enregistreur.

En 1893, avec la collaboration de *M. Maréchal*, nous avons indiqué l'emploi des *galvanomètres à cadre mobile*, en utilisant l'effet balistique du cadre mobile,

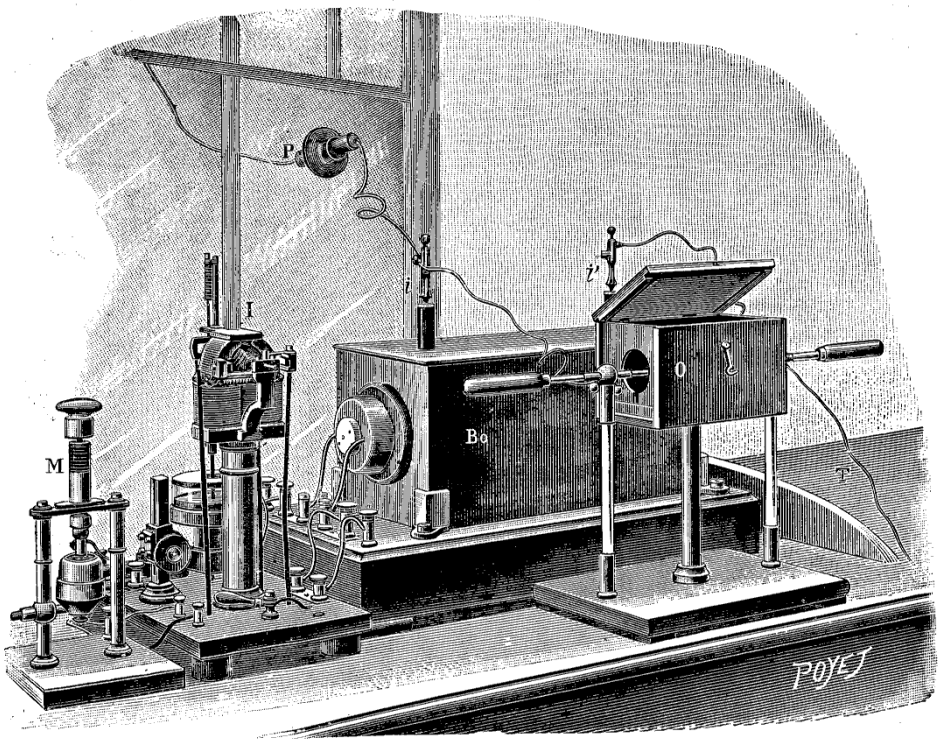


Fig. 8. — Transmetteur *Ducretet*.

pour constituer des *relais télégraphiques* très sensibles. Ils peuvent être construits en toutes dimensions;

V V' — Résistances électriques sans self-induction. J'utilise avec succès les résistances liquides que mon *rhéotome voltamétrique*, à tiges d'aluminium, permet de réaliser (*C. R. Acad. d. Sc.*, 25 janvier 1875). Ces résistances auxiliaires servent à éviter les effets des étincelles d'extra-courant de rupture (*MM. d'Arsonval*, 1885, et *E. Ducretet*, 1893), celui de gauche n'est pas indispensable dans tous les cas.

Les éléments de pile nécessaires au fonctionnement de ce récepteur portatif

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sont à l'intérieur de la boîte. R et S sont des interrupteurs du courant de ces piles.

Dans bien des cas, cet appareil très portatif suffit pour *la lecture au son* des signaux télégraphiques hertziens. Pour les enregistrer, il suffit de relier les deux bornes R par un double conducteur, de longueur quelconque, aux bornes R du Morse portatif, *automatique* (fig. 1), sur lequel il me faudra revenir. Un enregistreur Morse, ordinaire, disposé à cet effet, peut être employé; mais nous verrons plus loin les avantages reconnus de celui qui est automatique.

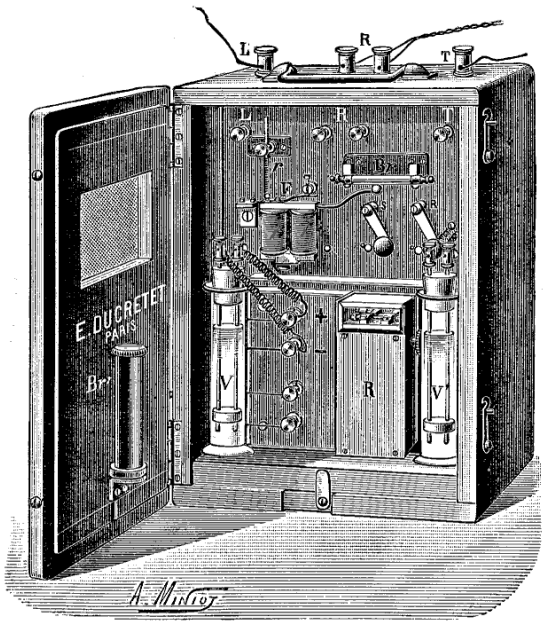


Fig. 9. — Récepteur portatif *Ducretet*.

Pour enregistrer les ondes électriques produites par les perturbations atmosphériques, il suffit de relier les bornes R (fig. 9) à celles d'un *enregistreur météorologique;* nous le décrirons au chapitre spécial.

La figure 10 montre tous les organes, que nous venons de décrire, réunis sur un même poste. Les résistances auxiliaires ne sont pas visibles. Cet appareil a fait l'objet d'une présentation à l'Académie des Sciences, séance du 2 mai 1898.

Pour les applications militaires ou d'exploration, l'ensemble des appareils, transmetteur et récepteurs, avec des mâts à tirages et piquets de terre, peuvent être groupés à l'intérieur des voitures télégraphiques (*voiture-poste*). Les voitures automobiles, à marche rapide, seront d'un bon emploi.

Pour la télégraphie hertzienne volante, le poste portatif de la figure 9 peut

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

suffire pour la *lecture au son*. Il peut toujours être relié à l'enregistreur portatif (fig. 1).

Enregistreur automatique Ducretet. — Ainsi que je l'ai dit, cet enregistreur

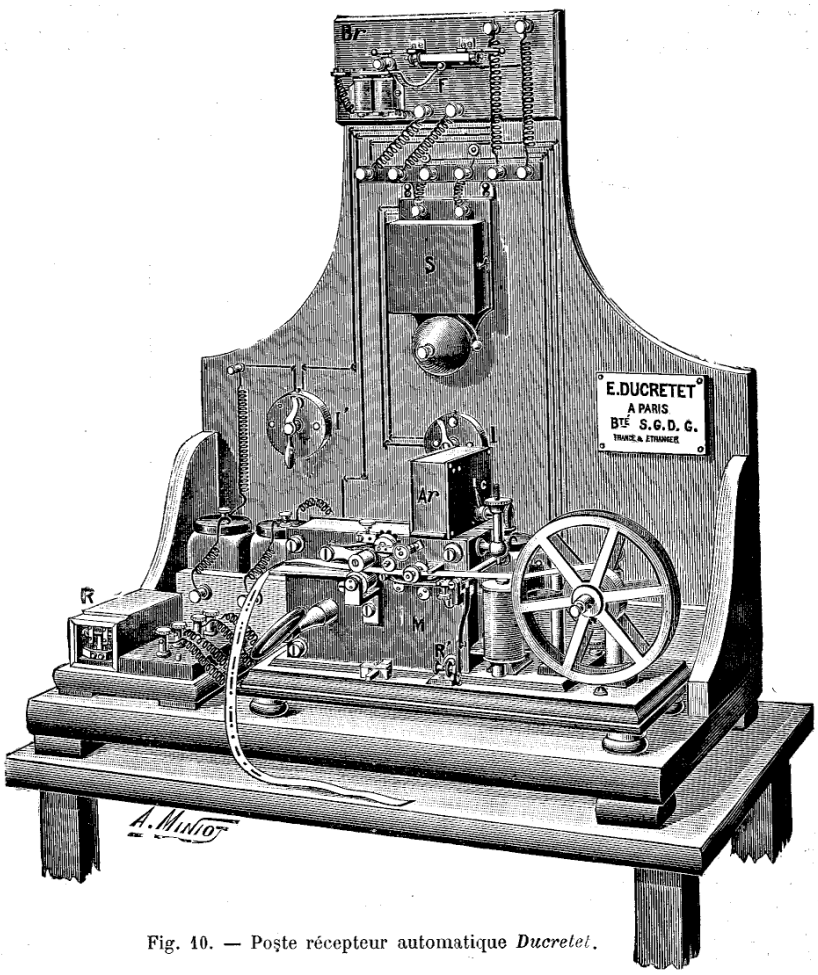


Fig. 10. — Poste récepteur automatique *Ducretet*.

est à marche automatique ; il permet la suppression du télégraphiste pour la réception immédiate des signaux. Pour la télégraphie hertzienne sans fil, ce dispositif a une très grande importance : par suite de la grande sensibilité du radioconducteur Branly, le récepteur peut enregistrer toutes les ondes électriques susceptibles d'agir sur le tube à limaille, même si elles sont d'origine atmosphérique. Il faudrait donc un employé télégraphiste en permanence pour

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

faire dérouler le papier à chaque appel et l'arrêter lorsque les ondes électriques cessent de se manifester.

En rendant le récepteur automatique, je supprime la présence immédiate, obligatoire, du télégraphiste pour la réception des ondes électriques et des signaux. Seul, de lui-même, le récepteur fait dérouler son papier dès qu'une onde arrive, et il s'arrête également de lui-même dès que ces ondes cessent. Un espace blanc sépare chaque dépêche ou chaque réception d'ondes électriques atmosphériques.

C'est ainsi, qu'en temps d'orage, *automatiquement*, ce récepteur peut enregistrer les décharges atmosphériques, le radioconducteur ayant une de ses électrodes à la terre, l'autre reliée à un fil vertical, isolé, fixé à un mât (fig. 11). Le 11 juin 1898 (*C. R. Acad. d. Sc.*, 13 juin 1898), de $2^h,30$ à $3^h,40$ de l'après-midi, au moment de l'orage, un de ces enregistreurs Ducretet a inscrit 311 décharges atmosphériques intermittentes, au fur et à mesure de leur présence sur le mât collecteur de mon laboratoire (fig. 11). Ces décharges étaient enregistrées avant l'apparition de l'éclair et le bruit du tonnerre.

Ce récepteur-enregistreur automatique a donc sa place dans les *observatoires météorologiques*, ainsi que le chronographe à marche lente que nous décrirons.

Dans la plupart des cas, j'ai pu me rendre compte que ces décharges atmosphériques intermittentes ne rendraient pas indéchiffrables les télégrammes hertziens.

Le *radioconducteur Branly*, relié à la terre et au fil collecteur aérien (fig. 11), constitue un excellent *paratonnerre télégraphique;* ces décharges atmosphériques sont donc sans danger.

Dans un deuxième modèle, le mouvement d'horlogerie de ce récepteur-enregistreur (fig. 1 et 10) est remplacé par un mouvement à moteur électrique permettant encore le déplacement intermittent et automatique de la bande de papier au fur et à mesure de la réception des ondes hertziennes.

Pour comprendre comment se produit le déclenchement automatique du récepteur-enregistreur, il faut se reporter à ce qui a été dit pour l'appareil portatif (fig. 9); soit : le courant local, commandé par le relais R, en même temps qu'il actionne le frappeur F, circule dans l'électro-aimant du récepteur-enregistreur (fig. 1 et 10); cet électro attire la palette de fer doux qui commande le levier d'impression et celui du relais R'. Ce relais met en circuit une autre pile locale qui agit sur l'électro-aimant du déclencheur A*r* et le papier défile tant que les ondes électriques se succèdent; dès qu'elles cessent, le frappeur F ayant ramené le radioconducteur B*r* à sa résistance initiale, tous les organes de cet ensemble reprennent leur première position, et le papier s'arrête de lui-même après avoir reçu l'impression des signaux, comme dans le Morse ordinaire. Cette

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pile locale est placée dans le soubassement P*i* du poste portatif (fig. 1). Elles sont toutes réunies sur le socle du poste complet de la figure 10.

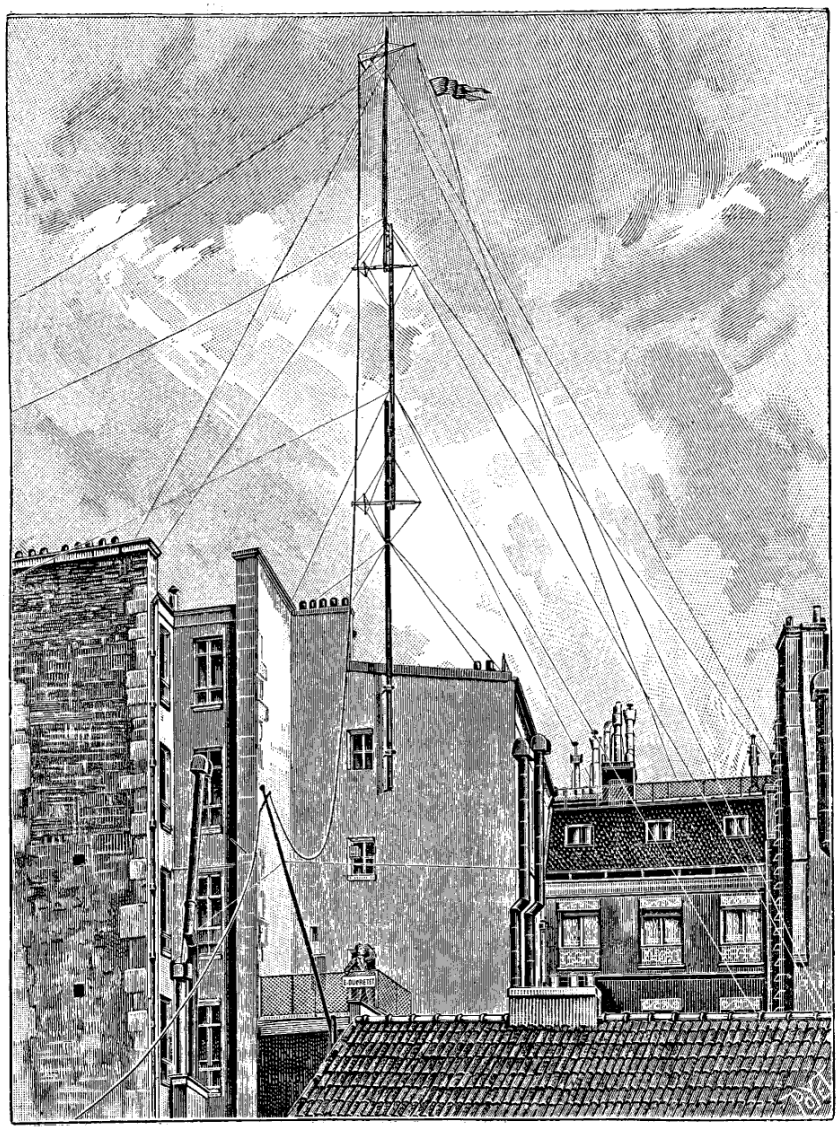


Fig. 11.

S est une sonnerie d'appel facultative à un coup; elle suit les mouvements du relais R′. Cette sonnerie peut être placée à une distance quelconque du récepteur. Les effets des étincelles d'extra-courant de rupture du relais R′ sont

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

évités par l'addition de la résistance V, ainsi qu'il a été dit pour la figure 9.

Le récepteur-enregistreur automatique de Ducretet, pour la télégraphie hertzienne sans fil et pour la télégraphie électrique ordinaire, peut, dans certains cas, assurer le *secret* à la réception des dépêches : l'*appareil étant enfermé dans un cabinet*, sans aucun intermédiaire, la seule personne intéressée à en prendre communication viendra relever les dépêches enregistrées sur la bande au fur et à mesure de leur envoi.— A bord des navires il en sera de même, de l'avis d'officiers supérieurs ayant vu cet appareil automatique en expérience à grande distance.

Distances franchies. — Les distances franchies pendant les premières expériences de *M. Popoff* ont été de 1500 mètres, puis de 5 kilomètres en mer, le mât vertical, recevant le fil isolé, ayant 18 mètres de hauteur; les travaux de M. Popoff n'ont jamais été interrompus. *M. Marconi* a installé un double poste hertzien entre l'*île de Wight* (the Needles) et *Bournemouth*, la transmission et la réception des signaux sont régulières entre ces deux postes, et elles se font par tous les temps. Les mâts de ces deux postes dominent la mer sans aucun obstacle interposé ; la distance entre eux est de 23 kilomètres. Le mât de Bournemouth a 35 mètres de hauteur et il est placé bien au-dessus du niveau de la mer. Le choix de cette vaste baie est très heureux comme situation.

Dans les mêmes conditions, il est possible d'établir une transmission hertzienne entre un de ces postes et un navire placé à plus de 13 kilomètres.

M. Popoff recommande de placer le fil métallique vertical à une hauteur d'au moins 15 mètres au-dessus des agrès du navire et de bien l'isoler avec des cloches en porcelaine. Il est nécessaire de le placer à une certaine distance du mât en fer qui lui sert de support, afin d'éviter la mauvaise influence de ce mât en fer pour la réception des ondes électriques.

Les *Comptes rendus de l'Académie des sciences* du 7 novembre rendent compte de mes appareils et de mes dernières expériences, réalisées, en présence de *M. Mascart*, de l'Institut, entre la tour *Eiffel* et le *Panthéon*. La distance franchie est de 4 kilomètres, et l'intervalle est occupé par un grand nombre de constructions élevées. Les signaux reçus, même par la pluie et par un brouillard épais, ont toujours été très nets : il est donc possible d'affirmer, qu'avec les mêmes appareils et une de nos bobines de 26 centimètres d'étincelle (fig. 4 et 8), cette distance pourra être sensiblement augmentée.

En se plaçant dans des conditions topographiques choisies favorablement, comme celles de Bournemouth et l'île de Wight, j'ai la certitude que la distance sera dépassée avec une bobine plus puissante et les appareils que je viens de décrire.

Le mât installé au-dessus de mon laboratoire (fig. 11) va me permettre d'entreprendre des expériences entre la rue Claude-Bernard et des postes situés hors Paris, dans la direction S.-E.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La transmission entre ce mât et le Panthéon est parfaite dans les deux sens, même en plaçant le fil récepteur (fig. 9 ou 10) sur la face opposée du monument, auquel cas le massif de pierre doit être contourné ou traversé par les ondes électriques.

Il ne faut pas conclure de ces expériences, du domaine pratique, que la télégraphie hertzienne sans fil remplacera, en toutes circonstances, la télégraphie électrique ordinaire et la télégraphie optique; mais, par les résultats acquis, il est possible de prévoir les services qu'elle doit rendre pour les échanges de signaux, par tous les temps, entre les forts, entre les navires et avec la côte ; pour les phares et les côtes entre elles et avec les îles ; pour les postes éloignés de nos colonies africaines et asiatiques et les services volants militaires ou d'exploration. Dans l'intérieur des villes, des postes peuvent être très rapidement installés et le fonctionnement des appareils, dans tous les cas, est immédiat. On voit que ce système télégraphique ne manquera pas d'applications utiles.

Observations météorologiques. — Nous avons vu à la page 1639 que le récepteur-enregistreur automatique Ducretet (fig. 1 et 10) pouvait être utilisé dans les *observatoires météorologiques* pour enregistrer les décharges atmosphériques intermittentes produites pendant les orages. Pour les observations continues, il convient de faire usage d'un enregistreur à marche lente, avec inscriptions horaires. Le *chronographe* employé dans notre laboratoire comporte un cylindre sur lequel se fixe le papier graphique ; ce cylindre fait un tour en vingt-quatre heures, et le mouvement se remonte tous les huit jours. La plume à encre est montée sur une palette de fer doux articulée sur un électro-aimant, isolé de la masse, qui se meut le long d'une vis sans fin commandée par le mouvement d'horlogerie lui-même. La plume trace une ligne continue régulièrement espacée. Le tout est enfermé dans une boîte à paroi vitrée.

Il suffit de relier les deux bornes de cet enregistreur par un double conducteur, de longueur quelconque, aux bornes R du récepteur portatif (fig. 9). Il peut être substitué au récepteur-enregistreur M (fig. 10), ou ajouté à ce poste complet ; dans ce cas, il suffit d'amener les deux conducteurs du chronographe aux bornes de l'électro-aimant du récepteur-enregistreur M. Les deux appareils fonctionnent alors concurremment. Dans tous les cas, pour les observations météorologiques, le radioconducteur Br doit avoir une de ses électrodes à la terre, l'autre au fil vertical isolé (fig. 11), qui sert de collecteur des ondes atmosphériques.

Chaque onde reçue par le jeu du relais R et du frappeur F ferme le circuit local sur l'électro-aimant du chronographe, la palette de fer doux est attirée et la plume qu'elle porte trace un petit trait perpendiculaire à la ligne continue.

Si les décharges atmosphériques ne sont pas trop rapprochées, ces traits ne

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

se superposeront pas. Le diagramme donnera l'indication des heures et des jours de ces décharges.

Expériences avec le radioconducteur Branly. — Les effets à distance qui caractérisent la télégraphie hertzienne sans fil ne mettent en jeu, à la réception, qu'une énergie très faible; M. Branly a montré que cette énergie pouvait être bien plus intense : une batterie de plus de 12 accumulateurs peut être mise en circuit avec un fort tube à limaille; par suite, le courant passe, dans ce circuit, d'une intensité nulle à une intensité de 10 à 15 ampères quand le radioconducteur est devenu conducteur par l'influence d'une étincelle à distance.

En interposant un *électro-aimant à déclic* (*le mettre aux bornes* R [fig. 9], *ou à celles de l'électro-aimant du récepteur* M [fig. 10]), formant relais pour forts courants, il est possible de produire des effets très puissants dès qu'une étincelle oscillante jaillit à distance: le déclic de l'électro-aimant aura fermé le circuit d'une forte batterie d'accumulateurs, le point de départ étant toujours une onde électrique lancée dans l'espace et venant agir sur le radioconducteur. C'est ainsi que l'on peut produire, *à distance :*

1° L'incandescence d'un long fil métallique;

2° La mise en marche d'un fort moteur électrique;

3° La mise en action d'un électro-aimant puissant;

4° L'allumage de lampes à incandescence ou à arc;

5° L'explosion d'une amorce de mine, etc., etc.

Par le jeu de *relais successifs*, des courants électriques énergiques peuvent être ainsi utilisés suivant les effets à produire à distance.

Ces explications démontrent que notre industrie scientifique française, en ce qui me concerne, n'est pas tributaire de l'industrie étrangère. J'ai tenu aussi à exclure de cette notice toutes expressions étrangères, notre langue française étant assez riche pour y trouver celles qui conviennent.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ARTS CHIMIQUES

SUR LES PROPRIÉTÉS DE L'ALUMINIUM. Note de **M. A. Ditte.**

L'aluminium a été considéré pendant longtemps comme un métal tout à fait remarquable à cause de la résistance qu'il paraît opposer à l'action de la plupart des agents chimiques; et cependant cette résistance n'existe pas. Si, dans la magistrale étude qu'il lui a consacrée, M. Sainte-Claire Deville l'a regardé comme inaltérable à l'air, inattaquable par les acides autres que l'acide chlorhydrique, et par la plupart des matières salines, cela tient uniquement à ce que les chaleurs de formation de l'alumine et de ses sels n'avaient pas encore été déterminées. S'il les avaient connues, elles se seraient immédiatement montrées à son esprit comme incompatibles avec les propriétés que l'aluminium semblait posséder; elles l'auraient certainement conduit à reconnaître le fait étonnant d'un métal dont les propriétés véritables n'ont presque rien de commun avec celles qui paraissent lui appartenir.

J'ai montré, il y a quelques années (*Comptes rendus*, t. CX, p. 573, 782), que, si l'aluminium paraît n'attaquer ni l'eau, ni les acides sulfurique et azotique étendus, quoique sa chaleur d'oxydation de 131 calories par atome d'oxygène doivent lui faire attribuer une énergie chimique voisine de celle du calcium, le fait tient à ce que le métal se recouvre immédiatement d'une couche d'hydrogène, de bioxyde d'azote ou d'alumine, continue, imperméable et très adhérente, qui supprime tout contact entre l'aluminium et le liquide dans lequel on l'immerge. Ces enduits protecteurs se forment également avec les autres acides et masquent l'altérabilité du métal en la remplaçant par une inaltérabilité apparente. Ainsi, les acides acétique, tartrique, citrique, oxyalique, etc., semblent, eux aussi, au premier abord, ne pas dissoudre l'aluminium; mais, en observant avec soin ce qui se passe, on s'aperçoit bientôt, qu'au contraire, une action chimique se manifeste dès qu'on immerge le métal dans la solution acide, puis qu'elle s'arrête au bout d'un temps très court, aussitôt la lame métallique recouverte d'une couche gazeuse continue, qui lui adhère fortement. On peut, du reste, se débarrasser de ce gaz à l'aide des procédés qui réussissent avec les acides sulfurique et azotique, soit en opérant dans le vide, soit de toute autre façon, et alors l'action se continue, plus ou moins lente, jusqu'à dissolution complète de l'aluminium. On peut donc dire, d'une manière générale, que tous les acides étendus l'attaquent et le dissolvent, quoique tous, sauf l'acide chlorhydrique, paraissent n'avoir pas d'action sur lui. Avec les dissolutions salines, l'aluminium donne lieu à des phénomènes non moins remarquables. J'ai indiqué (*Comptes rendus*, t. CX) comment les sulfates et les azotes sont décomposés; examinons maintenant les chlorures. On admet que toutes leurs dissolutions sont précipitées par l'aluminium à l'exception de celles des métaux alcalins et alcalino-terreux; or, un de ces chlorures, le sel marin par exemple, pourrait donner du chlorure d'aluminium, de la soude et de l'hydrogène avec dégagement de chaleur :

(1) $$Al^2 + 6NaCl \text{ dissous} + 3H^2O = Al^2Cl^6 \text{ dissous} + 3Na^2O \text{ dissoute} + 3H^2 + 157{,}3.$$

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 5 décembre 1898.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Mais comme la soude et le chlorure d'aluminium en dissolution peuvent, à leur tour, donner lieu à une double décomposition exothermique :

$$(2) \qquad Al^2Cl^6 \text{ dissous} + 3Na^2O \text{ dissous} = Al^2O^3 + 6NaCl \text{ dissous} + 287,$$

il en résulte que, si l'on immerge une lame d'aluminium dans une solution de sel marin, les choses reviennent à l'action du métal sur l'eau, réaction qui, malgré son exothermicité considérable, est immédiatement arrêtée par le dépôt d'une couche d'alumine que le chlorure de sodium ne dissout pas; et grâce au dépôt d'alumine d'un côté, à celui d'hydrogène de l'autre, l'aluminium, qui devrait attaquer énergiquement les dissolutions de sel marin, comme les acides étendus, puisqu'il est oxydable par l'eau pure, demeure inaltéré en apparence, aussi bien dans les unes que dans les autres de ces dissolutions.

Mais il n'en sera plus ainsi quand on mélangera les deux liqueurs, une de sel marin avec une d'acide acétique par exemple; l'acide, en effet, neutralise, au fur et à mesure de sa formation, la soude qui provient de la réaction (1), la décomposition du chlorure d'aluminium par cette soude ne peut donc plus avoir lieu, et l'acétate alcalin qui se produit est de son côté sans action sur le sel marin ; dans un tel mélange l'hydrogène n'adhère que peu à la surface de l'aluminium, de sorte qu'on le voit se dégager avec lenteur en même temps que le métal se dissout. Il suffit d'ajouter à une solution salée, dans laquelle l'aluminium demeurerait inaltéré, quelques gouttes d'acide acétique pour que le dégagement d'hydrogène commence, et il se continue lentement tant que l'acide n'est pas saturé ; quand la réaction s'arrête, l'addition d'un peu d'acide acétique fait recommencer le dégagement d'hydrogène.

Naturellement, tout acide autre que l'acide acétique se comporte de la même manière que lui en présence du sel marin ; tels sont les acides tartrique, citrique, oxalique, etc. ; leurs dissolutions n'agissent pas à froid sur l'aluminium ; mais, additionnées de sel marin, elles donnent lieu à un dégagement continu d'hydrogène. La production de ce gaz est toujours lente; elle est plus rapide avec tel acide qu'avec tel autre, par exemple avec l'acide citrique qu'avec l'acide tartrique, et ce fait tient à l'adhérence plus ou moins énergique que l'hydrogène, au sein des diverses liqueurs, contracte avec le métal. A mesure que la lame se dépolit davantage en se dissolvant, cette adhérence diminue, le dégagement devient plus facile, et, toujours pour la même raison, l'action est plus rapide quand on opère dans le vide où la formation de la couche gazeuse est d'autant plus difficile que la pression devient moindre.

Les sels acides capables de saturer la soude que donnerait la décompositien du sel marin, conformément à la formule (1), se comportent comme des acides libres : une solution de crème de tartre paraît tout à fait indifférente à l'égard d'une lame d'aluminium que l'on y plonge; vient-on à lui ajouter du sel marin, le métal est attaqué lentement en dégageant de l'hydrogène. Le bioxalate de potasse se conduit comme le bitartrate, et, tandis que des solutions de ces corps sont, comme celles de chlorure de sodium, sans action apparente sur l'aluminium, il suffit de les mélanger entre elles pour que le métal se dissolve en donnant lieu à un dégagement d'hydrogène.

Le sel marin peut, du reste, être remplacé soit par le chlorure de potassium, soit par un bromure ou un iodure alcalin, les réactions analogues à (1), desquelles peuvent résulter un alcali avec du bromure ou de l'iodure d'aluminium, étant fortement exothermiques. Quel que soit celui de ces sels qu'on mélangera avec un acide libre ou un sel acide capables de saturer l'alcali formé, l'aluminium sera attaqué par le mélange ; la réaction sera toujours lente à froid, d'autant plus que l'hydrogène adhérera avec plus de facilité à la surface métallique ; elle pourra même, et c'est le cas avec les iodures alcalins, ne se produire que dans une atmosphère réduite à quelques millimètres de pression si l'adhérence du gaz au métal est considérable, et les choses se passeront alors comme elles ont lieu dans les acides étendus purs.

Les sels alcalino-terreux, que l'on regarde, eux aussi, comme n'agissant pas sur l'alumi-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

nium, se trouvent exactement dans le même cas que les sels alcalins; le chlorure de calcium donnerait :

$$2\,Al + 3\,CaCl^2 \text{ diss.} + 3\,H^2O = Al^2Cl^6 \text{ diss.} + 3CaO \text{ diss.} + 3H^2 + 145{,}8,$$

le chlorure de magnésium dégagerait $137^{cal},9$ dans les mêmes circonstances, et il suffit d'ajouter à ces dissolutions un acide capable de saturer la chaux ou la magnésie à mesure qu'elles se produisent pour observer l'attaque de l'aluminium avec dégagement d'hydrogène tant que l'acide ajouté n'est pas entièrement transformé en sel soluble de chaux ou de magnésie. Parmi les matières salines, les carbonates alcalins sont à signaler d'une façon toute particulière, car leurs dissolutions ont sur l'aluminium une action énergique même à froid, elles attaquent le métal presque aussi rapidement que le font les alcalis caustiques en dégageant de l'hydrogène; avec le carbonate de soude, par exemple, la quantité de chaleur mise en jeu est considérable :

$$Al^2 + 2CO^3Na^2 \text{ diss.} + 4H^2O = Al^2O^3, Na^2O \text{ diss.} + 2CO^2, Na^2O, H^2O \text{ diss.} + 3A^2 + (164^{cal},6 + q),$$

(q étant la chaleur de formation de l'aluminate de soude dissous, à partir de la soude dissoute et de l'alumine hydratée). Le gaz dégagé est de l'hydrogène pur, l'acide carbonique qui résulte de la décomposition du carbonate neutre passant immédiatement, au contact d'un excès de ce dernier, à l'état de bicarbonate alcalin; la réaction s'arrête d'ailleurs quand il n'y a plus que du bicarbonate dans la liqueur. Il ne saurait, en effet, exister de l'acide carbonique libre en présence d'aluminate de soude, puisque les expériences de H. Sainte-Claire Deville ont établi qu'un courant de ce gaz décompose l'aluminate alcalin en régénérant du carbonate et de l'alumine hydratée grenue et dense. Comme, de son côté, le bicarbonate de soude ne saurait être décomposé par l'aluminium sans donner de l'acide carbonique libre, il en résulte que, tandis que le carbonate neutre de soude attaque énergiquement le métal, celui-ci doit rester indéfiniment inaltéré dans une solution de bicarbonate, et c'est ce qu'il est aisé de constater par l'expérience. Wohler a annoncé que l'aluminium n'est pas altéré par l'ammoniaque en dissolution concentrée, qu'il l'est lentement par une solution étendue avec formation d'un peu d'alumine qui se dissout partiellement dans la liqueur, et que la réaction s'arrête au bout de peu de temps, le métal restant couvert d'un enduit noir. Le calcul thermique montre cependant qu'une liqueur ammoniacale quelconque doit dissoudre l'aluminium aussi bien qu'une dissolution de potasse ou de soude, car on a :

$$Al^2 + (AzH^4)^2O \text{ diss.} + 3H^2O = Al^2O^3\,(AzH^4)^2O \text{ diss.} + 3H^2 + (186 + q),$$

(q étant la quantité de chaleur que l'alumine hydratée dégage en se dissolvant dans une liqueur ammoniacale pour former un aluminate plus ou moins dissocié), et c'est bien ce que l'expérience vérifie; avec de l'aluminium impur, le seul dont Wohler ait jamais disposé, l'attaque est lente et, comme l'illustre savant l'a observé, le métal se recouvre bientôt d'un enduit foncé, mélange de fer, de silicium et d'autres impuretés; ce mélange, sur lequel l'ammoniaque n'a pas d'action, protège mécaniquement l'aluminium contre toute attaque du liquide acalin. Quand le métal est pur, au contraire, il est immédiatement attaqué par l'ammoniaque étendue ou concentrée, et de l'hydrogène se dégage pendant que l'alumine produite se dissout dans la liqueur qui reste transparente et limpide; mais, au bout de quelque temps, le dégagement gazeux se ralentit, peu à peu le métal se recouvre d'une couche mince, légèrement jaunâtre, dure, très peu adhérente à la surface, et cette couche ne tarde pas à supprimer tout contact entre le liquide et le métal, qui dès lors n'est plus attaqué; la dissolution ammoniacale d'alumine, qui renferme de l'aluminate d'ammoniaque plus ou moins décomposé, ne tarde pas d'ailleurs à se troubler et à déposer contre les parois du vase qui la contient un enduit adhérent de l'hydrate cristallisé $Al^2O^3, 3H^2O$; la formation de cet hydrate a

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

lieu sous l'influence de petites quantités d'acide carbonique de l'atmosphère ou d'alumine gélatineuse, par le mécanisme que j'ai indiqué (*Comptes rendus*, t. CXVI. p. 183 et 386) à propos des aluminates de potasse et de soude. En définitive, l'aluminium n'est pas un métal inaltérable, et, loin de résister à la plupart des agents chimiques, il subit leur action avec facilité, conformément à la nature thermochimique de ses combinaisons; mais il est remarquable par l'opposition frappante qui existe entre ses qualités réelles et ses propriétés apparentes. Grâce à la facilité extrême avec laquelle il se recouvre de couches protectrices gazeuses ou solides, il n'y a, entre lui et les liquides dans lesquels on le plonge, qu'un contact extrêmement imparfait, si bien que, dans les conditions habituelles, ceux-ci ne réagissent qu'avec une lenteur excessive et paraissent n'avoir pas d'action. Cependant, l'altération de l'aluminium est très sensible dans un grand nombre de circonstances, toutes les fois par exemple qu'il se trouve en présence d'une liqueur renfermant du sel marin ou un sel analogue, en même temps qu'un acide libre ou un sel acide; l'alumine ne se dépose d'ailleurs pas, elle se change en sel soluble, et la dissolution du métal ne peut être considérée comme négligeable dans certaines liqueurs à froid et surtout à chaud. Ainsi, une solution aqueuse renfermant 5 p. 100 d'acide acétique cristallisable et autant de sel marin ou d'un autre sel haloïde analogue dissout activement l'aluminium, dès 50°, avec dégagement d'hydrogène, et il en est de même quand on remplace l'acide acétique libre par un des sels acides, crème de tartre, sel d'oseille, etc., dont nous avons parlé. Comme les sels d'alumine n'ont pas d'influence appréciable sur l'économie, il n'y a pas d'accidents toxiques à redouter, mais l'usure des vases d'aluminium peut devenir assez rapide quand ils contiennent des liquides à la fois acides et salés. Elle se manifeste tout particulièrement avec les carbonates alcalins dont l'emploi est si habituel pour nettoyer les ustensiles de ménage qui ont contenu des matières grasses, et ces carbonates ne peuvent guère être utilisés dans le cas de vases en aluminium; en effet, une solution au centième de carbonate de soude les attaque lentement à froid, plus vivement vers 50°, et plus rapidement encore vers la température d'ébullition; à plus forte raison, l'action serait-elle très intense avec des solutions concentrées de carbonate.

En dernière analyse, l'aluminium est attaqué d'une manière plus ou moins profonde par tous les agents chimiques, ou à peu près, dès que, l'enduit protecteur habituel ayant disparu en totalité ou en partie, le métal se trouve en contact avec les liquides qu'il renferme. Dans ses applications à la fabrication des vases culinaires, d'objets destinés à l'équipement de nos soldats, il y a donc lieu de se préoccuper des altérations plus ou moins intenses qu'il est susceptible d'éprouver.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

CONSTRUCTIONS

INFLUENCE DES ARMATURES MÉTALLIQUES SUR LES PROPRIÉTÉS DES MORTIERS ET BÉTONS.

Note de **M. Considère** (1).

Depuis quelques années, des constructeurs entreprenants ont imaginé un nouveau mode de construction. Le métal, fer ou acier, que l'on n'avait employé jusque-là qu'isolément ou juxtaposé à la maçonnerie, a été utilisé comme armature intérieure des pièces de béton ou de mortier, en vue d'en augmenter la résistance.

Toutefois les ingénieurs, habitués à n'employer que les matériaux dont ils comprennent la résistance, ont refusé, jusqu'à présent, d'utiliser les bétons armés, et ils ont fait une objection qui, à première vue, paraît très grave. Essayés par traction simple, les mortiers se brisent en prenant un allongement d'un dixième de millimètre environ. Or le fer ne produit sous cet allongement qu'une résistance de 2 kilogrammes par millimètre carré, et l'on doit, par suite, admettre qu'il ne peut travailler davantage dans les bétons armés avant que ceux-ci se brisent au moins jusqu'aux armatures qu'ils renferment : les fissures compromettraient la durée de ces constructions.

J'ai fait des expériences pour élucider la question.

Les prismes d'essai étaient formés de mortiers ou de bétons renfermant, en diverses proportions, du ciment de Portland, du sable et parfois du gravier. Ils avaient 6 centimètres de côté et une longueur de 60 centimètres. Pour l'essai chaque prisme a été placé verticalement et encastré par son extrémité inférieure dans une poutre en bois. L'extrémité supérieure était coiffée d'un chapeau portant, en porte à faux, un demi-fléau horizontal de 70 centimètres de longueur, à l'extrémité duquel on suspendait des poids.

L'allongement de la face tendue et le raccourcissement de la face comprimée étaient uniformes entre les deux encastrements; on les mesurait au moyen d'appareils à miroir d'une grande sensibilité.

J'ai fait de nombreux essais; je choisis, pour en indiquer ici les résultats, le n° 34, relatif à un prisme en mortier dosé de 433 kilogrammes de ciment par mètre cube de sable et armé de trois fils de fer non recuit de $4^{mm},25$ de diamètre. Le moment de flexion du prisme a été porté jusqu'à $78^{kg},68$ sans provoquer la rupture. Puis, dans le but d'étudier l'effet du renouvellement des déformations, on a soumis le prisme à 139 052 répétitions de moments de flexion, variant de $44^{kg},58$ à $55^{kg},58$ et séparées par autant de retours à la position d'équilibre.

Après cette double épreuve, le prisme semblait intact dans toute la partie comprise entre les encastrements, et cependant le mortier de sa face soumise à l'extension avait subi, dans la première flexion, un allongement de $1^{mm},98$, c'est-à-dire vingt fois plus grand que l'allongement de $0^{mm},10$ que les mortiers analogues ne peuvent supporter sans se rompre.

Pour reconnaître avec certitude si les fibres les plus allongées du mortier n'étaient pas fis-

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 12 décembre 1898.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

surées, je les ai fait détacher, au moyen d'une scie à sable, des armatures et du corps du prisme : j'ai constaté que, s'il y avait en certains points quelques petites fissures superficielles, le mortier était généralement intact. Malgré la fatigue résultant du sciage, on a pu détacher du prisme et de ses armatures des baguettes de 15 × 12 millimètres de section, ayant des longueurs de 80 millimètres à 200 millimètres, c'est-à-dire plus que la moitié de la longueur comprise entre les encastrements. Ces baguettes ont été essayées par flexion; elles ont donné des résistances allant jusqu'à 22 kilogrammes par centimètre carré.

Il est donc bien démontré que, dans la presque totalité de sa masse, un mortier qui avait subi un allongement vingt fois plus grand que celui que l'on considère comme devant produire la rupture, non seulement n'était pas désagrégé, mais restait capable de produire une résistance considérable et voisine de celle du mortier neuf.

Il ne pouvait suffire de constater un fait de cette importance ; il fallait chercher à le mettr en évidence par d'autres moyens et, si possible, en donner une explication rationnelle.

La résistance totale d'un prisme armé ne peut être que la somme des résistances produites par les deux élément dont il est formé. L'allongement du fer pouvant être calculé d'après les déformations constatées sur les deux faces opposées du prisme, la tension des armatures en est facilement déduite, ainsi que le moment résistant qu'elle produit. On a donc le moment de flexion produit par le métal. En le retranchant du moment total de flexion supporté par le prisme, on a, par différence, la valeur du moment produit par la tension des fibres de mortier qui travaillent à l'extension et par la fraction de la résultante de compression qui forme un couple avec elle. Le tableau suivant indique les résultats obtenus.

MOMENTS de flexion supportés par le prisme.	DISTANCES de l'axe neutre à la surface.		ALLONGEMENTS		VALEUR DE E pour le fer.	TENSION DU FER		BRAS DE LEVIER de cette tension.	MOMENT PRODUIT par le fer.	MOMENTS PRODUITS par le béton : différence des colonnes 1-10.
	comprimée.	tendue.	constatés du béton.	calculés du fer.		par millim. carré.	totale.			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
kgm	mm	mm	mm	mm		kgm	kgm	m	kgm	kgm
5,18	28,7	32,3	0,038	0,031	2,17 × 10	0,67	28	0,0450	1,28	3,90
11,48	28,7	32,3	0,092	0,075	2,17	1,63	69	0,0450	3,12	8,38
19,88	28,7	32,3	0,186	0,145	2,17	3,15	134	0,0450	6,03	13,85
30,38	27,4	33,6	0,424	0,337	2,15	7,25	309	0,0450	13,90	16,48
40,88	25,5	35,1	0,775	0,620	2,11	13,10	558	0,0445	24,83	16,05
49,28	25,3	35,7	1,050	0,840	2.10	17,60	750	0,0442	33,15	16,13
63,98	24,4	36,7	1,520	1,230	2,06	25,34	1079	0,044	47,48	16,50
78,68	24,4	36,6	1,980	1,600	2,00	32,00	1363	0,044	59,97	18,71

On a inscrit dans la colonne 1 les moments de flexion auxquels le prisme a été soumis et, en regard, dans les colonnes 2 et 9, les éléments nécessaires au calcul du moment résistant produit par la traction du fer et par une égale part de la résultante de compression produite par la partie comprimée de la section.

En retranchant les moments résistants du fer inscrits dans la colonne 10 des moments de flexion totaux supportés par le prisme, qui figurent dans la colonne 1, on obtient une différence qu'on ne peut considérer que comme la valeur du moment de flexion produit par les fibres tendues du mortier; on l'a inscrite dans la colonne 11.

La colonne 11 donne lieu aux constatations suivantes, si l'on néglige l'anomalie présentée par le chiffre 16,48, auquel une imperfection de mesurage de quantités très petites a pu faire attribuer une valeur légèrement trop forte.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le moment résistant de flexion produit par les fibres tendues du mortier a augmenté régulièrement et rapidement tant que l'allongement de ses fibres extrêmes (col. 4) ne dépasse pas $0^{mm},424$, c'est-à-dire plus de quatre fois l'allongement qui brise le mortier par traction directe ($0^{mm},10$).

Lorsque l'allongement dépasse $0^{mm},424$ environ, le moment produit par le mortier croît encore, mais très lentement, jusqu'à l'allongement considérable de $1^{mm},98$, qui n'a pas été dépassé dans l'essai du prisme n° 34.

A défaut de la preuve directe, obtenue en détachant du prisme et des armatures métalliques les fibres les plus allongées et en prouvant que, sauf en un très petit nombre de points, elles étaient intactes et avaient conservé sensiblement leur résistance initiale, les chiffres de la colonne 11 suffiraient à prouver que le mortier possède cette propriété, dont l'importance pratique est grande, de pouvoir, quand il est armée de fer, supporter des allongements vingt fois plus grands que ceux qui déterminent sa rupture dans les essais usuels de traction.

Dans une note prochaine, je donnerai l'explication de ce fait, je ferai les réserves nécessaires au point de vue de la pratique des travaux et j'indiquerai comment on peut déterminer la nature et la proportion du fer et du béton à employer dans chaque cas et calculer les dimensions.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

NOTES DE MÉCANIQUE

MACHINE A MEULER DE *Harper et Grohmann*.

Cette petite machine, très ingénieuse, a pour objet le meulage après trempe des corps creux de formes diverses, notamment celui des cuvettes de vélocipèdes, comme on le voit en figure 6. A cet effet, la broche porte-meule est montée à l'extrémité

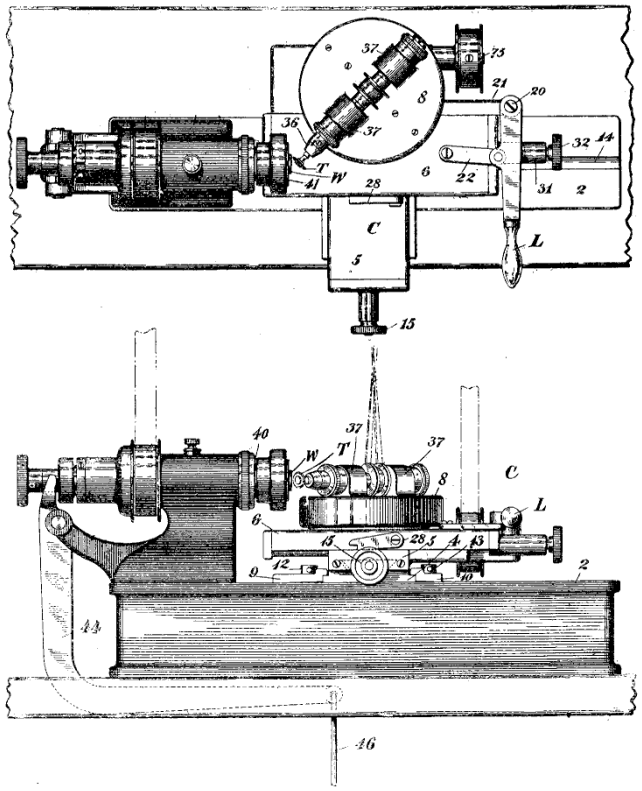


Fig. 1 et 2. — Meule *Harper et Grohmann*. Plan et élévation.

d'une pile de chariots C et de plateaux disposés de manière à pouvoir lui imprimer automatiquement, à l'intérieur de la pièce en meulage W, saisie par le chuck 41 de la poupée 40, les mouvements nécessaires au finissage de son profil. Le chuck 30 est manœuvré par la pédale 46-44.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

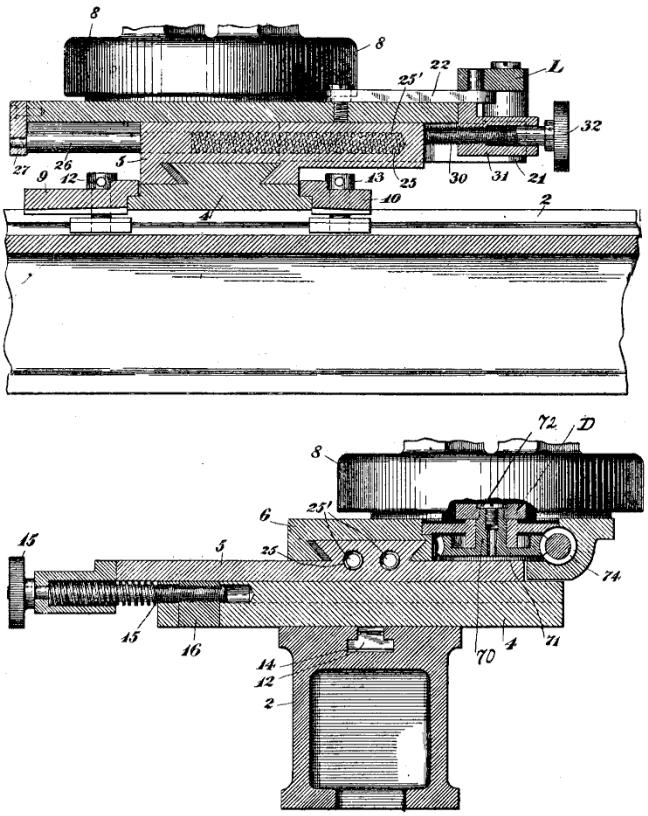


Fig. 3 et 4. — Meule *Harper et Grohmann*. Détail du chariot.

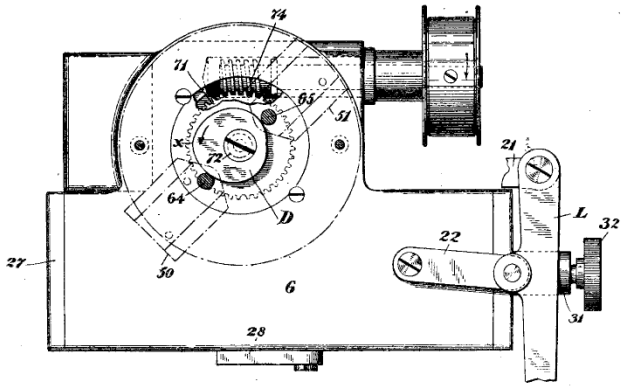


Fig. 5. — Meule *Harper et Grohmann*. Détail de la came D.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le premiers de ces chariots, 4, est (fig. 3 et 4) fixé dans la rainure 14 du banc 2 par les mors 9 et 10, à boulons de serrage 12 et 13; le second chariot, 5, s'ajuste sur 4, per-

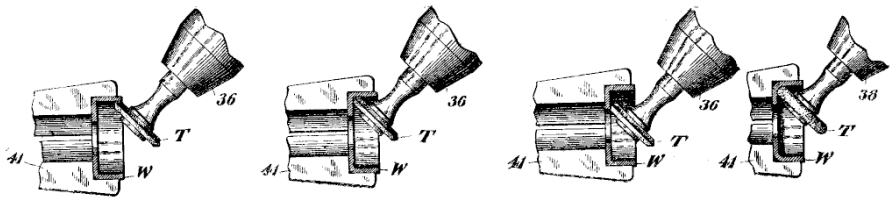


Fig. 6 à 9. — Meule *Harper et Grohmann*. Fonctionnement de la meule.

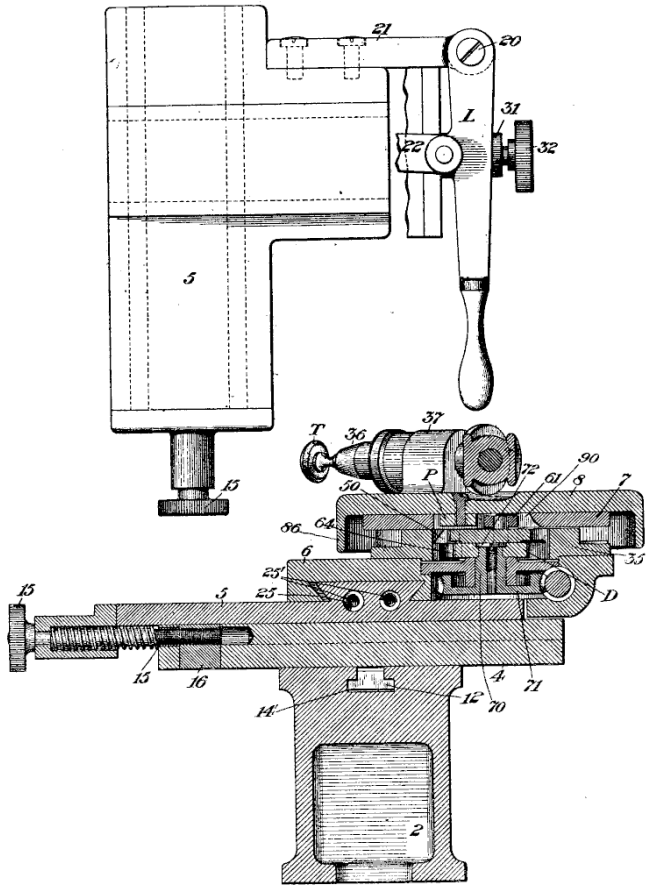


Fig. 10 et 11. — Meule *Harper et Grohmann*. Détail du levier L et du chariot.

pendiculairement à 2, par sa vis 15, qui fait écrou en 16 dans le chariot 4. Le troisième chariot, 6, se déplace transversalement sur 4 par le levier L (fig. 3 et 10) articulé sur 5 en 20-21 et à 6 par sa bielle 22 : le rappel de 6 se fait par la poussée des ressorts 25

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de 5 sur ses tiges 26, et ce rappel est limité à ce qu'il faut pour ramener la meule à sa position de travail par la butée réglable sur 5 de la vis 30-32, qui fait écrou dans 6. En outre, le chariot 6 porte (fig. 2) un cliquet 28, qui, par sa prise avec l'arête droite

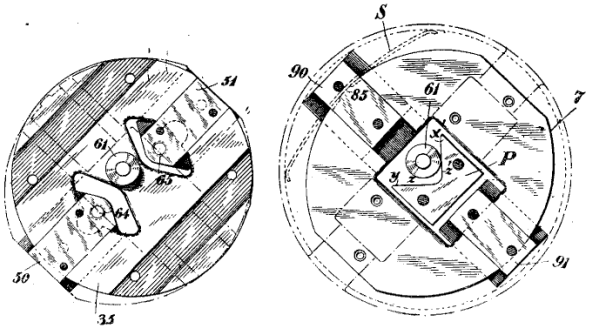


Fig. 12 et 13. — Meule *Harper et Grohmann*. Détail des coins 64 et 65 et du gabarit P.

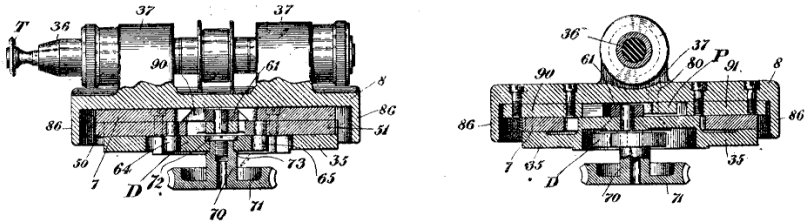


Fig. 14 et 15. — Meule *Harper et Grohmann*. Détail du porte-meule.

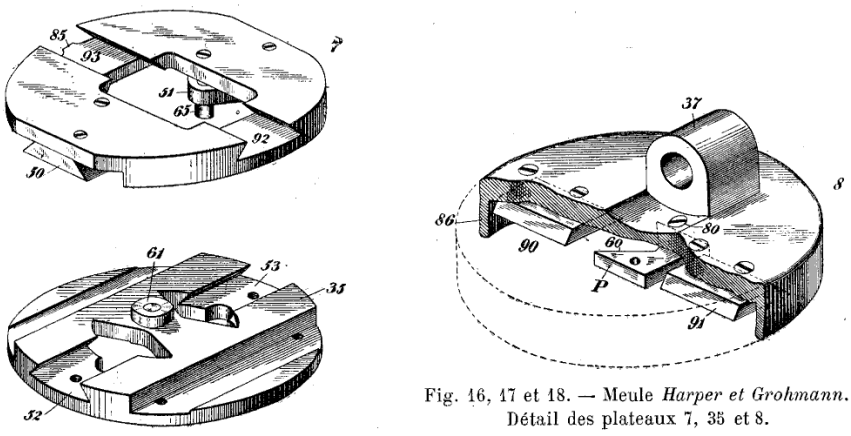


Fig. 16, 17 et 18. — Meule *Harper et Grohmann*. Détail des plateaux 7, 35 et 8.

de 5, maintient à volonté 6 dans sa position extrême de droite, et une plaque fixe 35 (fig. 11 et 16) sur laquelle peut coulisser le plateau 7 (fig. 10).

Le plateau 7 porte le plateau 8 (fig. 6) avec les paliers 37 de la broche porte-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

meule 36, et, sur sa face inférieure, les coins 50 et 51 (fig. 16) engagés dans la rainure 52-53 (fig. 17) de 7, parallèle à 36, et perpendiculaire à la rainure 92-93, dans laquelle s'engage le coulisseau 90-91 du plateau 8. Ce plateau 8 porte (fig. 13 et 18) un gabarit P, dont la face 60 est sans cesse poussée sur le galet fixe 61 par le ressort S, appuyé en 85 sur 7 et, par ses extrémités, sur le rebord 86 de 8. Enfin, le chariot 6 porte, montée en 72 (fig. 4 et 5) sur le moyeu 70 du pignon hélicoïdal 71, une came D, qui tourne entre les pitons 64 et 65 des coins 50 et 51 : cette came, commandée par la vis 74, tourne dans le sens de la flèche figure 5, et fait aller et venir le plateau 7 sur 35 pendant que le gabarit P fait, en même temps, coulisser 8 sur 7. Au commencement d'une opération, la pointe x de D est en contact avec 65 et celle y (fig. 13) du gabarit avec 61, et, pendant que D fait avancer le plateau 7, parallèlement au porte-meule 36, le profil zz' du gabarit fait coulisser le plateau 8 sur 7 de manière à faire décrire à la meule T, comme de figure 6 à figure 9, le profil intérieur de la pièce W. Quand T occupe la position figure 15, la pointe x de D est au contact de 64, et celle x' de P au contact de 61, de sorte que la came D, continuant de tourner, ramène 7 à sa position primitive, en faisant repasser la meule de la position figure 9 à celle figure 6.

MACHINE A MOULER *Doolittle*.

L'emploi des machinee à mouler se répand de plus en plus dans la fonderie, principalement pour le moulage des pièces multiples exécutées en séries nombreuses,

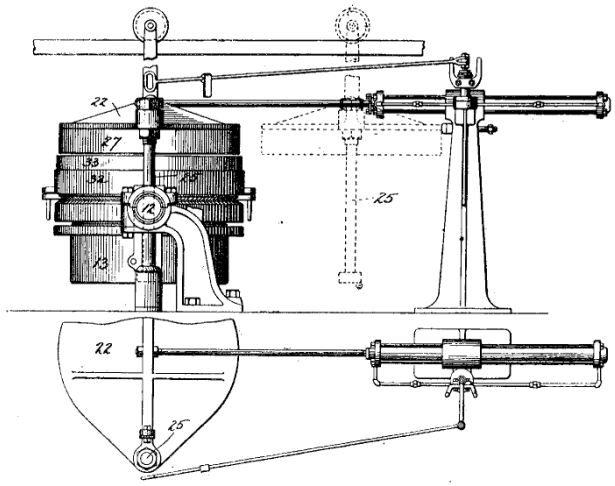


Fig. 19. — Machine à mouler *Doolittle*. Élévation.

comme c'est le cas des roues en fonte aciérée, d'un usage universel sur les chemins de fer américains. La machine de M. Doolittle, ingénieur de la fonderie de roues Griffin, à Chicago, est remarquable par sa simplicité et la légèreté relative de ses pièces mobiles. Voici comment elle fonctionne.

Les pièces occupant les positions figure 21, on place sur le plateau 17 les cercles

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

32 et 33, on remplit de sable la boîte ainsi formée, puis on amène au-dessus le couvercle 27, avec ses tiges 25 enclenchées par les encoches 26 (fig. 20) des tourillons, 11 et 12. Ceci fait, on admet, par 35, 34, 36, de l'air comprimé dans le cylindre 13. qui soulève, par son piston 14, le plateau 17 et sa boîte à sable contre 27, en compri-

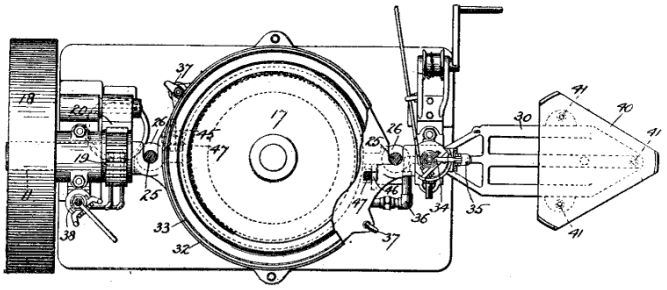


Fig. 20. — Machine à mouler *Doolittle*. Plan.

mant ce sable jusqu'à l'affleurement du cercle 32, les écrous 32ª (fig. 23) limitant, à cet effet, la course du piston. On laisse ensuite ce piston retomber dans la position figure 21 ; on écarte, par le cylindre à air indiqué à la droite de la figure 19, le plateau 22

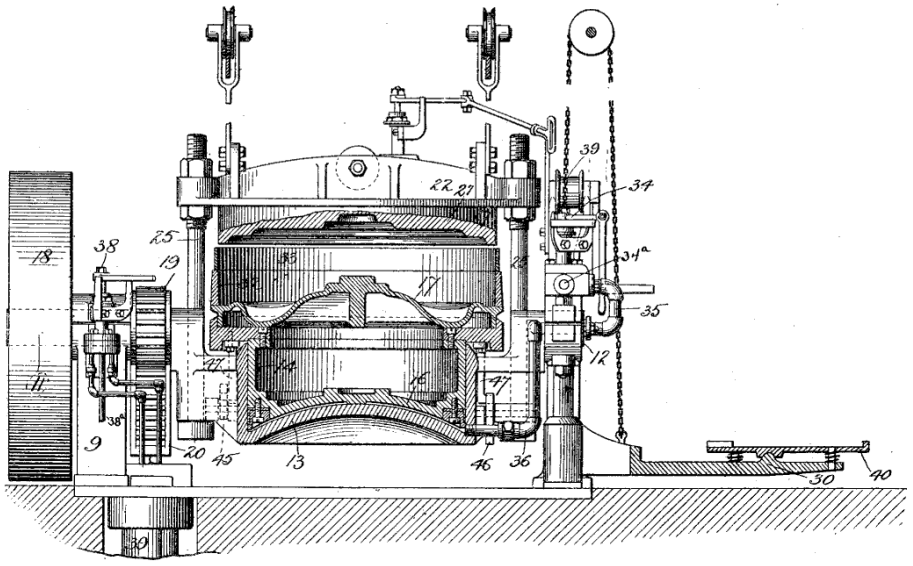


Fig. 21. — Machine à mouler *Doolittle*. Coupe verticale.

dans la position pointillée fig. 19, on enlève 33, et on affleure le sable au niveau de 32 ; ceci fait, on amène à la grue le plateau 31 sur le cercle 32, et on l'y fixe par les attaches ; puis, par 38, on introduit l'air comprimé sous le piston 21, qui, aidé par le contrepoids 18, fait, par la crémaillère 28 et le pignon 19, basculer le moule dans la position figure 22. Après cette bascule, on amène le bras radial 30 sous le plateau 31

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

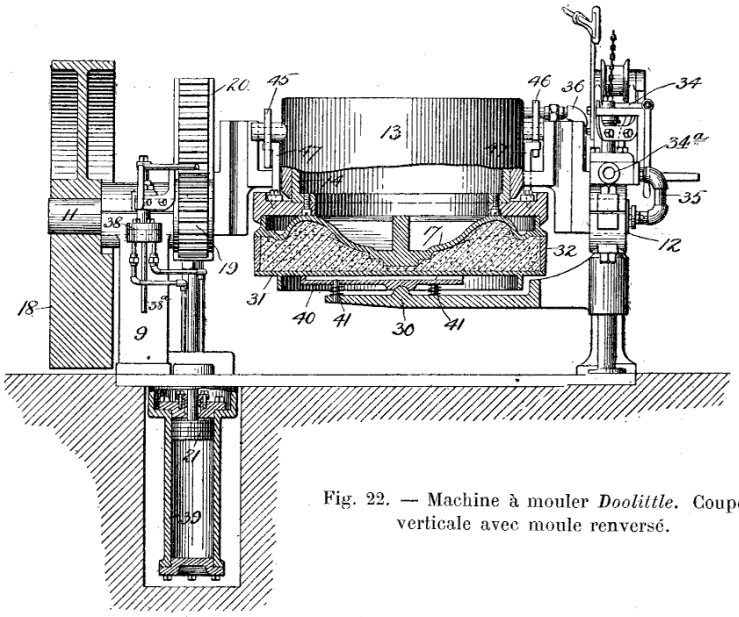


Fig. 22. — Machine à mouler *Doolittle*. Coupe verticale avec moule renversé.

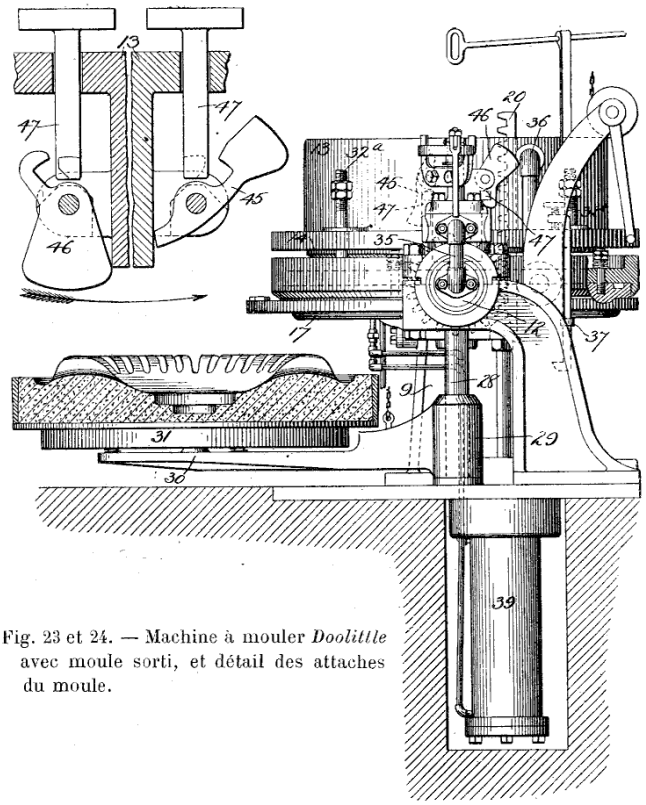


Fig. 23 et 24. — Machine à mouler *Doolittle* avec moule sorti, et détail des attaches du moule.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

on le soulève par la grue 39, de manière à l'y appuyer par la plaquette 40, à ressorts 41; on défait les attaches 37, et l'on fait pivoter 30 dans la position figure 23, avec le moule prêt à être enlevé.

Pour empêcher le lourd piston 14 de tomber quand on retire le moule, on a disposé, de chaque côté du cylindre 13, deux cliquets 45 et 46 (figure 24) qui, automatiquement, enclenchent les bras 47 du piston 14, et les lâchent quand on ramène l'appareil dans sa position primitive, figure 21.

REMONTOIR *Thim*.

Les remontoirs des montres américaines exécutent, pour la plupart, à volonté le remontage ou la remise à l'heure de la montre après avoir tiré le bouton du remontoir : on obtient ainsi une remise à l'heure rapide et précise; mais, parfois, le bouton du

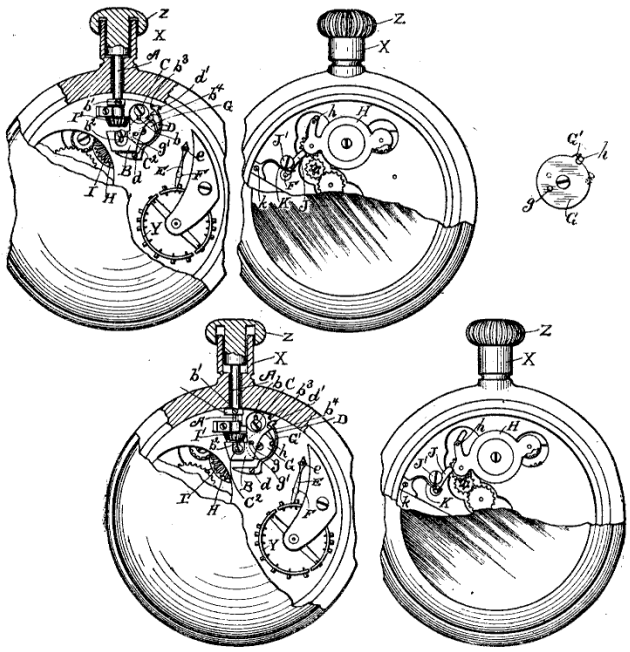


Fig. 25 à 29. — Remontoir *Thim*. Détail du fonctionnement et du disque G.

remontoir se déclenche de lui-même quand on s'en sert inconsciemment pour tirer sa montre, et on risque de perdre l'heure. Ces mécanismes sont très variés : celui de M. J. F. Thim, de Chicago, est l'un des plus complets et des plus nouveaux.

La tige A (fig. 25 et 30) du remontoir, à bouton Z, peut monter et descendre en même temps que tourner dans son collier X, comme de figure 25 à figure 28, et actionne, par sa coulisse a' et la vis b', une platine B, à coulisses b et b_2, avec vis C' et c_2, guidant B; cette platine porte deux encoches b_3 et b_4, enclenchées par le ressort D

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dans les positions extrêmes de B, et ne se déclenchant qu'à la condition d'exercer sur Z une poussée ou une traction notable.

Quand les pièces occupent les positions figures 25 et 26, A commande le remontage par l'I et les engrenages indiqués à droite de la platine H ; les pignons de la remise à l'heure, indiqués à gauche de H, sont alors débrayés, comme on le voit en figure 26. Quand on tire Z dans la position figure 28, A fait, par b', basculer B, qui, par g' et le piton g (fig. 27) fait pivoter le disque G, dont la dent G' fait, par h, basculer H, comme

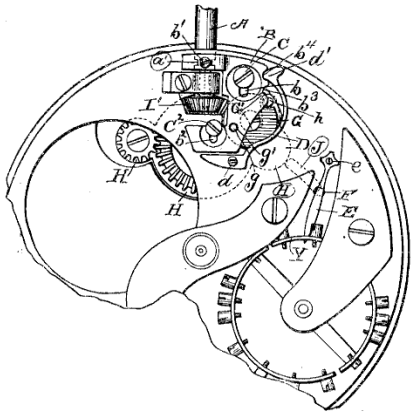


Fig. 30. — Remontoir *Thim*. Plan en dessous.

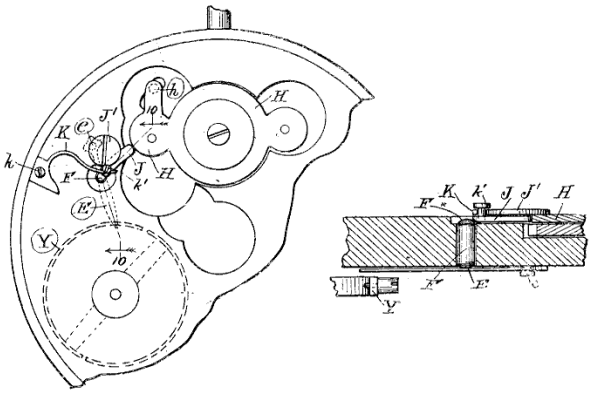


Fig 31. — Remontoir *Thim*. Plan en-dessus et détail de l'arrêt.

en figure 28, de manière à débrayer le remontage et engrener la remise à l'heure. En même temps, H fait, malgré le ressort K, pivoter autour de K' la tige J qui, passant au-dessus du bouton F (fig. 31) le repousse, et, avec lui, le ressort E, fixé en e, qui arrête ainsi le balancier Y. On maintient ainsi l'aiguille des secondes arrêtée jusqu'à ce que celle des minutes soit amenée en concordance avec elle, puis on repousse z dans sa position primitive (fig. 25), et la montre repart.

MESURE ÉLECTRIQUE DES TRÈS HAUTES PRESSIONS, D'APRÈS *A. F. Palmer* (1).

Le piézomètre de M. Palmer consiste (fig. 32) en un bloc d'acier A, de 50 millimètres de diamètre et de 180 de long, fixé au socle H H. Dans A, se trouve un tube capillaire en verre D, d'un dixième de millimètre de diamètre intérieur et de 8 centimètres de long, rempli de mercure, relié électriquement à A par un globule de mercure E, et pourvu à sa partie supérieure d'une électrode de platine soudée à un fil de cuivre F, recouvert de soie, et qui sort de l'appareil par la vis d'acier C, au travers d'un isolant. La cavité du piézomètre, remplie d'huile, est fermée par une vis d'acier B, de 15 millimètres de diamètre et de 180 de long. Le tout est enveloppé d'un bac K, rempli de glace fondante et ainsi maintenue à 0°.

Le fil F et le piézomètre A sont reliés aux extrémités du bras S (fig. 33) d'un pont de Wheatstone S.P.Q.R. à pile B, galvanomètre G et règle C.A.D.

(1) *American Journal of Science*, décembre 1898, p. 451.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Si l'on désigne maintenant par R_0 et R les résistances électriques du mercure aux pressions de zéro et P atmosphères, P est donné, jusqu'à 2000 atmosphères, par l'expression

$$P = \frac{R_0 - R}{\alpha R_0} = \frac{\beta (x_0 - x)}{\alpha R_0},$$

x et x_0 représentant les positions de A correspondant aux rétablissement de l'équilibre du pont à 0 pression et à P, β la résistance spécifique du fil F, et α un coefficient

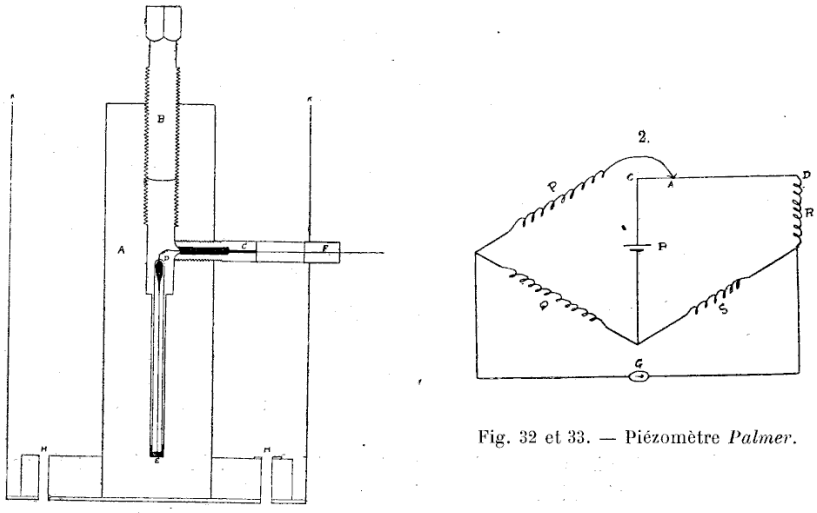


Fig. 32 et 33. — Piézomètre *Palmer*.

constant. Pendant les expériences, on laissait, après chaque mise en pression, la chaleur de compression se dissiper, de sorte que β restait sensiblement constant. On avait pour α à 0° : $\alpha = 0{,}0000\ 3237$, et R_0 tel que $\frac{\beta}{\alpha} R_0 = 4{,}09$.

d'où

$$P = 4{,}09\ (x_0 - x),$$

et comme le galvanomètre était sensible à un déplacement de A égal à $\frac{2}{10}$ d'une division de CB, on pouvait facilement mesurer P à une atmosphère près.

Une première vis B, en acier Bessemer, se rompit à 3554 atmosphères. Une seconde vis en acier Stubb recuit, puis soigneusement étamée, commença à se tordre à 3600 atmosphères, après cinq tours, et se rompit, après 7 tours 7, à 4385 atmosphères.

On voit que l'on peut facilement, avec un appareil de ce genre, et après avoir déterminé la constance α, mesurer des pressions très élevées au moyen de dispositifs qui se trouvent dans tous les laboratoires.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Machines soufflantes des forges de *Hernadthaler*, a Krompach (1).

Cette machine est (fig. 34) à deux cylindres à air de $1^m,95 \times 1^m,40$ de course, commandés directement par les tiges des deux cylindres à vapeur compound de 900 et $1^m,380 \times 1^m,40$, avec glissières intermédiaires et extrêmes pour supporter les pistons à air.

La distribution des cylindres à vapeur est du genre Corliss, avec deux excentriques,

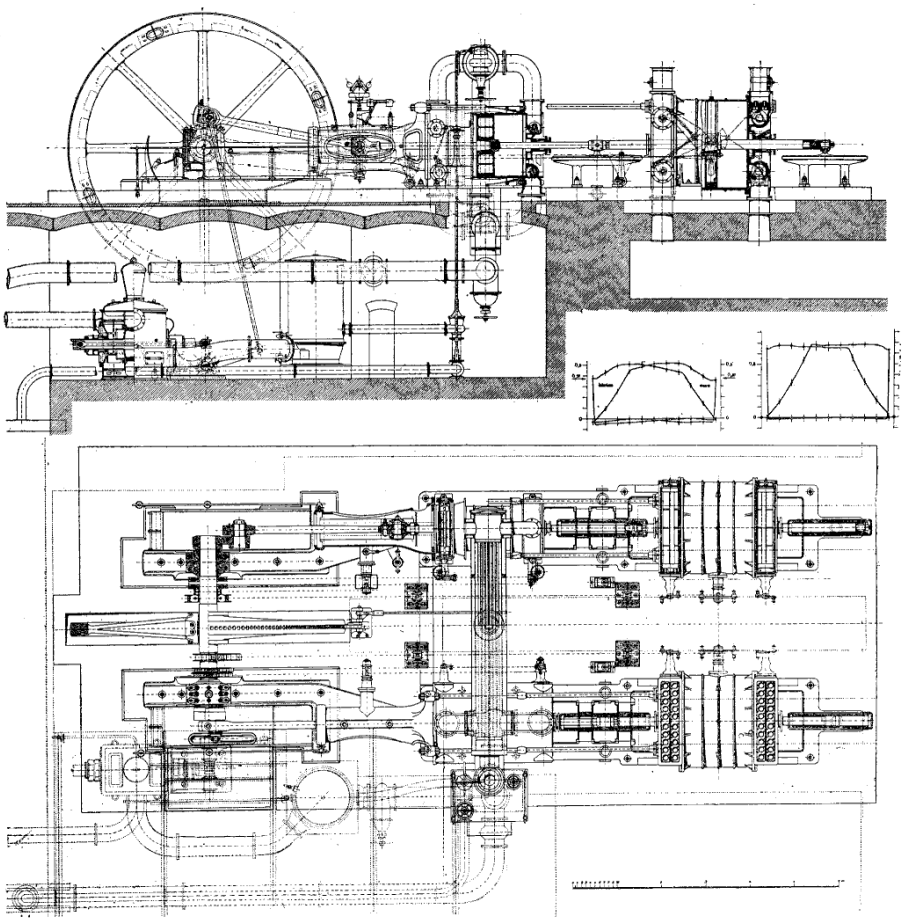


Fig. 34 à 37. — Machine soufflante de *Hernadthaler*. Élévation-plan. Diagrammes des cylindres soufflants à l'essai en marche normale.

l'un pour l'échappement, l'autre pour l'admission, pouvant donner une détente de 8 et faire varier la vitesse depuis 53 tours par minute avec un débit, par minute, de 800 mètres cubes à $0^{kg},45$ et de la vapeur à $7^{kg},5$, jusqu'à 26 tours, avec de la

(1) *Vereines Deutscher Ingenieure*, 15 octobre 1898.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

vapeur à 5. Les chemises de vapeur sont constituées par une enveloppe en acier en deux pièces rivées. Entre les deux cylindres, se trouve un rechauffeur. Le régulateur est du type Proel, à deux contrepoids, qui permettent de faire varier de dix tours par minute la vitesse de régime de la machine sans l'arrêter.

Un troisième excentrique commande les robinets à déclics de chaque cylindre à air : deux pour l'aspiration, au bas de chaque cylindre, et deux à la partie supérieure pour le refoulement : chacun des robinets de refoulement est surmonté d'une chapelle renfermant 20 clapets à ressorts (fig. 41) et guide hélicoïdal, qui les fait retomber en tournant de manière à en uniformiser l'usure.

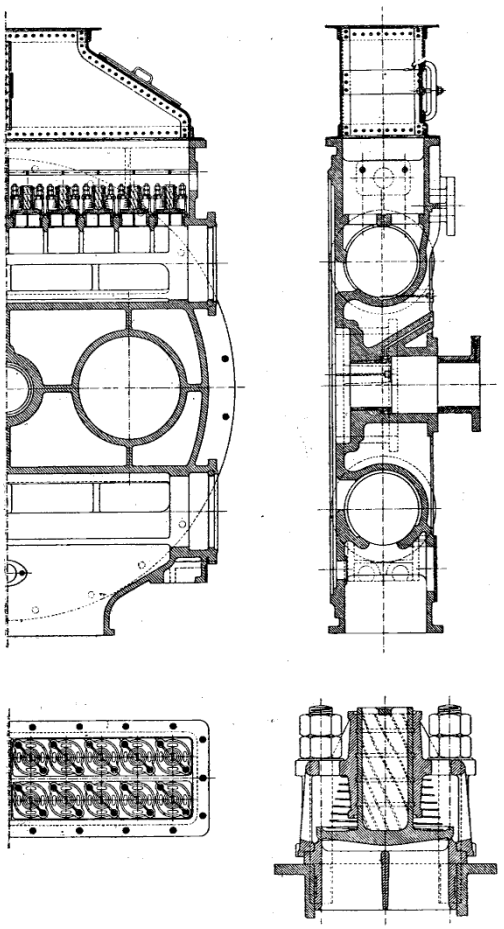


Fig. 38 à 41. — Machine soufflante de *Hernadthaler*. Détail d'un fond de cylindre soufflant.

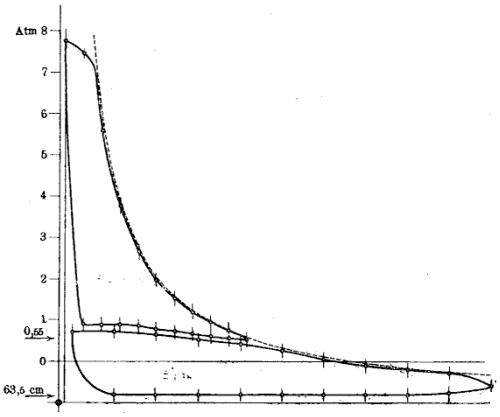


Fig. 42. — Machine soufflante de *Hernadthaler*. Diagramme des cylindres moteurs.

Les sections de passage d'air et les vitesses de l'air sont les suivantes :

		Aux robinets		Aux clapets de
		d'admission.	de refoulement.	refoulement.
Sections maxima de passage.		$0^{m2},210$	$0^{m2},18$	$0^{m2},245$
Rapport de ces sections à celle du cylindre à air. . . .		$\frac{1}{14}$	$\frac{1}{16,4}$	$\frac{1}{12}$
Vitesses de l'air en mètres par seconde.	à 33 tours, (vitesse du piston, $1^m,54$) ;	$21^m,60$	$25^m,30$	$18^m,50$
	à 53 tours, (vitesse du piston, $2^m,47$)	$34^m,60$	$40^m,50$	$29^m,60$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les essais chez le constructeur ont donné les résultats suivants : diagramme de gauche, figure 36.

Pressions moyennes au petit cylindre (fig. 42)	$2^k,05$
— au grand	$0^k,96$
— au cylindre à air	$0^k,40$
Tours par minute	$37^k,5$
Puissances indiquées au petit cylindre	305 chevaux
— au grand	333 —
— totale	638 —
Travail du cylindre à air	547 —
Rendement	85 p. 100
Dépense de vapeur par cheval-heure indiqué { totale	$6^k,93$
Dépense de vapeur par cheval-heure indiqué { non compris le réchauffeur et les enveloppes	$6^k,33$
Vide au condenseur	$63^c,5$
Température de l'eau d'injection	18° à 20°
— de l'air au refoulement	36°

Pendant ces essais, ainsi qu'on le voit sur leur diagramme (fig. 36), l'aspiration ne fut pas très régulière, et la pression augmentait pendant le refoulement à cause du faible volume du réservoir où il s'effectuait; comme le montre le diagramme de droite, figure 37, ces défauts ont disparu après l'installation définitive de la machine.

SUR L'ISOCHRONISME PRATIQUE DES RÉGULATEURS. — Note de **M. L. Lecornu** (1).

Il est évident, qu'avec un régulateur donné, agissant sur une valve donnée, on peut, en choisissant convenablement le mode de liaison, se rapprocher à volonté de l'isochronisme théorique; il suffit, pour cela, de faire en sorte que l'ouverture en grand et la fermeture de la valve correspondent à deux positions du manchon très voisines l'une de l'autre. Mais, en pratique, on doit tenir compte des résistances passives, et l'on est alors conduit à se demander jusqu'à quelle limite peut avantageusement descendre l'écartement des deux positions extrêmes. Voici comment je propose de répondre à cette question.

Soit ω la vitesse normale de l'arbre du régulateur. A l'état de régime, l'équation d'équilibre relatif est $A\omega^2 + B = 0$, A et B désignant des fonctions déterminées de la hauteur z du manchon. On peut toujours faire en sorte que, dans B, le poids du manchon figure avec un coefficient égal à l'unité. Soit F la résistance éprouvée par le manchon dans son déplacement, résistance qui change de sens avec le déplacement lui-même. Nous admettrons que cette résistance est sensiblement indépendante de z. Soit $2h$ le parcours total. Pour la position supérieure, A et B prennent de nouvelles valeurs, que nous représenterons par $A + \alpha h$, $B + \beta h$, en appelant α et β les dérivés $\frac{dA}{dz}, \frac{dB}{dz}$ et négligeant les termes qui dépendent des puissances de h supérieures à la première. Soit enfin $\omega^2(1 + \varepsilon)$ la plus grande valeur du carré de la vitesse; ε est un très petit nombre. L'équation qui donne ε est

$$(A + \alpha h)(1 + \varepsilon)\omega^2 + B + \beta h + F = 0.$$

En tenant compte de la relation $A\omega^2 = -B$ et négligeant $\alpha h\varepsilon$ en présence de αh, il vient

$$B\varepsilon = (\alpha\omega^2 + \beta)h + F.$$

(1) *Compte rendu de l'Académie des Sciences*, 12 décembre 1898.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La même équation s'appliquerait à la plus petite valeur du carré de la vitesse, ε, h et F étant simplement changés de signes.

La résistance F se compose de deux parties : l'une F_1, due au régulateur lui-même, est indépendante de la course $2h$; l'autre, F_2, provenant de la valve, peut être considérée comme égale à $\frac{T}{h}$, 2 T désignant le travail nécessaire pour faire passer la valve de l'ouverture complète à la fermeture. Nous écrirons donc

$$B\varepsilon = (\alpha\omega^2 + \beta)\, h\, F_1 + \frac{T}{h}.$$

Puisque nous voulons rendre ε le plus petit possible, il faut choisir h de manière à avoir un minimum de la somme $(\alpha\omega^2 + \beta)\, h + \frac{T}{h}$, ce qui donne $h^2 = \frac{T}{\alpha\omega^2 + \beta}$.

Ce résultat est susceptible d'une interprétation assez simple. Si, en effet, laissant constante la vitesse de rotation ω, on oblige, avec la main, le manchon à se relever d'une hauteur h, il faut, pour qu'il reste en équilibre dans cette position, sans tendance à monter ou à descendre, exercer sur lui un effort X, déterminé par l'équation $(A + \alpha h)\,\omega^2 + B + \beta h = X$, d'où $X = (\alpha\omega^2 + \beta)\, h$. La condition de minimum revient donc à poser $X = \frac{T}{h}$, c'est-à-dire $X = F^2$.

D'après cela :

Pour que l'écart entre les vitesses extrêmes admises par le régulateur soit le plus petit possible, il faut que, le manchon étant amené à bout de course, sans changement de la vitesse de rotation, l'effort de rappel exercé sur lui par les forces directement appliquées (pesanteur, tension des ressorts, etc.), composées avec la force centrifuge, fasse équilibre à la résistance de la valve.

Le binome $S = \alpha\omega^2 + \beta$, qui mesure le rapport entre la force de rappel X et le déplacement correspondant, peut être nommé le *coefficient de stabilité* du régulateur. La formule $h^2 = \frac{T}{S}$ conduit alors à cet autre énoncé :

Quand l'isochronisme pratique est rendu aussi parfait que possible, le carré de la demi-course du manchon est égal au travail T, *nécessaire pour produire le demi-déplacement de la valve, divisé par le coefficient de stabilité.*

Cette condition étant remplie, on a $\varepsilon = \frac{F_1 + 2\sqrt{ST}}{B}$. Tel est le degré d'isochronisme qu'il est impossible de dépasser. Pour un régulateur théoriquement isochrome, S est nul et ε se réduit à $\frac{F_1}{B}$: le maximum d'isochronisme est donc, en pareil cas, indépendant de la résistance de la valve. Mais ce maximum ne peut être réalisé, car il exigerait une course de manchon infinie. Au lieu de prendre pour S une valeur nulle ou trop faible, qui exposerait à de continuelles oscillations, on doit réduire les valeurs de F et T, lesquelles dépendent des résistances passives, et augmenter, dans la mesure du possible, le dénominateur B, qui mesure la puissance du régulateur.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

PROCÈS-VERBAUX

Séance du 25 novembre 1898.

Présidence de *M. A. Carnot*, président.

Correspondance. — *M. E. Collignon*, secrétaire, dépouille la correspondance.

M. le capitaine Gages, à Nice, envoie, pour concourir au prix concernant une publication utile à l'Industrie chimique ou à la métallurgie, son *Traité de la métallurgie du fer*.

M. Chardonnet, rue Henri-Martin, 8, à Boulogne-sur-Seine, présente un *frein pour tramways*. (Arts mécaniques.)

M. Pouillot, rue des Messageries, 14, présente à la Société un nouveau *procédé de traction*. (Arts mécaniques.)

M. Rouillié, route de Versailles, 93, demande le concours de la Société pour un *brûleur à pétrole*. (Arts mécaniques.)

M. Guillon, ingénieur des Arts et Manufactures, 3, avenue Reille, présente un système de *joints pour tuyaux* métalliques ou céramiques, destiné spécialement au tout à l'égout. (Constructions et Beaux-Arts.)

M. l'abbé L. Dantec, rue de Vaugirard, 233, présente, pour concourir au *prix de la navigation aérienne*, un mémoire sur des expériences exécutées au Conservatoire des Arts et Métiers.

Correspondance imprimée. — *M. Collignon* présente au Conseil, avec remerciements aux donateurs, les ouvrages mentionnés à la page 1571 du *Bulletin* de novembre.

Conférence. — *M. G. Richard* fait une conférence sur la *Machine-Outil moderne*. *M. le Président* remercie *M. G. Richard* de sa conférence, qui sera reproduite au *Bulletin*.

Séance du 9 décembre 1898.

Présidence de *M. A. Carnot*, président.

M. le Président fait part au Conseil de la perte particulièrement douloureuse qu'il vient d'éprouver en la personne de *M. Schlemmer*, membre du Comité des Constructions et Beaux-Arts.

Il donne connaissance au Conseil d'une lettre de *M. Gilbert*, fabricant de crayons à Givet, déclarant qu'il lègue à la Société une somme de 20 000 francs, affranchie de tous droits de succession, pour être employée à encourager l'industrie française. M. le Président remercie vivement, au nom du Conseil, M. Gilbert de sa généreuse libéralité.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Il remercie également *M. Canet*, qui vient de s'inscrire comme *membre perpétuel donateur*.

CORRESPONDANCE. — *M. J. Maillet*, chimiste, rue Monsigny, 13, présente un pli cacheté sur un nouveau procédé *d'extraction des huiles essentielles et résines des fleurs*.

M. Vogt, directeur des travaux à la manufacture de Sèvres, présente, de la part de l'auteur, l'ouvrage de *M. Larchevêque*, sur la *Fabrication industrielle de la porcelaine dure*. (Arts Chimiques.)

CORRESPONDANCE IMPRIMÉE. — *M. Collignon* présente au Conseil, avec remerciements aux donateurs, les ouvrages mentionnés à la page 1667 du présent *Bulletin*.

NOMINATIONS DE MEMBRES DU CONSEIL. — Sont nommés :

Membre du Comité des Arts mécaniques, M. MASSON, sous-directeur du Conservatoire des Arts et Métiers;

Membre du Comité des Arts chimiques, M. MOISSAN, membre de l'Institut.

NOMINATIONS DE MEMBRES DE LA SOCIÉTÉ. — Sont nommés membres de la Société :

M. H. Cheguillaume, ingénieur des ponts et chaussées, à Nantes, présenté par *MM. H. et L. Le Chatelier;*

M. O. Lefèvre, constructeur, à Saint-Quentin, présenté par *M. G. Richard*.

RAPPORTS DES COMITÉS

Sont lus et approuvés les rapports de :

M. E. Polonceau, au nom du Comité des Arts mécaniques, sur *les fusils de chasse de M. Nouvelle*. (Voir p. 1581 du présent *Bulletin*.)

M. Imbs, au nom du Comité des Arts mécaniques, sur les *Tendeurs dynamométriques pour courroies* de *M. L. Simon* (p. 1586).

M. Livache, au nom du Comité des Arts chimiques, sur le *Procédé de vulcanisation au soufre* de *MM. Bapst et Hamet* (p. 1591).

M. H. Rouart, au nom du Comité des Arts économiques, sur le *fumivore brise-vent* du commandant *Perrinon* (1589).

COMMUNICATIONS

M. H. Le Chatelier, membre du Conseil, fait une communication sur un *Appareil pour l'essai rapide des fumées*

M. Gréhant fait une communication sur les *Recherches sur la combustion du gaz d'éclairage et du formène*.

M. le Président remercie vivement *MM. Le Chatelier* et *Gréhant* de leurs intéressantes communications, qui seront insérées au *Bulletin*.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

LIVRES ET OUVRAGES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE

EN DÉCEMBRE 1898

De l'Encyclopédie Léauté, Paris, Gauthier-Villars. **Résistance des matériaux**, par M. P. Laurent.

De M. G. E. Svedelius. **Anomalies thermiques et de dilatation des fers et aciers et leur recalescence**, 1 broch. en suédois.

De la Chambre de Commerce de Marseille. **Compte rendu de la Situation commerciale et industrielle de la circonscription de Marseille** pendant l'année 1897, 1 vol. in-8, 288 p. Imprimerie Marseillaise.

Bulletin de la Société libre d'Émulation de la Seine-Inférieure, 1 vol. in-8, 460 p. Rouen, imprimerie Cagnard.

De MM. Gruner et Fuster. **Aperçu historique sur les Syndicats de vente des Combustibles dans le bassin Rhénan-Westphalien,** 1 broch. in-8, 85 p. Au Comité central des Houillères de France, rue de Châteaudun, 55.

Annuaire du Bureau des Longitudes pour 1899. Paris, Gauthiers-Villars.

Institution of Civil Engineers London. Proceedings. Vol. CXXXIV. — Principaux mémoires : *H. Fowler*, le Carbure de calcium et l'acétylène ; *W. Stoney*, Inondations dans l'Inde et destructions des voies ferrées; *Preece*, Distributions électriques de Londres; *J.-H. Bartlett*, Transport des charbons sur l'Ohio et le bas Mississipi; *C. H. Goodfrey*, Effets de la gelée sur le ciment de Portland.

De la Petite Encyclopédie pratique de Chimie industrielle (Paris, Bernard). **Farines** et **Fécules**, et **Bières, Cidre, Poiré.**

Ateliers de Glatigny, *Études et Notes*, n° 1, 1 broch. in-8, Versailles, imprimerie Cerf.

La Mission Lyonnaise d'exploration commerciale en Chine (1895-1897). 1 vol. in-4, 480 p., chez A. Rey et Cie, Lyon.

Des actualités scientifiques. **Les recettes des distillateurs**, par M. E. Fierz, 1 vol. in-8, 150 p. Paris, Gauthier-Villars.

Annuaire de l'Observatoire de Montsouris pour 1899. Paris, Gauthier-Villars.

Cours de dessin industriel, par MM. Chevrier et Delattre, in-8, 145 p. Paris, G. Cornely, 35 *bis*, rue de Fleurus.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

LITTÉRATURE

DES

PÉRIODIQUES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE DE LA SOCIÉTÉ

Du 15 Novembre au 15 Décembre 1898

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.
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).
La . . . . La Locomotion automobile.
Ln. . . . . La Nature.
Ms. . . . . Moniteur scientifique.
Mc . . . . Revue générale des matières colorantes.
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.).
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 reservés au Cnam et à ses partenaires

AGRICULTURE

Arbres fruitiers (Fumure des). (Grandeau). *Ap.* 24 *Nov.*, 8 *Déc.*, 733, 810.

Betteraves de distillerie dans la Haute-Saône *Ag.* 26 *Nov.*, 849.

— à sucre (Expériences sur les). (Desprez). *Ag.* 3 *Déc.*, 910.

Blé. Production en France, de 1878 à 1898. *Ag.* 26 *Nov.*, 860.

— Champignon destructeur des feuilles de blé (Mangin). *Ap.* 1er *Déc.*, 782.

Engrais. Utilisation, par les plantes, de l'acide phosphorique dissous dans les eaux du sol (Schlœsing). *CR.* 21 *Nov.*, 820.

— Phosphate noir des Pyrénées (Levat). *CR.* 21 *Nov.*, 834.

— Alinite, et conditions de son action dans le sol (Grandeau). *Ap.* 1er *Déc.*, 774.

— Nouveaux engrais phosphatés (Schribaux). *Ap.* 1er *Déc.*, 778.

— Industrie des engrais, situation actuelle (Smetham). *Cs.* 30 *Nov.*, 980.

— Lait. Stérilisation. Kuhn. *Ap.*, 8 *Déc.*, 819.

Gruyère (Industrie des), en France. *Ag.* 10 *Déc.*, 934.

Machines agricoles. Charrues à siège, essais à Coupvray. *Ag.* 19 *Nov.*, 808.

— — à l'exposition de Smithfield. *E.* 9 *Déc.*, 748, 751.

— — Influence sur le prix des produits. *Ap.* 24 *Nov.*, 742.

Maïs. Culture dans l'Est et le Nord de la France. *Ag.* 3 *Déc.*, 901.

Mouche Tsétsé (La). *RsL.* 19 *Nov.*, 100.

Pommes de terre (Conservation des). *Ag.* 26 *Nov.*, 862.

Semences (Sulfatage des). (Mangin). *Ap.* 8 *Déc.*, 816.

Vigne. Plantation et palissage. *Ap.* 1er *Déc.*, 789.

— — Bouillies cupriques nouvelles pour le black-root (Perraud). *CR.* 5 *Déc.*, 978. Moyen pour augmenter leur adhérence (Perraud). *CR.* 28 *Nov.*, 876.

CHEMINS DE FER

Chemins de fer de Chine, *ZOI.* 18 *Nov.*, 661. *AM. Déc.*, 339.

— central. London. *E'.* 18 *Nov.*, 490.

Chemins de fer. Waterloo and City. *Rgc. Déc.*, 433.

— de montagne en Suisse. *Gc.* 10 *Déc.*, 90.

— *électriques* Zermait-Gonnergrat. *Ln.* 3 *Déc.*, 1.

Bandages. Attache Honigsvald, *ZOI.* 9 *Déc.*, 719.

Démarrages, arrêts et ralentissement des trains, (temps nécessaire pour les). (Desdouits). *Rgc. Déc.*, 397.

Freins. Accouplements automatiques. *RM. Nov.*, 551.

— Kinyon. *RM. Nov.*, 552.

Gare de l'Orléans quai d'Orsay. *Gc.* 19 *Nov.*, 33.

— de la Harlem Transfer Co New York. *Rt.* 25 *Nov.*, 520.

Indicateur de route Wallace. *RM. Nov.*, 552.

Locomotives au pétrole de l'Arlberg. *E'.* 18 *Nov.*, 492.

— Compound de l'État prussien. *E.* 125. *Nov.*, 680.

— Consolidation de l'Union. *Ry. RM. Nov.*, 548.

— à six roues couplées du Great Northern. *RM. Nov.*, 547.

— à chaudière Docteur. *Ru. Nov.*, 117.

— Accumulateur de chaleur Kouzneroff. *RM. Nov.*, 550.

— Échappement auxiliaire Aspinall. *RM. Nov.*, 549.

— Changement de marche mixte Guedon, pour locomotives de gare et tramways à vapeur. *Rgc. Déc.*, 416.

Tampons. Eyre. *RM. Nov.*, 551.

Vitesse des trains. Chemin de fer du Nord. *E'.* 18 *Nov.*, 487.

Wagons de manœuvre du Pennsylvania R. *RM. Nov.*, 551.

— fermé de 27 tonnes du Chicago Rock Island. *Ry. RM. Nov*, 553.

TRANSPORTS DIVERS

Automobiles. Concours de Liverpool. *E.* 2 *Déc.*, 723 ; *E'.* 2 *Déc.*, 540.

— Les transmissions *Ri.* 10 *Déc.*, 498.

— Bandages divers. *La.* 8 *Déc.*, 769.

— *Électriques.* Compagnie française des voitures électro-mobiles. *La.* 17 *Nov.*, 717.

— — Concours d'accumulateurs. *Ie.* 10 *Déc.*, 521.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Automobiles. *Électriques*. Riker. *EE* 26. *Nov.*, 341.
— — à New-Yorck. *Gc.* 10 *Déc.*, 84.
— *à pétrole*. Tricycle Reneaux. *La.* 17 *Nov.*, 724.
— — De Dion, Bollée, Roots et Venables, Bergman et Volner, Hertel, Fessard, Gladiator, Maxim, Van Duren. *RM. Nov.*, 509.
— *à vapeur* Serpolet. *Ci.* 3 *Déc.*, 482.
— — Martyn. *C.* 3 *Déc.*, 546.
— — Cross. *RM. Nov.*, 533.
Rues de Londres (Trafic des). *E.* 18 *Nov.*, 654.
Tramways *électriques* (Dépenses d'exploitation des). *E'.* 18 *Nov.*, 655.
— — d'énergie. *Ie.* 20 *Déc.*, 525.
— — Bastille-Charenton. *Rt.* 25 *Nov.*, 505.
— — Elbeuf. *Elé.* 3 *Déé.*, 366.
— — à contacts Maxham. *Elé.* 10 *Déc.*, 379.
— — et à câbles à New-York. Comparaison des recettes et dépenses. *EE.* 26 *Nov.*, 356.
Vélocipédie. Pneumatiques Cottrell. *E'.* 18 *Nov.*, 504. Dunlop. *Id.* 25 *Nov.*, 514.
— Exposition Stanley. *E.* 25 *Nov.*, 675, 690.
— Nationale, 2 *Déc.*, 707.
— Direction des vélos Mac Caw. *E'.* 10 *Déc.*, 557.
— Équilibre des vélos (Boussinesq). *CR.* 5 *Déc.*, 895.
— Histoire des vélocipèdes. *Bulletin Société d'Encouragement de Berlin. Nov.*, 415.

CHIMIE ET PHYSIQUE

Acoustique. Vitesse du son dans l'air (Violle). *CR.* 5 *Déc.*, 904.
Alcools. Épuration par le charbon (Gladenapp). *Ms. Déc.*, 880.
— Méthylique. Nouvelle méthode de recherche (Trillat). *ScP.* 5 *Déc.*, 984.
Amides et dérivés des aldéhydes (Delepine). *ACP. Déc.*, 469.
Asphaltes et bitumes (Peckham). *Cs.* 30 *Nov.*, 1003.
Bauxites. Analyse au point de vue de la fabrication de l'alun (Philips et Hancock). *Ms. Déc.*, 860.
Brasserie. Influence du brassage sur la composition des moûts (Jalowetz et Hubert). *Ms. Déc.*, 886.
— Diastase, préparation, destruction pendant la fermentation. *Cs.* 30 *Nov.*, 1063.
— Divers. *Cs.* 30 *Nov.*, 1062.
Calorie. Équivalent mécanique (Leduc). *CR.* 28 *Nov.*, 860.
Carbures alcalins et alcalino-terreux (formation des). (Moissan). *ScP.* 20 *Nov.*, 865.
Cellulose (La) (Cross et Bevan). *MC.* 1er *Déc.*, 433.
Charbons d'Écosse, propriétés chimiques (Anderson et Roberts). *Cs.* 30 *Nov.*, 1013.
— (de la Clyde) (Anderson). *Id.*, 1027.
Chaux et ciments. Divers. *Cs.* 30 *Nov.*, 1046, 1048.
— Histoire de l'industrie du Portland en Amérique. *Fi. Nov.*, 324.
— Hydroxyde de calcium dans le mortier de ciment Portland durci. *Le Ciment, Nov.*, 175.
— Machine pour fabriquer les tuyaux de ciment à tissu métallique Wayss. *Le Ciment, Nov.*, 261.
— Industrie du ciment de Portland dans le monde, *Le Ciment. Nov.*, 262.
Chlorate basique de cuivre cristallisé (Bourgeois). *ScP.*
Corps gras (Points de fusion des). *Cs.* 30 *Nov.*, 988.
— (Constante de réfraction dans l'analyse des). (Procter). *Cs.* 30 *Nov.*, 1021.
— Divers. *Cs.* 30 *Nov.*, 1055.
Égouts. Traitement bactériologique. *E.* 9 *Déc.*, 749.
Energie mécanique. Son rôle dans les transformations de la matière (Ditte). *Rs.* 26 *Nov.*, 673.
Enseignement de la chimie (Sansone). *MC.* 1er *Déc.*, 468.
Essences diverses. *Cs.* 30 *Nov.*, 1068.
— de Lemon-Grass (Strehl). *ScP.* 5 *Déc.*, 959.
Étain. Action de l'acide azotique en présence des métaux du groupe du fer (Van Leent). *Ms. Déc.*, 866.
Éthers phosphoriques de l'alcool méthylique (Cavalier). *ScP.* 20 *Nov.*, 883.
— carboniques mixtes du gaiacol (Morel). *Id.* 890.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Explosifs et poudres sans fumée à la guerre (Maxim). *Fi. Nov.*, 375.
— Divers. *Cs.* 30 *Nov.*, 1072.
Ferment digitalique (Bissemoret et Joanne). *Pc.* 1er *Déc.*, 481.
Gaz d'éclairage. Analyse des manchons à incandescence.
— Scrubbers Kirkham et Chandler. *E.* 18 *Nov.*, 667.
— Allumeurs chimiques. *Bulletin de la Société d'Encouragement de Berlin, Nov.*, 207.
— *Acétylène*. Divers. *Cs.* 30 *Nov.*, 1030. Gazogènes Henriquez. *E.* 18 *Nov.*; 667. Deroy. *Ag.* 19 *Nov.*, 821. Grubb. *E.* 21 *Nov.*, 699. Exley. *E'.* 2 *Déc.*, 547. Mac Conechy. *E.* 10 *Déc.*, 765. Action sur les métaux ammoniums (Moissan). *CR.* 5 *Déc.*, 911. Industrie du carbure de calcium. *E.* 9 *Déc.* 753.
Glucose. Dosage par la méthode Lehmann.
— *ScP.* 20 *Nov.*, 926.
Huiles comestibles indiennes (caractères des). *Cs.* 30 *Nov.*, 989.
Industries chimiques à l'Exposition de Genève. 1896 (Revedin). *Mr.* 1er *Déc.*, 446; *Ms. Déc.*, 841.
Iodoforme. Préparation électrolytique. *Elbs. CN.* 25 *Nov.*, 257.
Ionone provenant de l'essence de lemon-grass (Tiemann). *ScP.* 29 *Nov.*, 893.
Hydrogène (Déplacement des métaux par l'). (Colson). *CR.* 5 *Déc.*, 961.
Laboratoire. Divers. *Cs.* 30 *Nov.*, 1072.
— Séparation et dosage du plomb par voie électrolytique dans ses alliages (Hollard). *ScP.* 20 *Nov.*, 911.
— Titrage de l'acide sulfurique combiné (Max Reuter). *Ms. Déc.*, 870.
— Dosage calorimétrique de la silice dans l'eau (Jottis et F. Neinath). *Ms. Déc.*, 871.
— Application de l'iode à l'analyse des alcalis et des acides (Walker et Gutespie). *American Journal of Science. Déc.*, 455.
— Dosage volumétrique de l'acide chromique (Copeaux). *CR.* 14 *Nov.*, 756.
— — de l'acide borique (Vaudam). *CN.* 2 *Déc.*, 271.
— (Notes de) (Jervis). *CN.*, 25 *Nov.*, 257.
— Ferrocyanures de potassium comme réactifs (Meldrum). *CN.* 2 *Déc.*, 269.
Optique. Énergie lumineuse et chimique (Berthelot). *CR.* 21 *Nov.*, 795.
— Les grands télescopes (Hale). *Rs.* 3 *Déc.*, 713.
— *Rayon X. CN.* 9 *Déc.*, 281.
Oxygène et éléments halogènes. Relation entre les énergies lumineuses et chimiques et les déplacements entre l'oxygène et les éléments halogènes (Berthelot). *CR.* 21 *Nov.*, 795.
Papier. Fabrication du. *Dp.* 19, 26 *Nov.*, 133. 147, 2, 10 *Déc.*, 173, 189.
Pétrole. Divers. *Cs.* 30 *Nov.*, 1035. Lignite américain soluble dans la benzine, (*cd*) 985.
Platine. Sels complexes. Oxalates et chlorures (Vères). *ScC.* 20 *Nov.*, 875.
Plâtre. Fabrication au Kansas. *Eam.* 12 *Nov.*, 576.
Résines et vernis. Divers. *Cs.* 30 *Nov.*, 1057.
Revue annuelle de Chimie. (Etard). *Rgds.* 30 *Nov.*, 856.
Ruthénium. Titroxyde (explosion des) (Howe). *CN.* 2 *Déc.*, 269.
Sucrerie. Divers. *Cs.* 30 *Nov.*, 1060.
Tannerie. Divers. *Cs.* 30 *Nov.*, 1059.
— Dosage du tanin (Vignon). *ScP.* 20 *Nov.*, 923.
— Action des ferments (Wood). *Cs.* 30 *Nov.*, 1010.
Tartre. Dérivés tartriques et raffinés des vins (Fabre). *Ms. Déc.*, 852.
Teinture. Divers. *Cs.* 30 *Nov.*, 1037, 1041.
— Essais des extraits de campêche. *SiM. Août*, 257.
— Réserves sur rouge du nitrosamine et sel d'indigo de Kalle imprimés simultanément (Grosheinter). *ScM. Août*, 271, 272. Noirs pour feutres. *Cs.* 30 *Nov.*, 1042.
— Action de la lumière sur les couleurs (Sheurer et Brylinski). *SiM. Août*, 273.
— Indigo et indigotine fixés sur tissu. Dosage par le procédé d'extraction à l'acide acétique (Scheurer et Bylinski). *SiM. Août*, 284, 287. Indigotine artificielle. (Blondel). *MC.* 1er *Déc.*, 456.
— A l'Exposition de Genève (1896). *MC.* 1er *Déc.*, 449.
— Matières colorantes et microbes (Nicolle). *MC.* 1er *Déc.*, 454. Cochenille (Liebermann). *Cs.* 30 *Nov.*, 1037.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Teinture. Couleurs oxoriniques. Formation directe sur la fibre. *MC.* 1er *Déc.*, 46.
Terres rares. Oxydes condensés des (Wyrouboff et Verneuil). *CR.* 28 *Nov.*, 863.
Tours à réactions. Billes Guttmann. *Cs.* 30 *Nov.*, 994.

COMMERCE ET ÉCONOMIE POLITIQUE

Aer (l'). Sahara. *Cf.* 19 *Nov.*, 681.
Aliénation et alcoolisme de 1866 à 1896. *Ef.* 19 *Nov.*, 680.
Bimétallisme et chronologie de l'or. *Ru. Nov.*, 199.
Brevets anglais et les inventeurs étrangers. *Ri.* 19 *Nov.*, 467. Loi allemande. *VDI.* 26 *Nov.*, 1313.
Budget de 1889. Pillage officiel. *Ef.* 19 *Nov.*, 677.
Chili. État financier. *USR. Nov.*, 321.
Cine. Nouvelles conditions du commerce. *USR., Nov.*, 443.
Concurrence allemande en Amérique. *E'.* 18 *Nov.*, 499.
Écoles pratiques d'industrie. (Soubeiran). *Rs.* 3 *Déc.*, 705.
États-Unis. Expansion commerciale. *E.* 25 *Nov.*, 685. Problème colonial aux. *Ef.* 3 *Déc.*, 151.
— Causes du développement de l'industrie. *ZOI.* 9 *Déc.*, 709.
France. Mouvement de la population. *Ef.* 10 *Déc.*, 781.
Impôt Peytral sur les revenus. *Rso.* 1er *Déc.*, 799.
Industrie lainière en France. Ef. 10 *Déc.*, 786.
Java. Concurrence des races. La question chinoise. *Rgds.* 30 *Nov.*, 845.
Marine marchande française. Sa décadence. *Rso.* 1er *Déc.*, 833.
Métallurgie. Situation et progrès. *Ef.* 26 *Nov.*, 715.
— Nouveaux pays producteurs. Russie, Autriche... *Ef.* 3 *Déc.*, 747.
Mexique. Sud. Ressources naturelles. *USR. Nov.*, 422.
Navigation intérieure en 1897. *Cf.* 19 *Nov.*, 687.
Sociétés de secours mutuels. Loi (Discussion de la) *Musée Social.* N° 20. B., et les accidents du travail. *Ef.* 10 *Déc.*, 783.

CONSTRUCTIONS ET TRAVAUX PUBLICS

Chauffage au gaz et son application. Théorie du (G. Kern). *SM. Août*, 215.
Ciment armé. (Constructions en) (G. Lavergne). *Gc.* 19, 26 *Nov.*, 40, 57; 3, 10 *Déc.*, 71, 87 (Pavin Lafarge). *Le Ciment. Nov.*, 161.
Dome d'Observatoire, Cook. *E.* 3 *Déc.*, 725.
École supérieure du Commerce à Paris. Gc. 10 *Déc.*, 725.
Incendies en Europe (Sachs). *E.* 18 *Nov.*, 639.
Métal déployé (Le) *Le Ciment. Nov.*, 173.
Ponts. De Kornhaus, à Berne. *VDI.* 19 *Vov.*, 1290. *Gc.* 26 *Nov.*, 49. 3 *Déc.* 65.
— Alexandre III, Paris. Construction des culées. *Gc.* 19 *Nov.*, 36.
— suspendus anciens et modernes (Lindintahl) *EM. Déc.*, 359.
— tournant de la rivière Harlem. *E.* 9 *Déc.*, 743.
Poussées des terres (Macouchy) *E.* 18 *Nov.*, 641.

ÉLECTRICITÉ

Accumulateurs Fulmen. *EE.* 19 *Nov.*, 313. pour tramways. *EE.* 3 *Déc.*, 407. *Ie.* 10 *Déc.*, 525.
Aimants. Expériences reproduisant les propriétés des aimants au moyen de combinaisons tourbillonnaires (Weyher). *CR.* 21 *Nov.*, 811.
Canalisations aériennes Fortis à haute tension. *EE.* 26 *Nov.*, 351.
— à haute tension. *E'.* 2 *Déc.*, 531.
Conjoncteur-disjoncteur Guencé. *EE.* 19 *Nov.*, 329.
Disjoncteur électromagnétique à mercure. Tudor. *EE.* 10 *Déc.*, 447.
Distribution par courants alternatifs (Leblanc). *EE.* 10 *Déc.*, 425; *Sie. Nov.*, 416.
Dynamos. Démarrage et régulation (Guilbert). *EE.* 19 *Nov.*, 301.
— Machines à courant alternatif. « Commutatrices » (Miot). *Elé.* 3 *Déc.*, 363.
— Moteurs à champ tournant (Hanappe). *EE.* 26 *Nov.*, 345; 3 *Déc.*, 399.
— Machines d'induction employées comme génératrices ou réceptrices de courants alternatifs (Leblanc). *CR.* 21 *Nov.*, 813.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Dynamos. *Alternateurs*. Étude graphique (Hanappe). *Ru. Nov.*, 127.
— — Asynchrones à champ tournant. Essais (Rohr). *EE.* 10 *Déc.*, 448.
Éclairage. *Arc* renfermé. Étude photométrique *EE.* 26 *Nov.*, 365.
— — projecteur. Shuckert. *E.* 3 *Déc.*, 704.
Électro-chimie. Divers. *Cs.* 30 *Nov.*, 1053; *Dp.* 10 *Déc.*, 194.
— Tungstène cristallisé par électrolyse (Hallopeau). *CR.* 14 *Nov.*, 755.
— Travaux de la Société allemande (Muller). *EE.* 19 *Nov.*, 310, 3 *Déc.*, 403; 10 *Déc.*, 422.
— Raffinage du cuivre. *Ie.* 25 *Nov.*, 499.
— Galvanisation Cowper Coles. *EE.* 3 *Déc.*, 413.
— Électrolyse du chlorure de zinc en dépôts compacts. *EE.* 3 *Déc.*, 414.
Isolants. Influence de l'échauffement et de l'humidité (Letheule). *EE.* 10 *Déc.*, 439.
Mesures. (Les) appareils de (Armagnat). *EE. Déc.*, 385.
— Compteurs Schattner. *E.* 18 *Nov.*, 667,
— — pour courants alternatifs. Compensation des frottements. *EE.* 19 *Nov.*, 330.
— Ampèremètre-balance Ayrton et Jones. *EE.* 26 *Nov.*, 370.
— Mesure des hautes tensions (Paukert). *EE.* 19 *Nov.*, 332.
— Phasimètre Bruger. *Elé.* 26 *Nov.*, 347.
Parafoudre Garton. *EE.* 26 Nov., 363.
Tarification de l'énergie électrique (Pélissier). *Sie. Nov.*, 39.
Télégraphie sous-marine. (Extension de la) (Bright). *EM., Déc.*, 417.
Transformateurs rotatifs (S. P. Thompson). *E.* 18, 25 *Nov.*, 661, 695; 3 *Déc.*, 719.
Transports de force à grande distance (Forbes). *SA.* 25 *Nov.*, 25. Mechanicville-Schemetadj. *EE.* 10 *Déc.*, 432.

HYDRAULIQUE

Filtres. Divers. *Dp.* 10 *Déc.*, 181.
— Schuler. *Ri.* 19 *Nov.*, 465.
— des eaux potables Cottrell. *E.* 25 *Nov.*, 671.
Pompes Centrifuges (Masse). *RM. Nov.*, 493.
— Riedler à haute pression. *RM. Nov.*, 555.
— a air comprimé Harris. *RM. Nov.*, 554.
— actionnées par l'électricité (Bunnell). *EM. Déc.*, 429.
Roue Pelton de 9m,13. *RM. Nov.* 554.

MARINE, NAVIGATION

Canal de Riga à Kherson. *Rt.* 25 *Nov.* 512.
Constructions navales. Chantiers anglais. *Rmc. Oct.*, 58.
— Frottement des carènes et résistance de rencontre. *Rmc. Oct.*, 116.
— Ateliers du Creusot à Châlons. *E.* 25 *Nov.*, 693.
— Emploi de l'acier (Riley). *EM. Déc.*, 374.
— Dégradation des navires en fer et en acier. (Thearle.) *E'* 9 *Déc.* 564.
Collisions en mer et sauvetage (Banaré). *RS.* 10 *Dec.* 747.
Dock de Barry. *E'*. 2 *Déc.* 536.
Danube. (Régularisation du) aux Portes de Fer. *VDI.* 10 *Déc.*, 1373.
Estuaires. Dragage par succion (Wheeler). *E'*. *Dec.*, 551.
Gouvernail Brown. *RM. Nov.*, 561.
Hélices (Les). *E'* 9 *Déc.*, 570.
Machines marines du cuirassé *Charles-Martel*, 745. Box. *RM. Nov.*, 563.
— Régulateur d'emballement Berhant. *Rmc. Oct.*, 16.
— Machines à balancier des navires à roues américains. *E'*. 25 *Nov.*, 516.
— Appareils auxiliaires (Joubert). *Bam. Nov.*, 1033.
Marine de guerre anglaise. *Rmc. Oct.*, 125; *Nov.*, 312. Cuirassé *Formidable*. *E'*. 18 *Nov.*, 496. *Diadem*. *Rmc. Nov.*, 262.
— américaine. *Rmc. Nov.*, 326.
— allemande. *Rmc. Oct.*, 131; *Nov.*, 321.
— russe. *Id.* 137, *Nov.*, 325.
— Sous-marin Holland. *Lu.* 19 *Nov.*, 385.
— Combat de Cavite. *Rmc.*, *Nov.*, 177.
— Blindages, plaques Beardmore. *E'*. 25 *Nov.*, 524; Betlehem-Krupp. *E'*. 2 *Déc.*, 537.
— Géométrie de la tactique navale (Vidal.) *Rmc. Oct.*, 5.
— Torpille Whitehead. *E.* 3 *Déc.*, 731.
— Torpilleurs américains. *E'*, 9 *Déc.*, 561.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Navires à roues, américains. E'. 10 *Déc.*, 57.
Navigation électrique sur les canaux. (Allen.) *E.* 3 *Déc.*, 728.
Pêches maritimes diverses. *Rmc. Oct.*, 145; *Nov.*, 337.
Signaux. (Nouveau principe des) (Rouanet). *Rmc. Oct.*, 53.

MÉCANIQUE GÉNÉRALE

Bascule Fairbanks pour laminoirs. *RM. Nov.*, 569.
Chaudières. Combustion dans les foyers industriels (Damour). *Actualités chimiques. Juillet*, 205.
— Nouveau mode de combustion Schlicht. *Fi. Nov.*, 357.
— *à tubes d'eau* (Combustion dans les) (Weir). *Es. Nov.*, 17.
— Semi-tubulaires, cirulation de l'eau (Delmauly). *Bam. Nov.*, 1090.
— Foyers Wiedenbruck et Wilner. *Dp.* 10 *Déc.*, 186.
— — utilisant les déchets. E'. 25 *Nov.*, 515.
— — au pétrole Seigle. *Ri.* 10 *Déc.*, 494.
— Grille Whittaker. *RM. Nov.*, 546.
— Épurateurs des eaux d'alimentation Montupet. *Bam. Nov.*, 1096. Buron. *Gc.* 3 *Déc.*, 73.
— Filtre Ross. *RM. Nov.*, 546.
— Réchauffage de l'eau d'alimentation par la vapeur vive. *E.* 25 *Nov.*, 521; 9 *Déc.*, 572. Kincaid et Crockatt. *Ri.* 26 *Nov.*, 476.
— Purgeur Thomson. *RM. Nov.*, 545.
— Sifflet Lunkenheimer. *RM. Nov.*, 546.
Concasseurs Buchanam. *Eam.* 19 *Nov.*, 611.
— Ball. *RM. Nov.*, 567.
Drague Satre. *E.* 3 *Déc.*, 713.
Embrayage Heywood et Bridge. *E.* 18 *Nov.*, 661.
Engrenages à vis sans fin (Demogeot). *Bam. Nov.*, 1102.
Graisseurs Hamelle Brierly. *RM. Nov.*, 568.
Imprimerie. Machine à composer Cox. *E.* 18 *Nov.*, 645.
Indicateur continu Atwood. *RM. Nov.*, 542.
Levage. Grues électriques du port de Southampton. E'. 2 *Déc.*, 538.
— Ascenseur Otis. *RM. Nov.*, 556.
— Palan Weston. *Ri.* 10 *Déc.* 493.
— Transporteur Kreiss. *Ri.* 10 *Déc.*, 496.
Machines-Outils Américaines. E'. 2 *Déc.*, 543.
— Ateliers du Creusot à Chalons. *E.* 18 *Nov.*, 639.
— — des Lincoln-Works. *E.* 25 *Nov.*, 677.
— Limes (Machine à tailler) Cornthwaite. *E.* 10 *Déc.*, 765.
— Perceuses mobiles Capitaine. *Dp.* 19 *Nov.*, 123.
— Outillage Herbert pour vélocipèdes. *E.* 3 *Déc.*. 708.
— Presses à forger (Diverses). *Dp.* 19, 26 *Nov.*, 130, 144; 3 *Déc.*, 169.
— Taraudeuse pour tubes Forbes. *Ri. Déc.*, 481.
— Tour accéléré Noble et Stuart. *RM. Nov.*, 559.
— Tubes bordeurs Deighton. *RM. Nov.*, 557.
— Décrasseuse Tilghmann. *RM. Nov.*, 557.
— Fraiseuse aléseuse Hulse. *RM. Nov.*, 560.
— A bois. Scies à ruban Ransonne. E'. 18 *Nov.*, 503.
— — Fay, 712.
Moteurs à vapeur compound vertical Allen. E'. 18, 25 *Nov.*, 495, 525.
— — de 3000 chevaux Mac-Intosh et Seymour. *RM. Nov.*, 571.
— Théorie mathématique (Nadal). *AM. Oct.*, 321. *RM. Nov.*, 456.
— Arrêts divers. *Dp.* 19 *Nov.*, 121.
— — Clegg. *RM. Nov.*, 573.
— Compression dans l'espace mort. E'. 25 *Nov.*, 511; 2 *Déc.*, 543.
— Condenseurs (Divers). *Dp.* 26 *Nov.*, 141; 3 *Déc.*, 166.
— — Crompton et Cochran. *RM. Nov.*, 567.
— — Pompe à air Brower. E'. 25 *Nov.*, 515. Longridge. *RM. Nov.*, 574.
— Distribution Diagramme de Bilgram. *Fi. Nov.*, 372.
— Régulateurs divers. *Dp.* 3 *Déc.*, 163.
— — Proel. *RM. Nov.*, 574.
— Stéréogrammes et diagrammes des fonctionnements de la machine à vapeur (Thurston). *RM. Nov.*, 534.
— Stuffing box Stromitharn. *RM. Nov.*, 572.
— **à gaz** Loubtsky. *RM. Nov.*, 574.
— — Chauvin et Arnoux. 15 *Nov.*, 575.
— — Allumage Bollée. *Gc.* 3 *Déc.*, 77.
— *A pétrole* Fagustrom. *RM. Nov.*, 575.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pompe à vide Koster. *Ri.* 19 *Nov.*, 461.

Résistance des matériaux. Atelier d'essais des Medland Ry. *E.* 18 *Nov.*, 648.

— Unification des essais pour l'acier. *VDI.* 26 *Nov.*, 1326.

— Déformations permanentes des métaux : limite d'élasticité (M. Brillouin). *ACP. Déc.*, 447. Faurie *RM. Nov.*, 482.

MÉTALLURGIE

Alliages (Micrométallurgie et usure des). *VDI.* 3 *Déc.*, 1350.

— (Surfusion dans les) (R. Austen) *Rgds.* 30 *Nov.*, 873.

Aluminium (Propriétés de l'), Ditte. *CR.* 5 *Déc.*, 919.

Argent. Usine d'Aduana, Mexique. *Fi. Nov.*, 349.

Coke. Four Semet-Solvay à Ensley, Alaska. *Eam.* 15 *Nov.*, 578.

— — pour charbons maigres. *SuE*, 1er *Déc.*, 1078.

Fer et Acier. Théorie de la dissolution, J. von Jarnstorff. *E.* 10 *Déc.*, 763.

— Machines en usage dans la sidérurgie (Zyrokskj). *Im.* XII (II), 409.

— Aciérie de Bofors. *E'.* 9 *Déc.*, 566.

— Fours chauffés aux gazogènes. *VDI.* 19 *Nov.*, 1305.

— Aciers : caractéristiques, physiques et chimiques. *E.* 3 *Déc.*, 702.

— — Martin basique pour rails. *ZOI.* 25 *Nov.*, 665, 680.

Fonte. Manufacture dans l'Inde (Harris). *Cs.* 18, 30 *Nov.*, 995.

— Creusets de fonderie (Nouveaux), *Bulletin de la Société d'Encouragement de Berlin. Nov.*, 190.

Hauts fourneaux (Chargement des). *Gc.* 26 *Nov.* 59.

— Ralentissement de la marche. *SuE.* 1er *Déc.*, 1086.

Industrie minérale aux États-Unis. Ru. Nov., 199, 288.

Laminoirs (Progrès des). *SuE.* 15 *Nov.*, 1017.

— Pour tôles de Raseltein. *Gc.* 3 *Déc.*, 70.

— Universels. *SuE.* 1er *Déc.*, 1076.

Mercure (Essais du) (Chisne). *E.* 9 *Déc.*, 735.

Nickel. Procédé Mond. *Ri.* 26 *Nov.*, 477.

— (Métallurgie du) (Ulke). *EM. Déc.*, 451.

Or. Aux mines de Hauraki New-Zeeland. *Eam.* 13 *Nov.*, 575.

— Amalgamation au Transvaal. *Eam.* 15 *Juillet*, 579.

— et ses alliages Microstructure (Andrews). *E.* 9 *Déc.*, 733. (Osmond). 750.

MINES

Cuivre. Région du Wyoming. *Eam.* 26 *Nov.*, 640.

Épuisement. Pompe souterraine électrique de 800 chevaux. *VDI.* 3 *Déc.*, 1341.

Explosions *de mines tardives. Gc.* 26 *Nov.*, 54.

— Explosifs de sûreté. Théorie Schalke. *Ru. Nov.*, 188.

— Portes de fermetures automatiques. *E'.* 2 *Déc.*, 536.

Houillères. Constitution des charbons humifères (C. E. Bertrand). *CR.* 14, 21 *Nov.*, 767, 822.

— Constitution des tourbes (Renault). *CR.* 21 *Nov.*, 825.

— Exploitation des couches puissantes de houilles (Pasquet). *Im.* XII (II), 265.

— Utilisation de la chaleur produite par l'atelier de carbonisation des mines de Ferfay (Soulary). *Id.*, 343.

Indo-Chine (Gites minéraux de l'). (Bel). *Im.* XII (II), 381.

Or. Dragage en New-Zeeland. *Eam.* 26 *Nov.*, 637.

Perforatrice Meyer. *Ri.* 3 *Déc.*, 484.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

LISTE DES NOUVEAUX MEMBRES

ADMIS EN 1898

A FAIRE PARTIE DE LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

MM.

BARBIER et BÉNARD, constructeurs de phares, 82, rue Curial.

BONJOUR, ingénieur au Creusot, 71, rue Lafayette, à Paris.

BOUVARD (Paul), ancien ingénieur en chef des aciéries du Creusot, 1, rue des Saussaies.

CARPENTIER (Henri), constructeur, 73, boulevard Soult.

CHEGUILLAUMÉ, ingénieur des ponts et chaussées, à Nantes (Loire-Inférieure).

COMPAGNIE française des moteurs à gaz et des constructions mécaniques, 145, rue Croix-Nivert.

DARCY (Pierre), ingénieur civil, 26, quai de Billy.

FAYOLLE (Étienne), directeur de la Société anonyme de publications industrielles, 20, rue Turgot.

FÉVRE (Lucien), ingénieur au corps des mines, à Arras (Pas-de-Calais).

FIRMINHAC, ingénieur civil des mines, 50, rue de la Tour.

FOERSTER (Frédéric), manufacturier, 7, place Carnot, le Havre (Seine-Infé^{re}).

FROTÉ, ingénieur, 30, Vogelsangst, Zurich, Oberstrass (Suisse).

MM.

GEOFFRAY (Jules Edmond), directeur de la New Austral C^{y} L^{d}, 36, rue Washington.

GRANGER (Albert), professeur à l'École d'application de la manufacture de Sèvres, 9, rue Gounod.

GUILLON, ingénieur civil, 48 *bis*, rue Sainte-Honorine, à Cherbourg (Manche).

GUYENET, ingénieur-constructeur, 83, boulevard Magenta.

LEFÈVRE (Olivier), constructeur à Saint-Quentin (Aisne).

LETHUILIER-PINEL, constructeur à Rouen (Seine-Inférieure).

MAISON (la) BAPST et HAMET, fabricants d'objets en caoutchouc, 39, rue Notre-Dame-de-Nazareth.

MAISON (la) DUBOIS (E.) et TRUBERT (H.), teinture et traitement des tissus, à Saint-Quentin (Aisne).

MENNESSON, directeur de la Sucrerie d'Abbeville (Somme).

MOCOMBLE (de), ingénieur-constructeur, 83, boulevard Magenta.

NERVO (de) (Léon), ingénieur des arts et manufactures, 73, rue de Courcelles.

NOUVELLE (A.), armurier, 10, boulevard Malesherbes.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

MM.

PÉCOURT (A.), ingénieur-chimiste, 86, rue d'Amsterdam.

PINAT (Charles), ingénieur gérant aux forges d'Allevard (Isère).

PONTZEN (Ernest), ingénieur civil, 65, rue de Monceau à Paris.

RENAUD (Paul), ingénieur, 76, rue de la Pompe.

SIMON (J.-L.), 53, rue de Châteaudun.

MM.

SAINT-PIERRE (O.), docteur es sciences, chef du laboratoire de la C^ie P.-L.-M. 33, boulevard Henri IV.

SOCIÉTÉ française des moteurs R. Diesel, à Bar-le-Duc (Meuse).

VINCEY, ingénieur agronome, professeur d'agriculture du département de la Seine, 27, rue des Belles-Feuilles.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TABLE ALPHABÉTIQUE

DES

NOMS DES AUTEURS MENTIONNÉS

DANS LA QUATRE-VINGT-DIX-SEPTIÈME ANNÉE DU BULLETIN

(Cinquième série. — Tome III)

(La lettre (**P**), à la suite d'un article, indique qu'il ne s'agit que d'une présentation.)

A

Abraham. Purification des eaux potables (P.), 102.
Acme. Grille, 348.
Alglave, Andry, Anberger. Ouvriers (méd. br.), 832.
Allen. Machines à faire les rais de vélocipèdes, 1249.
André. Détartreur pour chaudières (P.), 101.
Arnaud. Nouvel émail sans plomb (P.), 1570.
Arnoux et Chauvin. Appareils de mesures électriques (P.), 1570.

B

Babcox-Wilcox. Grille, 341.
Backer. Halle de coulée, 747.
Bapst et Hamet. Vulcanisation au soufre. Rapport de M. Livache, 1591.
Barberet. Traité de la législation du bâtiments et des usines, 772.
Barbet. Rapport sur la scie diamantée Fromholt, 661.
Barre. Graisseur, 28; médaille d'or, 820.
Bastie. Métier brodeur, rapport de M. Simon, 1388.
Batcheller. Poste pneumatique, 220, 628.
Beaume. Cuisson des aliments de bétail, 332.
Bec (De). Agriculture de la Provence (P.), 102.
Bechmann. Assainissement de la Seine, 120.
Beckford. Foyers à pétrole, 902.
Berceron. Médaille Dumas, 830.
Bergevin. Serrure; Rapport de M. Raffard, 358.
Bigot. Couleurs de grand feu, 366. Encouragement de 500 francs, rapport de M. de Luynes, 815.
Birachi. Sourdine pour piano (P.), 905.
Blanchard et Blanchet. Ouvriers (méd. br.), 832.
Boit. Teinture en noir (P.), 364.
Bonjour. Inventions mécaniques, rapport de M. Hirsch, 252. Médaille d'or, 820.
Boulanger. Souscription de 1000 francs pour travaux de céramique, 790.
Bourdon (Ch.). Chauffage à la vapeur (méd. d'or), 820.
Breloux, broyeur de sarments, 329.
Bretmacner. Appareil plongeur (P.), 529.
Brotherhood. Machine à vapeur, 1110.
Broquet. Extincteur d'incendies (P.), 364.
Brown. Appareils de levage, 897.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

BRULL. Rapports sur le graisseur MILLOCHAU BERNAUD, 27 ; sur le foyer fumivore HINSTIN, 379.
BRUNO-MOUSTIER. Appareils de secours dans les usines (méd. argent). 820.
BURSTALL. Essais de moteurs à gaz, 521.

C

CACHEUX. Enseignement des pêches maritimes (P.), 521.
CAMPREDON. Guide du chimiste métallurgiste. Encouragement de 500 francs, 789, 794, rapport de M. CARNOT, 812.
CARNOT (A.). Allocution pour sa nomination de président, 103 ; à la séance générale des prix, 787 ; Traité d'analyse des substances minérales, 738.
CARNEY. Caissier automatique, 1560.
CARPENTER. Rendem. des bicyclettes, 1255.
CASH. Régulateur de pression, 231.
CHAPUIS. Système de navires (P.), 364.
CHARDONNET. Frein pour tramways (P.), 1665.
CHARPY. Étude sur les alliages antifriction, 670.
CHASSELOUP-LAUBAT. Les grands paquebots, 921.
CHEVALIER. Serrure de sûreté (P.), 1569.
CHEYSSON. Biographie du colonel GOULIER, 1362.
CLARKE. Machine à courber les tubes, 894.
COLLIGNON. Détermination de l'heure du passage du soleil dans un plan vertical, 722; rapports sur le prix FOURCADE, 886 ; les médailles DUMAS, 830.
COMBEROUSSE (DE). Notice nécrologique par M. CARNOT, 787.
CONSIDÈRE. Ciments armés, 1648.
COQUELET. Ouvrier (méd. br.), 832.
CORD. Agriculture de la Lozère ; prix de 2000 francs, 793 ; rapport de M. RISLER, 818.
CORET. Remontage des pendules (P.), 905 ; horlogerie (P.), 1568 ; Inclinomètre (P.), 1569.
COUPEAU. Dilatation des pâtes céraniques, 1274.
COURIOT et MEUNIER. Lampes à incandescence chargées d'un mélange de grisou et d'air, 1347.
COXE. Grille, 346.
CURIE (Mme). Propriétés magnétiques des aciers, 36.

D

DALBY. Dyanomètre, 1354.
DAUBRÉE. Rapport sur l'exercice 1897, 851.
DE BEC. Agriculture de la Provence (méd. d'or), 818.
DE BILLY et MARILLIER. Progrès de la métallurgie du fer, 1219.
DELESCHAMPS. Extraction de la cérosie de la canne à sucre, 101.
DE LUYNES. Rapport sur les émaux de M. BIGOT, 815.
DEMANGE. Aviation (P.), 1569.
DEMORLAINE. Quadrimètre (P.), 1569.
DEMOULIN. Traité pratique de la machine locomotive, 770.
DE PREFELN. Présentation d'une médaille à M., 236.
DEVÉ. Lunette pour la vérification des surfaces, 356.
DITTE. Propriétés de l'aluminium, 1614.
DONARD et BOULET. Sous-produits de distillation. Or, 820.
DOOLITTLE. Machine à mouler, 1655.
DOUVIOLLE, DELACROIX, DELEBECQUE, DESSOUROUX, DOUVILLE, DROULEZ, DUHAMEL, (ouvriers, méd. br.), 832.
DUBOUIN. Verres à base de chrome, 886 ; (P.), 1568.
DUCOT. Balancier galvanométrique. Rapport de M. FONTAINE, 393.
DUCRETET. Télégraphie sans fils, 905, 1627.
DUCRU. Détermination de l'arsenic dans les métaux, 1103.
DUMONT. Les automobiles sur rails, 769.
DUMONT. Propriétés magnétiques des aciers au nickel, 334.
DU PUY MONTBRUN. Agriculture des Basses-Alpes (P.), 201.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

F

FAGAN. Prix FOURCADE, rapport de M. COLLIGNON, 806.
FARCOT. Élévateurs pneumatiques (P), 1570.
FERET. Température de cuisson des ciments, 870, 1114.
FIRTH. Perforatrice, 224.
FLEURENT. Composition élémentaire des matières albuminoïdes, 103, prix de 1000 fr.
FOELK. Ouvrière (méd. br.), 836.
FONTAINE (H.). Rapport sur le balancier galvanométrique DUCOT, 393.
FRÉMONT. Poinçonnage des métaux, 789.
FROMHOLT. Scie diamantée pour pierres dures (P), 103, rapport de M. BARBET, 661.

G

GAGES. Traité de métallurgie (P.), 1665.
GAMBLE. Injecteur, 751.
GARNIER. Broyeur à bras, 330.
GAUTHIER-VILLARS. Notice nécrologique, par M. CARNOT, 787.
GEORGE. Soudure de l'aluminium (P.), 101.
GILBERT. Leg de 20,000 fr., 1666.
GIRARD (Aimé). Secrétaire de la Société. Notice nécrologique, par M. TROOST, 377. M. LINDET, 1487. Recherches sur les laits de caoutchouc, 858. Procédé à l'acide sulfurique applicable à l'équarrissage, 1481.
GLEDHILL. Presse à blindages, 92.
GOSSELET. Bassin houiller du Nord de la France, 888.
GOULIER. Biographie, par M. CHEYSSON, 1362.
GRANGER. Bleu de tungstène, 887.
GRÉHANT. L'oxyde de carbone, le grisou et le grisoumètre, 408.
GRENET. Fusibilité des verres, 1507. Générateur et moteur à vapeur, 1569.
GROIGNARD. Clapet d'arrêt argent.
GRUET. Tramway électrique (P.), 539. Signaux électriques. (P.), 905.
GUILLAUME. Recherches sur les aciers au nickel, 360. Prix de 2 000 francs, 793. Rapport de M. JORDAN, 807.
GUILLAUME et CH. PETTAVEL. Détermination des spiraux, 755.
GUILLON. Joints pour tuyaux (P), 1665.
GURIOUX (Guillaume). Ouvrier (méd. br.), 833.

H

HALLER. Huiles essentielles et parfums, 150, 293.
HAMON. Générateur instantané (P.). 528.
HANCOCK. Perforatrice, 755.
HARPER ET GROHMANN. Machines à meuler, 1651.
HATON DE LA GOUPILLIÈRE. Notice nécrologique de M. RAFFARD, 1385.
HEAD. Sidérurgie en Amérique, 496.
HÉLOUIS. Vanadium (P.), 105, 234; Acide vanadique (P.), 1569.
HENRY. Irichromatine, 732; médaille d'argent, 820.
HERSBERG et ALLEN. Régulateur direct, 752.
HILAIRE, HILLIET, HUCHER, HUE. Ouvriers (méd. br.), 833.
HINSTIN. Foyer fumivore, rapport de M. BRULL, 179; médaille d'argent, 820.
HIRSCH. Rapport sur les inventions de M. BONJOUR, 251.
HUBER. Table de laminoirs, 1113.
HYATT. Machine à faire les cylindres de roulement, 228.

I

IMBS. Rapport sur le tendeur dynamométrique pour courroies de M. SIMON, 1586.

J

JANSON, JURANDON. Ouvriers (méd. br.), 833.
JEANNE. Communication avec les trains en marche (P.), 1569.
JOLY (A.). Notice nécrologique, par M. TROOST, 250.
JONES. Perforatrice, 1253.

K

KEISER. Pince à lingots, 232.
KENFIELD. Transporteur, 1254.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

KENNEDY. Laminoirs en tandem, 232.
KOUINDJY. Industrie du pétrole en Galicie, d'après PANTUKOFF, 370.
KUHN. Broyeur, 328.

L

LACROIX. Mémoires divers (P.), 102. Batteuse au pétrole, 323,
LAIR, LEROY. Ouvriers (méd. br.), 833.
LANDSMANN. Imitation des fruits, rapport de M. PECTOR, 35. Médaille d'argent, 821.
LARAN (Dr). Propriétés thérapeutiques du vanadium (P.), 105.
LARPENT. Block System (P.), 103.
LAVOLLÉE. Rapport sur l'Alliance française, 823.
LE CHATELIER (C.). Notes de Chimie, 1248-1341. Fabrication des carreaux mosaïques américains, 1535.
LE CHATELIER (H.). Résistance électrique des aciers, 743. Influence de la trempe, 745. Propriétés des plaques céramiques, 1317. Essais à chaud des produits hydrauliques, 1523, — et BOUDOUARD. Limite d'inflammabilité des vapeurs combustibles, 735. Radiation des manchons à incandescence, 879.
LECORNU. Isochronisme des régulateurs, 1663.
LE DANTEC (Abbé). Navigation aérienne (P.), 1665.
LEGEAL. Appareil de traction (P.), 1569.
LEVASSEUR. L'Ouvrier américain (P.), 103; Rapport sur les cartes en relief de MM. STRAGLIATI et NOBILI, 391.
LEVEHALL. Sertisseuse, 351.
LINDE. Liquéfaction de l'air, 359.
LINDET. Notice bibliographique sur M. AIMÉ GIRARD, 1487. Rapport sur l'analyse des betteraves porte-graines, par M. PELLET, 117; sur l'ouvrage de M. MARTIN, *les Fruitières du Doubs*, 829. Note sur l'emploi du procédé à l'acide sulfurique de M. AIMÉ GIRARD, 1581.
LIVACHE. Oléates métalliques employés comme siccatifs, 1597. Rapport sur les travaux de M. FLEURENT relatifs aux matières albuminoïdes des grains, 547. Sur les procécés de vulcanisation au soufre de MM. BAPST et HAMET, 1591.

M

MAC-KENSIE. Grille, 345.
MACKENSTEIN. Chronographoscope DUCOS de HAURON (P.), 905.
MAILLET. Extraction des huiles essentielles (P.), 1666.
MAME (A.). Grande médaille des Beaux-Arts, 791. Rapport de M. Pector, 801.
MARCHAL. Influence de l'arsenic sur les propriétés mécaniques des aciers, 1336.
MARCHAL. Médaille DUMAS, 831.
MARSHALL. Evolution de la locomotive, 1537.
MAROT. Trieur, 326.
MARRE. Instruments vérificateurs des filetages, 77.
MARTIN. Fruitières du Doubs, Ag. 821. Rapport de M. LINDET, 829.
MATHIAS. Propriétés chimiques des fluides saturés, 528.
MAUREL. Juridictions commerciales (P.), 237.
MAZEL. Agriculture de l'Ardèche (P.), 102. Encouragement de 400 francs, 817.
MERLIN. Batteuse au pétrole, 324.
MESNAGER. Déformation des métaux, 355.
MILLOCHAU-BERNAUD. Graisseur, rapport de M. BRULL, 27.
MOISSAN. Préparation de calcium cristallisé, 740. Grand prix d'Argenteuil, 791. Rapport de M. TROOST, 795. Hydrure de calcium, 883.
MONIOT, MOUNET. Ouvriers (méd. br.,) 833.
MONTAGNARD (Clovis). Destruction des insectes de la vigne (P.), 102.
MONTUPET. Chaudières à tubes d'eau (P.)-364.
MORDICONI. Inventions mécaniques (P.), 903.
MORGAN. Pont roulant, 748.
MURPHY. Expériences sur les moulins à vent, 509.
MURPHY, Grille, 347.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

N

Newberry. Constitution des ciments hydrauliques, 867.
Niclause. Chaudière (P.), 236.
Nouvelle. Fusils de chasse (P.), 103, 105. Rapport de M. Polonceau, 1581.
Nublat. Ouvrier (méd. br.), 833.

O

Obach. La Gutta-Percha, 188.

P

Pagès. Agriculture du Cantal; encouragement de 1000 francs, 793, 817.
Pain. Appareil de géodisie (P.), 529.
Palmer. Piézomètre, 1659.
Pantuckoff. Industrie du pétrole en Galicie, 870.
Paris. Porte-fleurs, rapport de M. Appert, 919.
Park et Williston. Injecteur, 1356.
Parsons. Turbo-moteur réversible, 224.
Pattinson. Injecteur, 222.
Pector. Rapport sur les imitations de fruits Landsmann, 35.
— Sur les titres de M. Mame à la grande médaille des Beaux-Arts, 801.
Pellet. Analyse des betteraves porte-graines, rapport de M. Lindet, 117.
Pelton. Roues (Théorie des), 1105.
Périssé. Les automobiles sur routes, 769.
Perret. Ouvrier (méd. br.), 833.
Perret. Constitution des ciments hydrauliques d'après Newberry, 867.
Perrinon. Brise-vents (P.), 905.
Petit. Saponification des corps gras (P.), 363.
Pile. Clapet d'arrêt, médaille d'argent, 821.
Pillet. Constructions mécaniques aux États-Unis, 530.
— Or, 820.
Pollock. Notice nécrologique, par M. Appert, 917.
Polonceau. Rapport sur les fusils de chasse de M. Nouvelle, 1581.
Pouillot. Procédé de traction (P.), 1665.
Pourioux. Robinet pastorisateur (P.), 363.

R

Rabier. Locomotive (P.), 1569.
Raffard. Rapport sur la serrure de M. Bergevin, 388.
— Notice nécrologique par M. Haton de la Goupillière, 1385.
Ramsay et Travers. Nouveaux gaz de l'atmosphère, 737.
Rath, Romagny. Ouvrier (méd. br.), 833.
Resal. Nouveaux ponts de la Seine, 100.
Rey (Jean). L'éclairage des côtes et les feux éclairs, 424.
Reynolds. Bocard à vapeur, 895.
Ribière. Collier contractile (P.), 1570.
Richard (G.). Littérature des périodiques, 108, 242, 368, 533, 774, 891, 909, 1115, 1261, 1379, 1573, 1668.
— Notes de mécanique, 84, 220, 337, 527, 747, 1105, 1249, 1349, 1537, 1651.
— Appareils fumivores américains, 337, 1349, 1537.
— Appareils de levage de la Brown Hoisting C°, 897.
— Évolution de la locomotive, d'après M. Marshall, 1537.
— Rendement des bicyclettes, d'après M. Carpenter, 1255.
— La Gutta-Percha, d'après Obach, 188.
— Liquéfaction de l'air par les machines Linde, 359.
— Notes sur la sidérurgie américaine, d'après M. Head, 496.
— Expériences de M. C. Murphy sur les moulins à vent, 509.
— Variations anomales de longueur et de température des fers et des aciers pendant la récalescence, d'après Svédélius, 1340.
— Essais de moteurs à gaz, d'après M. Burstall, 521.
Rigaux. Maladies du cidre (P.), 235.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

RINGELMANN. Progrès des machines agricoles, 317.
RONNA. Le Tibre, 1125, 1401.
ROSSIGNEUX. Rapport sur l'ouvrage de M. LEFEBVRE. *la Céramique du bâtiment*, 396.
— Sur le *Traité de menuiserie* de M. JEANNIN, 827.
ROTHWELL. *Mineral Industrie*. Médaille d'or, 820. Rapport de M. JORDAN, 824.
ROUART (H.) Rapport sur le ventilateur brise-vent du commandant PERRINON, 1589.
ROULLIÉ. Brûleur à pétrole (P.), 305, (P), 1665.

S

SAGLIO. Émaux à hautes dilatations, 1060.
SAUVAGE. Classification bibliographique décimale, 708.
— Congrès de l'unification des filetages à Zurich, 1269, 1569.
SCHMIDT. Désincrustation des chaudières, 94.
SCHUBER. Ouvrier (méd. br.), 833.
SCHUTZEMBERGER. Notice nécrologique par M. CARNOT, 787.
SIDERSKY. Viscosimètre. Rapport de M. Violle, 545.
SIMON (E.). Transport de la force motrice par l'électricité dans la région de Saint-Étienne, 1617. Rapport sur la mécanique VERDOL, 12. Sur le métier BASTIE, 1388.
— Sur l'exercice 1897, 855.
— Présentation de deux ouvrages de MM. MANUEL et O. SIMON, 237.
SIMON (L.). Tendeur dynamométrique pour courroies (P.), 1569. Rapport de M. IMBS, 1586.
SIMON (O.). Études analytiques des principaux tissus (P.), 237.
SOCIÉTÉ ALSACIENNE des constructions mécaniques. Application du filetage Français, 84.
STRAGLIATI et NOBILI. Cartes en relief. Rapport de M. LEVASSEUR, 391.
SVÉDÉLIUS. Variations anomales de la longueur et de la température des fers et aciers pendant la récalescence, 1340.

T

THIM. Remontoir, 1658.
TOURNE. Ouvrier (méd. br.), 833.
TRICARD. Moteur hydraulique (P.), 236.
TROOST. Notice nécrologique de M. JOLY, 249. De AIMÉ GIRARD, 377. Rapport sur les travaux de M. MOISSAN, 795.
TROUVÉ. Éclairage des voitures (P.), 237.

V

VERDOL. Piquage mécanique, rapport de M. E. SIMON, 12. Médaille d'or, 820.
VERNETTE. Hache-sarments, 331.
VERRONS. Appareil de chauffage (P.), 235.
VICAR. Grille, 337.
VIGNO. Absorption des liquides par les textiles, 881.
VINCENT. Rapport sur l'Association des chimistes de sucrerie et de distillerie, 823.
VINCY. Téléphonographe (P.), 363.
VIOLLE. Rapport sur le viscosimètre Sidersky, 545.
VOGT. Dilatation des pâtes céramiques, 1309.

W

WOODWARD. Régulateur pour turbines, 1251.
WILKINSON. Grille, 343.
WRIGHT. Arrêt des machines à vapeur, 750.

Z

ZACKAREWICZ. Agriculture de Vaucluse (P.), 102.
ZOOGRAPHICOS. Calendrier perpétuel (P.), 1569.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TABLE ALPHABÉTIQUE ET ANALYTIQUE

DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LA QUATRE-VINGT-DIX-SEPTIÈME ANNÉE DU BULLETIN

(*Cinquième série. — Tome III.*)

A

Aciers trempés (Propriétés magnétiques des), par Mme Slodowska-Curie, 36.
— Résistance électrique (H. Le Chatelier), 743, 745.
— Au nickel. Recherches de M. C. E. Guillaume, 260. Prix de 2000 francs. Rapport de M. Jordan, 807.
— Propriétés magnétiques (E. Dumont), 334.
Agriculture. Revue des machines agricoles, par M. Ringelmann, 318.
Air (Liquéfaction de l'), Linde, 359.
— Nouvaux éléments (Ramsay et Travers), 737, 739.
— Comprimé. Transporteur postal (Batcheller), 220, 628.
— Perforatrices Firth, 224; Hancock, 755.
Alliance française. Médaille d'or. Rapport de M. Lavollée, 823.
Alliages (Travaux de la Commission des), 789.
— Antifriction (Charpy), 648, 670; plomb et antimoine, 679; plomb, étain, bismuth, 645; étain, cuivre, antimoine, 692; plomb, étain, antimoine, 696; plomb, cuivre, antimoine, 699.
Aluminium (Propriétés). Ditte, 1644.
Arsenic et Antimoine. Détermination dans les métaux (Ducru), 1103.
Assainissement de la Seine. Conférence de M. Bechmann, 120.
Association des Chimistes de Sucrerie et de Distillerie, médaille d'or. Rapport de M. Vincent, 823.

B

Balancier galvanomètre Ducot. Rapport de M. Fontaine, 393.
Batteuse à pétrole Lacroix, 323; pour graines fourragères Merlin, 324.
Bétail (Appareil Beaume à cuire les aliments du), 332.
Betteraves porte-graines (Analyse des), par M. Pellet. Rapport de M. Lindet, 117.
Bibliographie. La Céramique du bâtiment, par M. Léon Lefèvre. Rapport de M. Rossigneux, 396.
— Traité d'analyse minérale de M. A. Carnot, 759.
— Bulletin de l'Association des industriels de France contre les accidents du travail, 764.
— *Classification décimale* (Sauvage), 708. (Général Sébert), 1081.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Bibliographie. Compte rendu du 21e Congrès des Ingénieurs en chef des associations des propriétaires d'appareils à vapeur, 769.
— Étude sur les méthodes et les instruments des nivellements de précision, ouvrage posthume du colonel GOULIER (CHEYSSON et LALLEMAND), 1362.
— Automobiles sur rails (A. DUMONT), 769.
— Sur routes (PÉRISSÉ), 769.
— Traité pratique de la machine locomotive, par M. DUMOULIN, 770.
— Traité pratique de la Législation des Usines et du Bâtiment, par M. BARBEROT, 772.
— Guide pratique du Métallurgiste essayeur, par M. CAMPREDON, encouragement de 500 francs. Rapport de M. CARNOT, 812.
— Mineral Industry de Rothwell, médaille d'or. Rapport de M. JORDAN, 824.
— Traité de Menuiserie de M. J. JEANNIN, médaille d'or. Rapport de M. ROSSIGNEUX, 827.
— Fruitières du Doubs, par M. J. MARTIN, médaille d'argent. Rapport de M. LINDET, 829.
— Livres reçus à la bibliothèque, 107, 239, 367, 530, 651, 774, 906, 1261, 1571, 1667.
Bicyclettes (Rendement des) (CARPENTER), 1255.
Billes (Four à gaz pour la trempe des), 1260.
Billes et galets (Roulement sur), 637.
Bocard à vapeur (REYNOLDS), 895.
Briques de bonne qualité. Caractères des), 1248.
Broyeurs de ramilles (KUHN), 328.
— de sarments BRELOUX, 529.
— à bras (GARNIER), 330.
Brûleurs à pétrole, d'après BRICKFORT, 903.

C

Caissier automatique. Carney, 1560.
Carbure de calcium cristallisé (MOISSAN), 740.
Cartes en relief de MM. STRAGLITIA et NOBILI. Rapport de M. LEVASSEUR, 391.
Céramique. Couleurs au grand feu, de M. BIGOT, 365.
— *Émaux à haute dilatation* (SAGLIO), 649. Production d'un bleu de tungstène provenant de la réduction de tungstates au feu de cuisson de la porcelaine (GRANGER), 887; porcelaine allant au feu, composition, 142; échelle pyrométrique de SÉGER (prolongement de l'), 1244; nouvelle pâte, 1245; couverte jaune, 1246; fusibilité des kaolins, effet des fondants, 1246; engobage par brossage, 1247; pavés en brique aux États-Unis, 1247; briques de bonne qualité (caractères des), 1248; *dilatation des pâtes céramiques* (COUPEAU), 1274; observations de M. VOGT, 1309; *propriétés physiques des pâtes céramiques* (LE CHATELIER), 1317; — (retrait des), 1321; accord avec les couvertes, 1323; essais d'argiles au laboratoire, 1330; composition de pâtes, 1331; moufles continus, 1332; coloration des émaux au grand feu de porcelaine (LE CHATELIER et CHAPUY), 1334.
— Carraux céramiques américains, 1535.
Chaudières. Désincrustation par la vidange après refroidissement complet, par M. SCHMIDT, 94. Avaries aux rivures circulaires (FRÉMONT), 623. Foyers fumivores VICAR, 337; BABCOX-WILCOX, 341; AMERICAN, 341; WILKINSON, 343; MAC KENSIE, 344; HOWLEY, 346; MURPHY, 347; ACME, 349; DAVIES, 350; HINSTEN. Rapport de M. BRULL, 379. Injecteurs PATTINSON, 222; GAMBLE, 251; PARK et WILLISTON, 1356.
— Valve automatique d'arrêt (GROIGNARD). Rapport de M. BOURDON, 543.
Ciments armés (Résistance des). (CONSIDÈRE), 1648.
Ciments hydrauliques (Constitution des), d'après MM. NEWBERY, par M. FERET, 806, 1114. Essai à chaud des produits hydrauliques (H. Le Châtelier), 1523.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Commission des Alliages (Travaux de la).
— Propriétés magnétiques des aciers trempés, par Mme Sladowska-Curie, 36 ;
— Alliages antifriction (Charpy), 648, 670.
Conseil d'administration de la Société d'Encouragement pour 1898, 1.
Conservatoire des Arts et Métiers. Programme des cours, 1566.

D

Dynamomètre. Dalby, 1354.

E

Émaux à haute dilatation (Saglio), 649, 1060; de grand feu, Bigot. Encouragement de 500 francs. Rapport de M. de Luynes, 815.
Embrayage Brown, 902.
Équarrissage. Application du procédé à l'acide sulfurique d'Aimé Girard, par M. Lindet, 1481.
État financier de la Société. Rapports sur l'exercice 1897, de MM. Daubrée, au nom de la Commission des fonds, et Simon, au nom des Censeurs, 855. Bilan, 854.

F

Fers et aciers.
Filetages système français (Instruments de vérification des), par M. Marre, 77.
— Applications du système français, 84.
— Unification des filetages à l'étranger. Rapport du Comité d'action suisse, 203. Congrès international de Zurich (Sauvage), 1269.
Fluides saturés; propriétés thermiques, M. L. Mathias, 558.
Fusil de chasse français, par M. Nouvelle, 105. Rapport de M. Polonceau, 1581.

G

Graisseur automoteur continu Millochau-Bernaud. Rapport de M. Brull, 27.
Grisoumètre (Le) et l'oxyde de carbone, par M. Gréhant, 408.
Gutta-percha (La), par M. F. Obach, 188.

H

Hache-sarments (Venetta), 331.
Heure du passage du soleil dans un plan vertical (Détermination de l') (E. Collignon), 722.
Horlogerie. Détermination des spiraux (Guillaume et Pettavel), 755.
Houilles du nord de la France; récents sondages (Gosselet), 888.
Huiles essentielles et parfums (Progrès de l'industrie des), par M. Haller, 150, 293.
Hydrogène et hélium. Liquéfaction, par M. J. Deuar, 613.
Hydrure de calcium; propriétés (Moissan), 883.

I

Imitations de fruits, par M. J. Lindsmann. Rapport de M. Pector, 35.
Indicateur totaliseur Otto Amsler, 226.
Injecteurs Pattinson, 222; Gamble, 751. Park et Williston, 1356.
Irichromatine (Henry), 732.

L

Laits de caoutchouc. Recherches de M. Aimé Girard, 858.
Levage. Appareils de la Brown Hoisting Co, 897.
Littérature des périodiques reçus à la bibliothèque, 108, 241, 369, 533, 654, 776, 910, 1115, 1573, 1668.
Locomotive. Évolution de la, par M. Marshal, 1537.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Lunette autocollimotrice, DEVÉ, pour la vérification des lignes et surfaces des machines, 356.

M

Magasins de charbons de la Tamarak Mining C°, 90.
Magnétisme. Propriétés magnétiques des aciers trempés par Mme SLODOWSKA CURIE, 36 ; au nickel, GUILLAUME, 260; E. DUMONT, 333.
Manchons à indandescence (Radiation des) (H. LE CHATELIER et BOUDOUARD), 879.
Manège FORTIN, 319.
Matières albuminoïdes des grains. Composition des, par M. FLEURENT, 551. Rapport de M. LIVACHE, 547.
Médailles. Grande médaille des beaux-arts, décernée à M. MAME, 793; rapport de M. PECTOR, 801.
— décernées pour les inventions et perfectionnements aux arts industriels, 820;
— DUMAS.
— des contremaîtres et ouvriers, 832.
Métallurgie. Pince à lingots. KEISER, 282.
— Revue des progrès. DE BILLY et MARILLIER, 1219 ; les hauts fourneaux, 1219. Emploi de leur gaz à la production directe de la force, 3226; Fabrication de l'acier, 1229 ; Réchauffage et laminage, 1237.
— Halle de coulée, BAKER, 747.
— *Laminoirs* en tandem, KENNEDY, 233 ;
— — pour feuillards NORTON, 641 ; table HERBER, 1113.
— Hauts fourneaux. Monte-charges, BROWN, 901; Machine soufflante de HERNADTHALER, 1661.
— *Aciers.* Influence de l'arsenic (MARCHAL), 1336; variations anomales pendant la recalescence (SVEDELIUS), 1340. Au nickel; recherches de M. C. E. GUILLAUME, 260; Microstructure des — (OSMOND), 622.
Métallurgie. Sidérurgie en Amérique, d'après M. HEAD, 496.
— Silicium et chrome. état dans les produits sidérurgiques (CARNOT et GOUTAL), 618.
Métier brodeur automatique. BASTIE. Rapport de M. SIMON, 1388.
Meule HARPER et GROHMANN, 1651.
Mines. Lampes à incandescence chargées d'un mélange de grisou et d'air (COURIOT et MEUNIER), 1347.
Moteurs à gaz. Essais de l'Institution of Mechanical Engineers, 521.
Moteurs à vapeur, rapides BROTHERHOOD, 1110.
— Turbine réversible PARSONS, 224.
— Arrêt WRIGHT, 750.
— Unification des essais, règles de l'Institution of civil Engineers, 1349.
— Distributions BONJOUR, rapport de M. HIRSCH, 251.
— Régulateur direct HERSHEY et ALLEN, 752 ; LENZ, 111.
— Stuffing box Longstreth, 753.
Mouleuse, DOOLITTLE, 1655.
Moulins à vent américains, 321.
— expériences de M. MURPHY, 509.

N

Naphte. Industrie en Galicie, d'après M. PANTUKOFF, par M. KOUINDJY, 870.
Notices nécrologiques de MM. A. JOLY, par *M. Troost*, 249; AIMÉ GIRARD, par *MM. Troost*, 377, *Carnot* et *Lindet*, 786, 1487; GOULIER, par *M. Cheysson;* DE COMBEROUSSE, SHUTZENBERGER, GAUTHIER-VILLARS, par *M. Carnot*, 787 ; POLLOK, par *M. Appert*, 917. Raffard, par *M. Haton de la Goupillière*, 1384.

O

Oxyde de carbone et **grisoumètre** (GRÉANT), limite d'inflammabilité (H. LE CHATELIER et BOUDOUARD), 616.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

P

Paquebots (Les grands) (De Chasseloup, Laubat), 921; Lignes américaines, 926; anglaises, 942; allemandes, 980; françaises, 1001; Cargo-Boats, 1019; services de l'Orient, 1029; services américains, 1042.
Parfums (Progrès de l'industrie des), par M. Haller, 150, 293.
Pavés en brique aux États-Unis, 1247.
Perforatrice à air comprimé, Firth, 224; Hancock, 755.
— à bras Joncs, 1253.
Pétroles (Brûleurs de), 902.
Phares. Les feux-éclairs, par M. Jean Rey, 424.
Photographie. Épreuves stéréoscopiques en couleur Lumière, présentation par M. Davanne, 647.
Piézomètre, Palmer, 1659.
Piquage mécanique. Verdol, rapport de M. E. Simon, 12.
Poinçonnage des métaux. Travaux de M. Frémond, 789.
Pommes de terre. Teneur en fécule, par M. Aimé Girard, 588.
Pont roulant de fonderie, Morgan, 748.
Porcelaine allant au feu. Composition, 1244.
Porte-fleurs Paris, rapport de M. Appert, 919.
Postes. Transporteur à air comprimé Batcheller, 220, 628.
Presse Gledhill à forger les blindages, 92.
Prix d'Argenteuil, décerné à M. Moissan, 791; rapport de M. Trooot, 795.
— Fourcade, à MM. Fagan, rapport de Collignon, 806.
— (programme des) pour 1899, 467.
— (séance générale) 786.
Procès-verbaux des séances de la Société d'Encouragement. 24 décembre 1897, 101. — 14 janvier 1898, 102. — 28 janvier, 235. — 25 février, 363. — 11 mars, 364. — 25 mars, 530. — 22 avril, 644. — 27 mai, 756. — 8 juillet, 904 et 1568. — 28 octobre, 11 et 25 novembre, 1579, 1665. — 9 décembre, 1665.

R

Radeaux de bois aux Etats-Unis, 1358.
Rais de vélocipéde (Machine à faire les). Allen, 1249.
Raisin. Développement progressif de la grappe, par M. Aimé Girard, 610.
Régulateurs (Isochronisme des) (Le Cornu), 1663; de pression, Cash, 231.
Remontoir, Thim, 1658.
Résinates et oléates métalliques employés comme siccatifs, par M. Livache, 1597.
Résistance des matériaux. Déformation des métaux. (Messager), 355.
Roues à impulsion Pelton, théorie de M. Kingsford, 1105.
Roulements Hyatt (Machine à fabriquer les), 228.

S

Scie diamantée Fromholt, rapport de M. Barbet, 661.
Serrure Bergevin, rapport de M. Raffart, 388.
Sertisseuse Leavitt, 351, 891.

T

Télégraphie hertzienne sans fils, par M. Ducretet, 1627.
Tendeur dynamométrique pour courroies Simon. Rapport de M. Imbs, 1506.
Textiles (Absorption de l'eau par les) (Vigno), 881.
Tibre (Ronna), 1125. Hydrographie et hydrologie, 1125. Le Tibre dans l'antiquité, 1154; en 1870, 1215. Travaux du Tibre, 1401. Commission de 1871, 1426.
Transport électrique de la force motrice dans la région de Saint-Étienne, par M. E. Simon, 1617.
Transporteur postal à air comprimé. Batcheller, 220, 628; Kinfield, 1254.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Trieur MAROT, 326.
Tubes. Courbeuse CLARKE, 894.
Turbines. Régulateur WOODWARD, 1251.
— à vapeur réversible PARSONS, 224.
Tuyaux en cuivre des machines à vapeur (explosion des), 633.

V

Vapeurs combustibles, limite d'inflammabilité (H. LE CHATELIER et BOUDOUARD), 735.
Ventilateur brise-vent du commandant PERRINON. Rapport de M. ROUART, 1589.
Verres. *Fusibilité des* (GRENET), 1507;
— bleus à base de chrome (DUBOIN), 886.
— colorés, 1244; rouges, 1329.
Viscosimètre SIDERSKI, rapport de M. VIOLLE, 545.
Vulcanisation au soufre. procédé BAPST et HAMET. Rapport de M. LIVACHE, 1491.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TABLE DES PLANCHES ET DES DESSINS

PLANCHES

Microphotographie des alliages, pl. I et II. 690, 698

DESSINS

Peignage mécanique Verdol. — 20 figures. 17
Graisseur Millochau-Bernaud. — 6 figures. 29
Propriétés magnétiques des aciers trempés. — 8 figures. 37
Instruments vérificateurs des filetages système français. — 3 figures 79
Applications du système de filetage français. — 6 figures. 84
Magasins de chardon de la Tamarak Mining C° — 4 figures 90
Presse à blindage Gledhill. — 2 figures. 93
Assainissement de la Seine. — 38 figures. 121
La Gutta-percha. — 31 figures. 189
Transmetteur pneumatique Batcheller. — 2 figures 220, 628
Injecteur Pattinson. — 6 figures. 223
Perforatrice Firth. — 3 figures. 224
Turbines réversibles Parsons. — 7 figures. 225
Indicateur totaliseur Amsler. — 6 figures. 227
Machines à fabriquer les rouleaux Hyate. — 4 figures. 229
Régulateur de pression Cash. — 2 figures. 231
Presse à lingots Keiser. — 2 figures. 232
Laminoir Kennedy. — 3 figures. 233
Inventions de M. Bonjour. — 7 figures. 253
Recherches sur les aciers au nickel. — 12 figures. 264
Perfectionnements aux machines agricoles. — 11 figures. 319
Propriétés magnétiques des aciers au nickel. — 3 figures. 334

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Appareils fumivores américains. — 31 figures 337
Sertisseuse Levedahl. — 20 figures. 351
Lunette auto-collimatrice Devé. — 3 figures. 357
Liquéfaction de l'air par les machines Linde. — 5 figures. 361
Foyers fumivores Hinstin. — 2 figures. 383
Serrure de sûreté Bergevin. — 6 figures. 389
Balanciers galvanométriques Ducot. — 1 figure. 394
Grisou et grisoumètre Gréhant. — 11 figures. 409
Éclairage des côtes et feux-éclairs. — 27 figures. 427
Notes sur la sidérurgie en Amérique. — 16 figures. 497
Expériences de M. Murphy sur les moulins à vent. — 21 figures 509
Expériences sur les moteurs à gaz. — 29 figures. 522
Clapet d'arrêt Groignard. — 5 figures. 542
Viscosimètre Siderski. — 1 figure. 545
Avaries aux rivures de chaudières. — 9 figures. 624
Explosions des tuyaux en cuivre des machines à vapeur. — 8 figures. 634
Roulements sur billes et galets. — 12 figures. 638
Laminoir Norton pour feuillards. — 7 figures. 641
Scie diamantée Fromholt. — 6 figures. 664
Recherches expérimentales sur les alliages métalliques. — 29 figures. 680
Détermination de l'heure du passage du soleil dans un plan vertical. — 8 figures. 723
Halle de coulée Baker. — 4 figures. 747
Pont roulant Morgan.— 3 figures 749
Arrêt de machines à vapeur Wright. — 5 figures. 750
Injecteur Gamble. — 6 figures. 751
Régulateur Hershey et Allen. — 5 figures. 752
Stuffing boxes Longstrith. — 2 figures. 753
Perforatrice Hancock. — 10 figures. 754
Détermination des courbes des spiraux. — 1 figure. 756
Sertisseuse Leavitt. — 8 figures. 891
Courbeuse Clarke. — 7 figures. 894
Bocard Rynolds. — 4 figures. 895
Appareils de levage Brown. — 9 figures. 897
Brûleurs à pétrole. — 16 figures. 903
Porte-fleurs Paris. — 2 figures. 920
Les grands paquebots. — 60 figures. 926
Émaux à haute dilatation pour fonte de fer. — 3 figures 1064
Théorie des roues Pelton. — 4 figures. 1105
Machines à vapeur Brotherhood. — 8 figures 1110
Régulateur Lentz. — 3 figures. 1112
Table de laminoir Huber. — 3 figures. 1113
Le Tibre. — 84 figures 1126, 1411

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Revue de métallurgie. — 27 figures. 1220
Machine Allen pour la fabrication des rais de vélocipèdes. — 5 figures. . . . 1249
Régulateur Woodward. — 3 figures. 1251
Perforatrice Jones. — 4 figures. 1252
Transporteur Kenfield. — 3 figures. 1254
Rendement des bicyclettes. — 1 figure. 1256
Four à tremper les billes. — 1 figure. 1250
Dilatation des pâtes céramiques. — 14 figures. 1282
Retrait des pâtes céramiques. — 10 figures. 1322
Moufles céramiques. — 3 figures 1332
Anomalies des aciers et leurs matériaux. — 10 figures. 1341
Unification des essais de machines à vapeur. — 6 figures. 1350
Dynamomètres Dolby. — 10 figures. 1355
Injecteur Park et Williston. — 6 figures. 1356
Radeaux pour le transport du bois. — 5 figures. 1358
Métier brodeur Bastie. — 15 figures. 1393
Procédé à l'acide sulfurique d'Aimé Girard, application à l'équarrissage. — 2 figures. 1483
Portrait de M. Aimé Girard. 1488
Essai à chaud des produits hydrauliques. — 3 figures. 1528
Fabrication des carreaux mosaïques américains. — 11 figures. 1535
Évolution de la locomotive. — 121 figures. 1537
Caissier automatique Carney. — 10 figures. 1560
Tendeur dynamométrique Simon pour courroies. — 1 figure 1587
Ventilateur brise-vent Perrinon. 1589
Vulcanisation au soufre Bapst et Hamet. — 2 figures. 1595
Transport électrique de la force dans la région de Saint-Étienne. — 1 figure. . 1619
Télégraphie hertzienne. — 11 figures 1628
Machine à meuler Harper et Grohmann. — 18 figures 1651
Machine à mouler Doolittle. — 6 figures 1655
Remontoir Thim. — 8 figures, ... 1658
Piézomètre Palmer. — 2 figures 1660
Machine soufflante de Hernadthaler. — 9 figures 1661

Le Gérant : Gustave Richard.

Paris. — Typ. Chamerot et Renouard, 19, rue des Saints-Pères. — 37246.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires